

## Anzeichen schmelzflüssigen und hochtemperierten Wachstums an den großen Kalifeldspaten einiger Porphyrg Granite, Porphyrg Granite und Augengneise Österreichs.

Von Günther Frasl, Wien

(Aus dem Institut für Geologie und Bodenkunde der Hochschule für Bodenkultur, Wien)

(Mit 3 Textabbildungen und Tafel VIII—X)

Überblick: Gegenüber den heute im Vordergrund stehenden Beschreibungen jener mikroskopischen Merkmale von Kalifeldspaten, die auf die Bedeutung der hydrothermalen Phase für die Bildung der Granite und Granitgneise<sup>1)</sup>, oder auf die Entstehung dieser Gesteine durch „trockene“ oder „nasse“ Granitisation (Transformation) womöglich unter niedrig temperierten mineral-faziellen Bedingungen hinweisen, wird hier jener Eigenschaften der großen Kalifeldspate in diesen Gesteinen gedacht, die auf die Existenz einer mindestens teilweise schmelzflüssigen Bildungsphase schließen lassen. Diese Eigenschaften, die früher von den Magmatisten als Selbstverständlichkeiten meist gar nicht näher beachtet wurden, sind nun im Zeitalter der Transformisten sehr wichtig, denn sie können uns helfen, auch den hochtemperierten oder gar schmelzflüssigen Anteil an der Granit- oder Granitgneisentstehung neben dem sicherlich nicht zu unterschätzenden niedrig temperierten, kristalloblastischen Anteil richtig einzuschätzen. Schließlich zwingen uns heute die Ideen und Beweisführungen der Transformisten, die althergebrachten Auffassungen mit offenen, transformistisch geschulten Augen zu prüfen.

Das Wachstum der Kalifeldspate im Schmelzfluß ist am besten durch Beobachtungen über den Zonarbau derselben und über die Regelung der Einschlüsse zu rekonstruieren, wobei besonders auf die Zusammenfassungen zu Ende der betreffenden Kapitel verwiesen sei. Außerdem werden hier auch die Tracht, Verzwilligung, Füllungserscheinungen, Rotfärbung durch Hämatitflitter, optische Orientierung, perthitischer Aufbau und einige andere Eigenschaften bezüglich ihrer Verwendbarkeit zu derartigen minerogenetischen Deutungen diskutiert, wobei jene Eigenschaften jeweils bevorzugt wurden, die einfach zu beobachten sind — womöglich bereits vom aufnehmenden Geologen im Felde.

In Anwendung dieser Kriterien wurde auf Grund minerogenetischer Erwägungen die Notwendigkeit der Beteiligung eines Schmelzflusses für die Bildung des Weinsberger Granites, des Rastemberger, des Mauthausener und des Eisgarner Granites sowie des Bittescher Gneises aus dem österreichischen Anteil der Böhmisches Masse bestätigt. Desgleichen konnte auch für die porphyrg Granite und Augengneise verschiedener Granitgneis-Kerne der Hohen Tauern, für den Mürtzaler—Birkfelder—Aspanger Granitgneis und für den Granit der Hundsheimer Berge ein Wachstum der größeren Kalifeldspate aus einem zumindest teilweise schmelzflüssigen Medium belegt werden und bei diesen, wie bei einer Reihe von anderen Granitgneisvorkommen der Ostalpen Kalifeldspatrelikte mit Anzeichen einer hochtemperierten Vergangenheit gefunden werden, während dieselben Gesteine ansonsten ganz oder teilweise der Grünschiefer- bis Epidotamphibolitfazies angepaßt erscheinen. Hieher sind u. a. auch Gesteine der Schladminger und Seckauer Massen zu stellen. Auch stärkst deformierte und ebenso stärkst umkristallisierte Granitgneise und Augengneise sind diesen einfachen Beobachtungen noch zugänglich.

<sup>1)</sup> Als Granitgneise werden hier Gneise bezeichnet, welche — ohne Rücksicht auf ihre Entstehung — bezüglich der Mineralzusammensetzung und damit auch chemisch mit den Graniten übereinstimmen.

wenn auch mit der Stärke der Veränderung die Sicherheit der Diagnose eines schmelzflüssigen Ausgangszustandes begrifflicherweise abnimmt (z. B. Silvretta und Ötztaler Gneise).

Darauf aufbauend, läßt sich auch die Altersfrage einiger alpiner Granitgneise einer Lösung zuführen. — Z. B. für zumindest die Mehrzahl der Zentralgneismassive der Hohen Tauern, und für die Mürtaler—Aspanger Granitgneise ist außer einer niedrig temperierten Bildungsphase, die mit der Metamorphose des anschließenden Mesozoikums vollkommen übereinstimmt und demnach zwanglos in die alpidische Ära eingereiht werden kann, noch eine hochtemperierte, nur mehr an den Relikten erkennbare, mindestens der Amphibolitfazies angehörige und oft auch nachweislich schmelzflüssige Entstehungsphase anzunehmen, die demnach vormesozoisch sein muß.

Ganz abgesehen aber von einer zeitlichen Einstufung der Granit- und Granitgneisentstehung erscheint es mir nach meiner bisherigen Einsicht heute nicht mehr allzu gewagt, anzunehmen, daß überhaupt alle bekannteren Granitgneisvorkommen der österreichischen Alpen und der Moravischen Zone in Österreich — auch wenn sie nun im Gewande der Grünschiefer- oder der Epidotamphibolitfazies vorliegen — einmal einen hochtemperierten Zustand durchlaufen haben, der etwa jenem entspricht, welcher heute noch in den moldanubischen Graniten und Granitgneisen Österreichs vorliegt. Kurz gesagt — es gibt in Österreich meiner Ansicht nach keine wesentliche Masse von Granit oder Granitgneis, die nur unter Bedingungen der Grünschiefer- oder Epidotamphibolitfazies entstanden wäre.

## Inhaltsverzeichnis

|  | Seite |
|--|-------|
| Einleitung .....   | 72    |
| Kristalltracht .....   | 74    |
| Zonarbau .....   | 75    |
| Geregelt Einschlussplagioklase .....                                 | 85    |
| Verzwilligung .....  | 108   |
| Optische Orientierung, Perthitisierung .....                         | 110   |
| Achsenwinkel .....   | 114   |
| Auftreten von Füllungsmineralien in Kalifeldspaten .....             | 114   |
| Rotfärbung durch Hämatitflitter .....                                | 121   |
| Amöboides Wachstum, Anwachssäume .....                               | 123   |
| Albitsaumbildung .....   | 126   |
| Myrmekitbildung .....  | 126   |
| Regionale Übersicht über die wichtigeren untersuchten Gesteine ..... | 127   |
| Angeführte Literatur .....   | 128   |

## Einleitung

Die geologische Kartierung von Granitgneisgebieten der österreichischen Hohen Tauern gab den Anstoß zu dieser Feldspatstudie. Die Untersuchungen über die Petrogenese dieser Gneise und die Tendenz, dabei eine saubere Unterscheidungsmöglichkeit zwischen den niedrig metamorphen Produkten des alpidischen Lösungsumsatzes einerseits und den Relikten eines höherfaziellen metamorphen oder aber magmatischen Altbestandes andererseits herauszufinden, führten mich hier und dann auch an anderen Orten zur Beachtung der großen Kalifeldspate, die als feine Anzeiger von Entstehungs- und Umprägungsbedingungen bekannt sind (Köhler). Sind diese Feldspate nun in einem vorwiegend flüssigen oder in einem vorwiegend festen Medium gewachsen? — war die vordringlichste Frage. Es wurden deshalb vom Verfasser eine Reihe von möglichst einfach zu erfassenden, meist morphologischen Merkmalen an Kalifeldspaten daraufhin untersucht, ob sie Aussagen über deren Wachstums- oder Umbildungsbedingungen gestatten. Die Ergebnisse dieser Studien werden in den anschließenden Kapiteln vorgelegt. Sie beziehen sich auf folgende Merkmale: Tracht

(besonders Ausbildung der  $\Sigma$ 01-Fläche); Verzwillingung (besonders die Gestalt der Verwachsungsfläche und die gegenseitige Überwachung der beiden Zwillingshälften beim Karlsbader Gesetz); Zonarbau; Art, Beschaffenheit, Platzstellung und Orientierung von Einschlüssen, insbesondere von Einschlußplagioklasen; Optische Daten; Perthitentmischung; Anwesenheit von anderen Entmischungsprodukten (Epidot, Helleglimmer und Hämatit); Myrmekitbildung.

Das ist eine ganze Reihe von Eigenschaften, deren Beobachtung auch dem Aufnahmsgeologen selbst möglich ist — sei es mit freiem Auge, im Splitterpräparat oder im Schliff — und wir kommen damit wieder dem hohen Ziele einen Schritt näher, daß nämlich der Geologe schon im Felde imstande sein wird, petroblastische Granite und Gneise von solchen zu unterscheiden, die aus einem Schmelzfluß entstanden sind. Für den Begriff „Schmelzfluß“ erscheint mir dabei jene Definition am geeignetsten, die F. F. Grout 1948 für das Magma gegeben hat: „Magma is defined as a natural fluid in or on the earth, generally very hot, made up largely of mutual solutions of silicates, with some oxydes, sulfides, and water, held in solution by pressure.“ Nun unterscheiden aber viele Autoren Magma und Magma i. e. S., die in obiger Definition vereinigt sind, so daß der Sammelbegriff „Schmelzfluß“ wohl günstiger ist, solange wir nur den Zustand, nicht aber die Herkunft kennen. Im übrigen wird hier nicht gefordert, daß ein Schmelzflußgestein unbedingt einmal zu 100% flüssig gewesen sein muß.

Viele der beschrittenen Wege waren gebnet oder zumindest vorgezeichnet, besonders durch die leider nur sehr kurzen Publikationen von A. Köhler, oder in einem sehr wesentlichem Maß durch die vorbildlichen Detailbeschreibungen von O. H. Erdmannsdörffer und auch F. K. Drescher-Kaden. A. Köhler hat außerdem an der Universität Wien in speziellen Übungen und Vorlesungen weit über das Maß seiner Publikationen hinausgehend über die Feldspate vorgetragen. Richtungsweisend waren für mich außerdem die besonders für den Bereich der Hohen Tauern bedeutungsvollen Arbeiten und Vorlesungen von Ch. Exner. Herrn Doz. Dr. Christof Exner danke ich besonders für viele angeregte Aussprachen, Unterweisungen während der Studienzeit, sowie für gemeinsame Exkursionen an kritische Punkte. Herrn Dr. Max Sedlacek sei für seine bewährten fachlichen Ratschläge herzlichst gedankt. Meine verehrten Vorgesetzten an der Hochschule für Bodenkultur, Wien, zuerst Herr Dozent Dr. J. Fink und dann Herr Prof. Dr.-Ing. H. Franz, haben meine Untersuchungen in der verständnisvollsten Weise gefördert, wofür ich beiden Herrn dankbarst verbunden bin, ebenso wie allen jenen im Text genannten Herrn, die durch Beistellung von Untersuchungsmaterial zur Ausweitung des Beobachtungsraumes beigetragen haben.

Der größte Teil der untersuchten Gesteinsschliffe stammt aus der eigenen Sammlung, ein geringerer Teil aus der Sammlung des Instituts für Geologie und Bodenkunde an der Hochschule für Bodenkultur, Wien.

Im folgenden werden in den einzelnen, der Betrachtung der verschiedenen Eigenschaften gewidmeten Kapiteln immer gleich auch die Kalifeldspate verschiedener österreichischer und auch einiger außerösterreichischer Gesteinsvorkommen näher betrachtet. Daraus wird soviel bezüglich der Petrogenese des einzelnen Gesteins abgeleitet, als im wesentlichen aus der Untersuchung der Kalifeldspate herauszulesen war. Dies kann und soll

selbstverständlich keine allgemeine Untersuchung des Gesteins ersetzen. Diese ist außerdem in vielen Fällen schon von anderen Autoren durchgeführt worden, worauf hier jeweils nur kurz verwiesen werden kann. Es ist nur erfreulich, wenn durch die genauere Betrachtung der Kalifeldspate in vielen Fällen die durch Untersuchungen anderer Autoren gewonnenen petrogenetischen Vorstellungen bestätigt werden, denn auf diese Weise ist zugleich eine Kontrolle unserer Betrachtungsweise gegeben. In diesen Fällen war keinesfalls bezweckt, den Anschein völlig neuer Ergebnisse zu erregen, so z. B. bei den moldanubischen Graniten oder den außerösterreichischen Syeniten. Es war vielmehr beabsichtigt, von diesen einfachen, geklärten und bestätigten Ausgangspositionen ausgehend die anderen, zweifelhaften Fälle aufzurollen.

### Kristalltracht

A. Köhler gab 1948 eine kurz gehaltene Übersicht über die Tracht der Wesentlich-Kalifeldspate und ihre Abhängigkeit von der während des Kornwachstums herrschenden Temperatur. So schreibt er u. a.: „Bei der Erstarrung aus hochtemperierten Schmelzen ist die Form der Einzelkristalle nach alter Erfahrung wohl meist nach der x-Achse gestreckt,

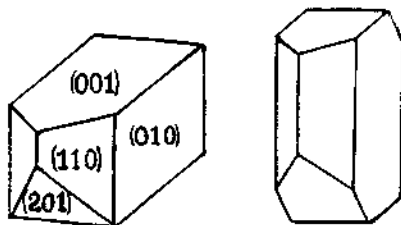


Fig. 1. Zur Tracht der Kalifeldspate. Erklärung im Text.

P und M<sup>1)</sup> sind groß entwickelt, als Querprisma tritt y auf (nicht die x) und die Prismen der aufrechten Zone sind kurz, o und n können auftreten (Fig. 1). Bei Ergußgesteinen ist nicht allzuseiten das Trachtbild etwas anders, die Kristalle sind aus uns unbekanntem Gründen tafelig nach M, was wieder auf die Zwillingbildung von Einfluß ist.“ Im allgemeinen sei die Tracht entsprechend Fig. 1 für alle Temperaturen um 1000° charakteristisch.

„In Pegmatiten ist die Gestalt „nußförmig“, dementsprechend sind die Flächen M und P relativ kleiner, die y wird sehr klein und verschwindet zugunsten der x-Fläche.“ (Alex. Köhler, 1948/a; S. 53.) Die Formen der Adulare können bei der vorliegenden Fragestellung wohl vernachlässigt werden.

Bei meinen daraufhin angestellten Beobachtungen an sehr zahlreichen idiomorphen Kalifeldspaten aus den verschiedensten Grobgraniten und Gneisen der Ostalpen und des österreichischen Anteiles der Böhmisches Masse konnten immer nur die beiden in Fig. 1 gezeigten Typen wieder-

<sup>1)</sup> In der vorliegenden Arbeit wurden folgende Flächenbezeichnungen verwendet: P (001); M (010); T (110); l (110); x (101); y (201) und z (130).

erkannt werden. Besondere Aufmerksamkeit wurde dabei der  $y$ -Fläche geschenkt, die in keinem einzigen Fall auch nur zum Teil durch  $x$  vertreten war. Das erscheint deshalb bemerkenswert, weil manche von den im folgenden angeführten Gesteinen nach neueren Auffassungen durch Granitisation entstanden sein sollen, u. zw. in der Hauptsache durch Metasomatose.

Als Beispiele sei dafür erwähnt: die porphyrischen „Knappenwandgneise“ am N-Rand der südlichen Sulzbachzunge (Untersulzbachtal, Hohe Tauern; vgl. S. 94) und die beinahe gleich aussehenden Gneise vom O-Ende des Ahorn Kernes (S. 95), Porphyroidgneise vom O-Ende der nördlichen Sulzbachzunge (S. 83); weiter Porphygranitgneise des Sonnblick Kernes (Krumlkees, Zirmseegebiet und Schloß Groppenstein bei Obervellach), der Porphygranitgneis vom Groß-Elendkees (Hochalm Kern, vgl. S. 92) und der Augengneis der Mureckdecke (S. 88); alle bisher genannten Vorkommen gehören zu den Hohen Tauern. Weitere Beispiele sind das Hasentalporphyroid (Cornelius, 1938, S. 107), der Mürtaler—Aspanger Granitgneis (S. 105), beide vom O-Sporn der Zentralalpen. — Besonders leicht erfaßbar ist die Tracht der Kalifeldspate auch beim Weinsberger und beim Rastenberger Granit (S. 80) des Moldanubikums, wo ausgewitterte, beinahe ideal geformte Stücke, ähnlich wie im Karlsbader Gebiet öfters im Walde frei herumliegen.

Nach den oben nach Köhler zitierten Zusammenhängen zwischen Tracht und Bildungstemperatur spräche also die Gestalt der Kalifeldspate in jedem dieser Fälle für die Entstehung aus einem heißen Schmelzfluß. Nun hat schon Köhler sehr richtig erkannt, daß es noch „an der nötigen Zahl der bestätigenden Beobachtungen“ für seine Ansichten über die Feldspatentstehung fehlt und auch, daß die Schlüsse nicht allein auf einer Eigenschaft aufbauen sollen, sondern nur das Zusammenspiel mehrerer Erscheinungen für die Gültigkeit der Erklärung spricht. In diesem Sinne wurden die Kalifeldspate der genannten Gesteine auch auf andere Kriterien hin untersucht und — wie im Laufe der Erörterung gezeigt werden soll — deuten auch diese Eigenschaften auf die Entstehung aus einem Schmelzfluß hin, wobei ich der Beachtung des Zonarbaues, der Regelung der eingewachsenen Plagioklase und bezüglich der hohen Entstehungstemperatur dem Anorthitgehalt oder den Füllungserscheinungen den größten Erkenntniswert beimesse.

### Zonarbau

Hier sei nicht jene auffallende Erscheinung besprochen, welche sich durch die zonare Anreicherung von andersfarbigen Fremdeinschlüssen auszeichnet, sondern jener Zonarbau, der sich in mehreren oder vielen Schalen von wechselnder Auslöschungsschiefe (Abb. 7, Tafel IX), wechselnder Trübung (vgl. H. Rosenbusch: Mikroskopische Physiographie der gesteinsbildenden Mineralien, 5. Auflage II/1, Tafel XXI, Abb. 6) oder auch wechselnder Dichte der Perthitausscheidungen (Abb. 10, Tafel IX) kundtut. Bei wechselnder Auslöschungsschiefe gemahnt der erste Eindruck in den besten Fällen an die oszillatorisch zonar gebauten Plagioklase besonders der intermediären Magmgesteine. — Nicht besprochen werden hier jene großen Kalifeldspatkörner, die eine verschiedene Stärke der Mikroklinisierung am Rand gegenüber der dann meist weniger angegriffenen Mitte

zeigen, denn dies ist eine sekundäre Eigenschaft, die über das Wachstum der Kalifeldspate selbst kaum eine Aussage zuläßt.

Der oszillatorische Schalenbau der Kalifeldspate erlaubt es uns nun sehr gut, Schlüsse bezüglich des Wachstums der großen Kalifeldspate zu ziehen, wobei im wesentlichen drei Deutungsmöglichkeiten unsere Aufmerksamkeit verdienen:

1. schaliges Wachstum in einer Schmelze,
2. schaliges Wachstum bei Verdrängung des umgebenden Starrgefüges,
3. Zerfall (Rhythmische Entmischung) aus einem vorher einheitlichen Wesentlich-Kalifeldspat.

Zur Klärung dieser Frage wenden wir uns zuerst einigen Fällen zu, die durch zonar wechselnde Auslöschungsschiefe gekennzeichnet sind, während die anderen, die nur mehr eine zonar wechselnde Dichte der perthitischen Ausscheidungen zeigen (Zonarperthite), erst im Anschluß daran berücksichtigt werden.

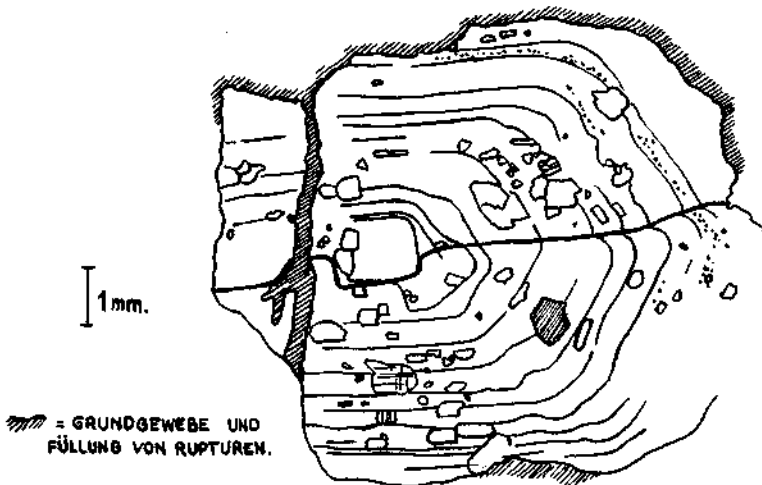


Fig. 2. Kalifeldspat mit oszillatorischem Zonarbau und vielen Fremdeinschlüssen. Erklärung im Text. — Feldspatauge aus Bittescher Gneis. Rodingersdorf bei Horn (Niederösterreich).

Ein Musterbeispiel, das eine Vielzahl der für die Klärung der Petrogenese wichtigen Beobachtungen zuläßt, ist jenes Kalifeldspatkorn aus dem Bittescher Gneis (s. u.), welches auf Fig. 2 und zum Teil auf Abb. 7, Tafel IX dargestellt ist. Der Karlsbader Zwilling ist zu mehr als der Hälfte erhalten ( $9 \times 11$  mm), wobei der Schnitt nicht stark von der Senkrechten auf die c-Achse abweicht. Der Schnitt geht nahe der Kernregion durch das Korn und man sieht einen von diesem Kern ausgehenden schaligen Aufbau, bei dem die Zonen in beiden Zwillingseindividen eine gemeinsame idiomorphe Gestalt abbilden, und somit auch den einspringenden Winkel beim Zusammenstoß der einander entsprechenden Zonen an der Zwillingsgrenze. Diese ist selbst gewinkelt durch ein Übergreifen des Kernes im vorliegenden Querschnitt (vgl. die Deutung dieser abgewinkelten Zwillingsgrenzen auf S. 109). Die Einschlußplagioklase sind zum Teil nach ihrer

Korngestalt geregelt (vgl. S. 104) und nach dem Albit- und Periklin-gesetz verzwillingt, gleichmäßig sauer, aber mit Muskowit und Klinozoisit gefüllt, wenn man von einem schmalen, füllungsfreien Randsaum absieht. Daneben ist nur ein Biotit eingeschlossen, sowie eine größere Anzahl kleinster Quarzkörnchen von etwa rundlichem Querschnitt. Diese sind besonders in jenem, dem Kern zugewandten Teil der einzelnen Zonen angereichert. Das ganze Korn ist ein Mikroperthit (Aderperthit bis Faserperthit). Die Perthitausscheidung macht sich in den äußeren, auf Abb. 7, Tafel IX, dunkleren Teilen der einzelnen Zonen stärker bemerkbar. — Die Rupturen des Kornes sind durch ein Quarz-Albitpflaster oder durch Muskowit verheilt.

Die Zonen selbst sind in erster Linie durch ihre innen und außen bis neun Grad unterschiedliche Auslöschungsschiefe gekennzeichnet, wobei nur auf Grund gewisser Überlegungen angenommen werden kann, daß die Ursache dieser Erscheinung mit Unterschieden im Chemismus, und darauf fußend mit der kryptoperthitischen Entmischung zusammenhängt. Eine nähere Untersuchung und Begründung dieser Auslöschungsunterschiede in Schnitten nahe (001), die auch an einer Reihe anderer Gesteine beobachtet wurden, wäre gewiß wertvoll, doch steht mir keine Röntgenanlage zur Verfügung, welche die hier für die Beweisführung nötigen Grundlagen schaffen könnte. — Die einzelnen Zonen oder Schalen haben etwa 0.4 mm Dicke, während die Einschlußplagioklase bis 0.8 mm lang sind.

Was kann man nun aus der Eigenart des Zonarbaues im vorliegenden Fall herauslesen? Was spricht z. B. für oder gegen die Deutung als rhythmische Entmischung aus einem einheitlichen Wesentlich-Kalifeldspat?

Bei Annahme eines zuerst einheitlichen Kornes kann ich nicht verstehen, wieso 1.) einmal eine Schale dick ist und die nächste dünn und die dritte wieder dicker, und wieso 2.) die ein und derselben Kristallkante entsprechenden Kantenrundungen bei jeder Schale etwas anders aussehen. Es ist mir z. B. nicht begreiflich, was bei dieser Annahme die markante Eindellung bei  $\uparrow$  verursacht haben soll und wieso sie nur in einer einzigen Zone auftritt. Außerdem wäre entsprechend dieser Annahme zu fordern, daß die Kantenrundungen jeweils in einer geraden oder zumindest nur sanft nach einer Seite durchgebogenen Linie liegen, die zum Zentrum des Kornes zieht.

Bei allen solchen Abweichungen von einer ideal gleichmäßigen Zonenfolge müssen aber bereits Inhomogenitäten im Ausgangsstadium vorgelegen haben; es ist also hier kein homogener Ausgangsfeldspat anzunehmen. Wenn wir nämlich irgendwelche Vorzeichnungen als Anlaß für die rhythmische Entmischung anzunehmen geneigt sind, dann müssen wir auch zugeben, daß solche Vorzeichnungen kaum durch etwas anderes zustandekommen können, als durch einen Aufbau nach Anwachsschalen! — Damit sind wir aber schon bei den beiden anderen Möglichkeiten angelangt.

Gegen ein Wachstum der einzelnen Schalen durch Verdrängung einer Vielzahl von angrenzenden, starr miteinander verbundenen Mineralkörnern spricht sehr deutlich die Geradlinigkeit der scharfen Grenzen der einzelnen Anwachsschalen. Es darf doch nicht angenommen werden, daß der Kalifeldspat mit gerader Front z. B. den Quarz aufgezehrt hätte; im Gegenteil, wäre der Kalifeldspat nach allgemeiner Erfahrung von den Korngrenzen aus zwischen die umliegenden Körner eingedrungen, er wäre also amöboid (Exner) gewachsen. Im vorliegenden Fall hält sich die Korngröße des

anschließenden Grundgewebes immerhin in der Größenordnung von  $\frac{1}{10}$  mm, die Schalen sind aber auch bei 300facher Vergrößerung praktisch glatt. Der eventuell zu erwartende Einwand, daß sich die Grenzen der Anwachssäume nachträglich geglättet hätten, ist deshalb kaum aufrechtzuerhalten, weil man damit auch annehmen müßte, die winzigen, in bestimmten Zonen aneinandergefädelt Quarzeinschlüsse wären erst dann in eine Linie gezogen worden und die geregelten Einschlußplagioklase wären ebenso erst bei der Egalisierung des Kalifeldspates in die richtige Lage gebracht worden.

So bleibt nur mehr als letzte Möglichkeit das Schalenwachstum in schwebendem Zustand in einer Schmelze. Dadurch läßt sich vieles erklären: von den ungleich dicken Zonen angefangen, über die in Form und Lage unregelmäßige Anlage der Kanten, über die Buchten, die bei der nächsten Schale wieder ausgeheilt erscheinen und die Glätte der Schalenoberfläche bis zur Eigenart der Einschlüsse. Die Einschlußplagioklase sind nämlich öfters idiomorph und geregelt (vgl. S. 104). Die Einschlußquarze sind entweder rund oder haben auch oft einen etwa sechseckigen Umriß. Sie sind miteinander und gegenüber dem Wirt augenscheinlich nicht geregelt — die Einmessung mit dem Universal-Drehtisch müßte dies erweisen und damit auch den Unterschied zur Quarzregelung in der äußerst stark geschieferten Umgebung — und dürften sogenannte Frühquarze sein. — Mit dieser Erkenntnis des Schalenwachstums aus einem zumindest teilweise in schmelzflüssigem Zustande befindlichen Medium stimmt auch die genetische Deutung der verwinkelten Zwillingsnaht nach H. Tertsch und A. Köhler überein (S. 109).

Der eben beschriebene zonare Kalifeldspat ist ein Auge des Bittescher Gneises, den der hervorragende Kenner der böhmischen Masse, L. Waldmann, einmal „das bezeichnendste Glied des moravischen Gebirges“ nannte. Das Korn stammt aus dem Bruch der Firma Hattai an der Straße zwischen Breiteneich und Rodingersdorf nahe Horn (Niederösterreich). Es muß aber gleich dazu bemerkt werden, daß der Zonarbau dieses Kornes auch gegenüber den übrigen Augen desselben Handstücks und weiterer Proben von vornherein durch eine besser idiomorphe Ausbildung abstach. In den anderen Augen wurden denn auch trotz annähernd gleicher Schnittlagen höchstens schwache Andeutungen von Zonarbau gefunden, sonst war derselbe durch eine starke Metamorphose ausgelöscht worden. Man sieht also gleich an diesem Beispiel, daß man sich bei der petrogenetischen Fragestellung in einem Gestein nicht mit der Untersuchung irgendeines beliebigen Feldspat Auges begnügen darf, sondern zielstrebig nach möglichst gut erhaltenen Relikten zu suchen hat. — Neben solchen Schmelzfußrelikten gibt es aber sicherlich auch augenförmige Pegmatitfeldspate in anderen Partien des heterogenen Bittescher Gneises.

Etwa denselben Typus des Zonarbaues mit kontinuierlich wechselnder Auslöschungsschiefe, findet man auch bei den idiomorphen, hell fleischroten Kalifeldspaten des porphyrischen Amphibolgranitits von Eisenkappel (Kärnten) sporadisch erhalten, bei denen die Dicke der Anwachsschalen 0.1—0.3 mm beträgt. Die Zonen sind entsprechend dem Lichtbrechungskoeffizienten an der kernnahen Grenze natronreich, an der kernfernen Grenze natronarm, und haben glatte Grenzflächen. Soweit man sich auf das mikroskopische Bild verlassen kann, dürfte hier ein Kryptoperthit vorliegen, der dem Mikroperthit schon nahe kommt und dessen Auslöschungsschiefe in Schnitten etwa senkrecht zur aufrechten Achse je nach dem Natronreichtum sich kontinuierlich ändert. Das An-



lagerungsgefüge der Einschlüßplagioklase mit der Regel nach der Korngestalt ist auch hier oft mit freiem Auge zu erkennen.

Außerdem entsprechen obiger Beschreibung auch die Augen des Augengneises mit amphibolgranitischer Zusammensetzung aus dem Buchwald südlich von Neukirchen am Großvenediger („Zentralgneis“ der Hohen Tauern, Frasl, 1953, S. 189). Der idiomorphe Rekurrenzenbau ist nur mehr ganz schwach erhalten, doch kann man hier bereits eine schwache Mikroklingitterung erkennen, die in den kernernen Zonenteilen stärker ist als in jenen, dem Kern zugewandten Teilen. Damit ist bereits eine neue Abart der Erhaltung des Zonarbaues angeführt, welche dieses Gestein mit dem folgenden, genetisch sehr durchsichtigen Fall gemeinsam hat.

Auch im Syenitporphyr von Persenbeug (siehe unten), der in dieser Zusammenstellung schon deshalb wichtig erscheint, weil an dessen magmatischer Entstehung meines Wissens noch niemand gezweifelt hat, weisen die etwa 1 cm großen Kalifeldspate öfters einen deutlichen Schalenbau mit idiomorphen Begrenzungsflächen auf. Der oszillierende Zonarbau ist auch hier nur mehr an manchen Stellen reliktsch erhalten und zeigt sich in etwa parallel (001) durchgelegten Schnitten dadurch, daß scharf gegitterte und zugleich perthitisch entmischte Partien mit scharfer, völlig glatter Grenzfläche in zentrifugaler Richtung an homogene, ungegitterte und höher lichtbrechende (natronreichere) Zonenteile stoßen, die ihrerseits wieder in zentrifugaler Richtung in gegitterte Zonenteile übergehen, worauf die nächste Grenzfläche folgt. Die Dicke der ganzen Zone zwischen zwei Grenzflächen bewegt sich in vorliegendem Beispiel in der Größenordnung von 0.3 mm.

Nach Angaben von H. Limbrock, 1925, findet sich dieses Gestein vielfach um Persenbeug.<sup>1)</sup> Er stellt es zu den „eigentlich gangförmig aufdringenden granitischen Spaltungsgesteinen“. Makroskopisch treten dabei aus einer grauen bis bläulich schwarzen, dichten Grundmasse scharf begrenzte schmale Feldspatleisten hervor: idiomorphe Wesentlich-Kalifeldspate mit vorwiegend deutlicher Verzwilligung, wobei schon Limbrock beobachtete, daß die Zwillingsnaht der Karlsbader Zwillinge nicht immer geradlinig verläuft, sondern oft Treppen- und Zick-Zack-Form zeigt (vgl. S. 109). Die Einschlüßregelung wird auf S. 104 beschrieben. — Die hier erwähnten mikroskopischen Beobachtungen stimmen also aufs beste mit dem feldgeologischen Befund bezüglich der schmelzförmigen Entstehung des Gesteins überein, nur die Mikroklingitterung und Perthitentmischung ist nachträglich erfolgt.

Zum Vergleich mit dem Bittescher Gneis wird auf Abb. 9, Tafel IX, ein Ausschnitt aus einem Wesentlich-Kalifeldspat (Orthoklas) mit oszillatorischem Zonarbau aus einem Amphibolgranitit der St. Diedeler Höhe, Vogesen (Schliff der Fa. F. Kranz in Bonn) gezeigt. Auch hier schwankt die Dicke der einzelnen einander umschließenden, und idiomorphe Formen nachzeichnenden Schalen; auch hier sind deren Außenflächen völlig glatt, obwohl die Größenordnung der umgebenden Körner bei 1 mm (!) liegt. Hier ist der Zonarbau nur bei der einen auffallenden Zonengrenze durch Albitausscheidung hervorgehoben, ansonsten ist keine perthitische Entmischung eingetreten und der Zonarbau wird einerseits durch wechselnde Auslöschungsschiefe des klaren Feldspates angedeutet, andererseits durch verschiedene Lichtbrechung. Gegen den Kern zu ist jede Zone natronreich (mit hohem Brechungskoeffizient) — wahrscheinlich eine neue Hitzewelle bezeichnend, in der solche natronreiche Kalifeldspate eher stabil waren —, während nach außen zu der Brechungskoeffizient kontinuierlich abnimmt und die Auslöschungsschiefe sich ebenso ändert, bis diese Zone nach außen hin mit scharfer, glatter Grenze an die nächste Schale anschließt. Die

<sup>1)</sup> Vgl. auch die neueren Ganggesteinsstudien von A. Köhler (1928).

Dicke einer solchen Zone ist um 0.1 mm, beträgt also ein Viertel der Schalendicke im Bittescher Gneis. Wieder ist für die Abbildung eine Stelle mit besonders deutlichem Zonarbau ausgesucht worden; in anderen Körnern hat eine sekundäre Trübung den Zonarbau recht verunstaltet.

Auch in diesem Beispiel kann zumindest für die zonar gebauten Teile der Kalifeldspate eine Entstehung durch Ausscheidung aus dem Schmelzfluß gefordert werden: die glatte Oberfläche der Zonen spricht gegen ein metasomatisches Wachstum mit Zonarbau, und die ungleiche Breite der Schalen legt Zeugnis ab gegen die Deutung der Genese als eine rhythmische, schalige Entmischung eines einst homogenen, aber doch metasomatisch gesproßten Wesentlich-Kalifeldspats. Und wenn man auch bei der Erklärung der Petrogenese dieses Granits nicht ganz ohne die Annahme endometasomatischer Vorgänge (Erdmannsdörffer) auskommt — die mikroskopischen Zeugen schmelzflüssiger Herkunft sollte man nicht vergessen! — Dies soll jedoch nur als allgemeine Anregung gewertet werden, während mir die genetische Deutung dieses Granits in der neueren Spezialliteratur nicht bekannt ist.

An dieser Stelle sei nur kurz erwähnt, daß ein dünner schaliger, reliktscher Zonarbau — welcher ansonsten durch die in besser erhaltenen Teilen vorhandene Klarheit des Orthoklasses dem Granit der St. Diederer Höhe (Abb. 9) entspricht — in den bis 1 dm groß werdenden, idiomorphen Kalifeldspaten des Rastemberger Granits von Ottenstein am Kamp (niederösterreichisches Waldviertel; Ch. Exner, 1953/a) beobachtet wurde. Die Dicke der vielen Anwachsschalen beträgt dort durchschnittlich 0.2 mm.

Der auf Abb. 8, Tafel IX, gezeigte Zonarbau eines 5 mm langen Kalifeldspats aus dem Syenit von Biella (Piemont) ist ein leuchtendes Beispiel für das Wachstum zumindest wesentlicher Teile des Kornes im Schmelzfluß. Auch hier ist das Korn senkrecht auf die Zwillingsenebene (010) geschnitten und trotzdem macht sich eine zonar wechselnde Auslöschungsschiefe bemerkbar. Der Zonarbau ist im Kern noch ursprünglicher erhalten — diese Partie dürfte nur kryptoperthitisch entmischt sein —, außen hat bereits eine Umwandlung in einen Zonarperthit begonnen. Auf Grund der Lichtlinie ist in den inneren Zonen der kernnahe Bereich natronreicher. Wieder sieht man einen deutlichen Anwachsschalenbau, welcher Stadien idiomorphen Wachstums abbildet, mit einer Dicke der einzelnen parallel (010) liegenden Zonen im Schnitt senkrecht (010) von etwa 0.05 mm. Die ungleich dicken Schalen, versetzten Kanten und glatten Oberflächen (bei durchschnittlich 1—3 mm Korngröße in den umgebenden Körnern) zusammen vertragen sich auf keinen Fall mit einem metasomatischen amöboiden Anwachsschalenbau, aber auch nicht mit einer rhythmischen Entmischung. Vielmehr sind auch die wenigen, bis 0.85 mm langen Einschlußplagioklase mit ihrer größten Fläche sichtlich genau an die vom Zonarbau angedeutete idiomorphe Form während der betreffenden Wachstumsstadien angelagert worden (Regel nach der Korngestalt, Sander) und auch die winkelige Zwillingsnaht ist nach Tertsch-Köhler typisch für Kalifeldspate aus heißen Schmelzen (S. 109). — Ein nach dem Muster der Abb. 8, Tafel IX, aufgebautes Feldspatkorn kann also nicht als Spätling, als Kristalloblast in einer bereits starren Umgebung durch Verdrängung derselben gesproßt sein. Gegen die Entstehung aus dem Schmelzfluß spricht auch nicht die meist xenomorphe Gestalt, denn irgendwo muß das Feldspatkorn auch in einem erkaltenden Schmelzfluß einmal anstoßen.

Der Syenit von Biella (Piemont), den H. Huttenlocher erst kürzlich wieder zu den tertiären Durchbrüchen gestellt hat (Geologische Rundschau, 1953), gehört schon nach H. Rosenbusch (Physiographie der Massigen Gesteine II, 13. Auflage, 1896) zum Typus von Plauenschen Grund, und so stellten sich auch bei einer Untersuchung eines Schliffes vom Syenit vom Plauenschen Grund, Sachsen (Fa. Kranz in Bonn) erwartungsgemäß die gleichen Merkmale bezüglich der Genese der Kalifeldspate ein.

In den etwa 5 mm großen Wesentlich-Kalifeldspaten dieses Schliffes sind nämlich deutlich die Anzeichen eines oszillierenden Zonarbaues zu erkennen. Die einander umschließenden und eine idiomorphe Gestalt abzeichnenden Zonen haben oft einspringende Winkel an den Zwillingsgrenzen. Manche Zonen sind an der Grenze sehr reich an Perthit („Zonarperthit“). Von einer bis zur nächsten Perthitzzone sind etwa 0.03–0.25 mm Abstand, es bestehen also ziemlich große Unterschiede in der Zonendicke. Außerdem ist hier die Verwachsungsfläche der Karlsbader Zwillinge zum Teil auffallend winkelig. Eine Regelung (s. u.) der im Kalifeldspat eingeschlossenen flachtafeligen Plagioklasse nach der Korngestalt ist deutlich erkennbar, wobei diese etwa bis 1 mm groß werden. Die Rotfärbung der Kalifeldspate wird durch relativ zahlreiche, bis 0.05 mm große Hämatitfitter erzeugt (vgl. S. 121 f.).

Diese beiden außerösterreichischen Vorkommen von zonaren Kalifeldspaten wurden deshalb zum Vergleich herangezogen, weil sie einem größeren Kreis von Fachleuten schon durch die Schliffsammlungen der Fa. Kranz in Bonn eher zugänglich sind, und weil wir bei ihnen die Zusammenhänge zwischen Zonarbau mit wandernder Auslöschungsschiefe einerseits und zonarperthitischer Ausbildung — bei der die Zonen nur mehr durch regelmäßig wechselnde Dichte der perthitischen Ausscheidungen markiert sind — andererseits oft in ein und demselben Korn studieren können. Meist sind dann die inneren Teile des Kornes noch homogen oder bloß kryptoperthitisch entmischt, während die Außenteile schon stärker umgewandelt sind. Übergänge vermitteln zwischen beiden Stadien. Diese Beobachtung führt zu der Vorstellung, daß auch die in der Folge zu besprechenden Zonarperthite grundsätzlich dieselbe Entstehung haben, wie die oben beschriebenen Kalifeldspate, bei denen die Auslöschungsschiefe zonar wechselte, nur, daß sie eine nachträgliche Umwandlung über sich ergehen lassen mußten — eben die Perthitentmischung (siehe auch S. 112 f.).

Eine gute Abbildung und eine ebenso eindeutige Beschreibung des Zonarperthits findet man schon im Jahre 1904 in einer Studie von F. Weber über die Syenite vom Piz Giuf, Schweiz (Weber, 1904; Tafel V, Abb. 1). Weber erkennt jedoch die zonar angereicherten perthitischen Entmischungsprodukte nicht als solche, sondern spricht immer nur von „orientierten albitischen Einlagerungen“, welche achsenparallel liegen. Bei dem durch solche albitische Einlagerungen markierten schaligen Bau dominiert (010), während (130) und (110) die Vertikalzone schließen. Zu (001) und (210) (!) treten bisweilen noch (021) und (111). In anderem Zusammenhang wird es interessant (vgl. S. 114 ff.), daß schon Weber in den perthitischen Zonen winzige Epidotkörner und Zoisitstengel fand, wonach er annimmt, daß vorher wohl eine basischere Plagioklasmischung (Oligoklas) vorgelegen hat. Damit bekennt er sich bezüglich der Petrogenese des Gesteins zum Becke'schen Gedankenschatz, der einen nachträglichen Zerfall des Plagioklases mit Ausscheidung von Epidotmineralien beinhaltet. Dagegen kann schon er der Annahme eines Plagioklaszerfalles in statu nascendi nach Weinschenk nicht folgen. Das Gestein wird also von Weber als ein etwas umgewandelter, aber einst normaler, schmelzflüssiger Syenit vom Typus Plauenscher Grund—Biella angesehen.

Diesem Zonarperthit von Piz Giuf entsprechen nach Ansicht Ch. Exners die Zonarperthite des Granosyenitgneises und Gneisgranosyenites der Romatedecke (Mallnitz—Bad Gastein, östliche Hohe Tauern) in höchstem Maße. Von letzterem Gestein und dessen Zonarperthiten liegt eine ausführliche und tiefschürfende Beschreibung mit vielen Abbildungen von Ch. Exner vor (Exner & Pohl, 1951; sowie Exner, 1949/a, besondere Abb. 7, 8, 9, 10). Folgen wir Exners Darstellung:

Der 18 mm groß werdende Zonarperthit, bei dem in der Mehrzahl der Schnitte eine Mikroklingitterung kaum kenntlich ist („flauer Mikroclin“) wird als „zweifelsfrei durch Entmischung aus fester isomorpher Kalinatronfeldspat-Mischung entstandener Perthit“ gedeutet, doch wird zusätzlich auch Einwanderung von Natronsubstanz von außen her für möglich gehalten. Exner spricht in diesem Zusammenhang von „Primärperthiten“, die noch keine nennenswerte Umlagerung der Albitkomponente erwarten lassen. „Die Natronfeldspat-Adern sind als regelmäßige zonare Schalen konzentrisch um den Kern des Kalinatronfeldspats angeordnet.“ ... „Die kernnahen Perthitschalen haben meist eine rundliche, ballonförmige Gestalt.“ ... „In zentrifugaler Richtung jedoch nehmen die zuerst rundlichen Schalen immer mehr die Formen regelmäßiger kantiger Kristalle an. Es kommt so in den äußeren Teilen der Zonarperthite zur Ausbildung konzentrisch gelagerter Miniaturkristallschalen, die getreulich die kristallographisch möglichen Flächen, die scharfen geradlinigen Kanten und Winkel, welche am tatsächlich meist xenomorph umgrenzten Grobkorn möglich wären, aufzeigen.“ Außerdem weist Exner noch besonders auf seine Abb. 10 hin, auf welcher die Perthitzonen an einer Zwillingsnaht meist kontinuierlich von einem Zwillingshälfter in den anderen übersetzen, u. zw. mit einspringenden Winkeln.

Dazu können wir auf Grund der Abbildungen Exners einige ergänzende Beobachtungen anstellen, die den Anschluß an die im vorhergehenden beschriebenen Kalifeldspate mit Zonarbau herstellen sollen. Da ist einmal die glatte Grenzfläche der einzelnen Zonen, die aus seiner Abb. 7 am besten zu ersehen ist, nach der eventuell anzunehmende Störungen der Grenzfläche nur Bruchteile eines Millimeters betragen könnten. Weiters sitzen auf Abb. 10 die ein und derselben Kristallkante entsprechenden Umbiegungen der verschiedenen Zonen durchaus nicht auf einer geraden Linie, was besonders im linken Individuum an der Kante zwischen den aufrechten Prismenflächen von außen bis zum Kern zu verfolgen ist. Hier sei außerdem besonders auf die Unregelmäßigkeit in der Dicke (vgl. S. 77), sowie der Stärke der jeweiligen Perthitausscheidungen jeder Zone hingewiesen.

Exner gibt nun folgende genetische Deutung der Zonarperthite der Granosyenitgneise der Romatedecke (1949/a, S. 238): „Auf den ersten Blick sehen diese Zonarperthite wie Wachstumsringe aus. Offenbar handelt es sich aber um Entmischungerscheinungen. Vielleicht führte aber die Entmischung auf Grund gewisser durch rhythmische Wachstumserscheinungen verursachter, zonarer Inhomogenitäten in der primären, isomorphen, festen Kali-Natron-Feldspat-Lösung zu diesem eigenartigen zonaren Perthitaufbau.“ — Ich sehe nun in diesen Zonarperthiten auf Grund der angeführten Beobachtungen ebenso eine Entmischungerscheinung eines Wesentlich-Kalifeldspates, mit von Anfang an schalig wechselndem (wenn auch isomorph eingebautem) Natrongehalt, wie in den oben beschriebenen

Syeniten vom Typus Plauenscher Grund, und würde sie daher auch ohne Zögern als perthitisch entmischte Schmelzflußfeldspate ansprechen. Doch Ch. Exner schreibt ausdrücklich: „Die Zonarperthite sind keineswegs durch liquidmagmatische Kristallisation zu erklären, da helizitische Einschlußzüge des Grundgewebes gefunden wurden, die durch Zonarperthit durchziehen.“ (Exner & Pohl, 1951, S. 36.) — Sind die betreffenden Körner nicht vielleicht sehr oberflächennah geschnitten, wo nämlich eine Verwachsung mit dem umgebenden Material auch bei schmelzfüssiger Herkunft des Kernes möglich ist? Exner nimmt an, daß hier der Kalifeldspat durch Kalimetasomatose in einem älteren, der Albitepidotamphibolitfazies angepaßten Starrgefüge gewachsen sei (Exner & Pohl, 1951, S. 36 und 39). — Vielleicht könnte man zur Klärung der Lage — wenn wir zunächst von der Beweiskraft aller anderen Eigenschaften absehen — hier wie in zukünftigen Zweifelsfällen eine Untersuchung entsprechend folgender Überlegung ansetzen: In einem Starrgefüge der vorliegenden, sehr schwach schiefrigen Art wird man erwarten können, daß die Stoffzufuhr zumindest für den Handstückbereich in gleichem Rhythmus vor sich geht, da auch jedes *cm*-große Einzelkorn auf allen Seiten denselben Zonarrhythmus zeigt. Man wird also erwarten können, daß die Kalifeldspate innerhalb eines Handstücks auch dieselbe Abfolge von dicken und dünnen, betonten und schwachen Zonen zeigen. Auch wenn man berücksichtigt, daß das Kristallwachstum daneben von der Größe und Lage des bereits vorhandenen Kristalls in gewissem Maße abhängig ist: der Rhythmus des Wachstums muß überall derselbe sein. — Nicht so im Schmelzfluß! Solange eine Schmelze noch nicht dermaßen versteift ist, daß eine größere Ortsänderung der schwebenden Kristalle unmöglich wird, solange können Feldspate mit den verschiedensten Anwachsrythmen — entsprechend den ungleichen Bildungsorten — zusammentreffen.

In vielen Schliften aus der nördlichen Sulzbachzunge (Untersulzbachtal, mittlere Hohe Tauern) fanden sich nun ebenfalls Zonarperthite, besonders in einer Gneisabart, die man am besten als Porphyroidgneis mit mehr oder minder gefaserner und beinahe dichter Grundmasse, sowie Kalifeldspat-, Plagioklas- und gelängten Quarzeinsprenglingen bezeichnet (Frasl, 1953/a). In den Felsen an der Kante des Untersulzbachtals gegen den Buchwald etwa in der Mitte zwischen P. 1334 und P. 1680 waren die bis 15 *mm* großen idiomorphen Kalifeldspate manchmal noch rosa gefärbt. Der Zonarbau ist in gewissen Fällen bereits mit freiem Auge wahrnehmbar, u. zw. heben sich einmal die an Albitspindeln reicheren Zonen durch größere Rauhgigkeit von den glatter einspiegelnden übrigen Zonen ab und dann sind die Zonen auch um so trüber (weißer), je mehr Albitspindeln eingelagert sind. Unter dem Mikroskop unterscheiden sich die Zonen aber nicht allein durch die Albitentmischung, sondern auch durch die Mikroklingitterung. Je weniger Albitspindeln in einer Zone vorhanden sind, desto feinere und schwächere Mikroklingitterung tritt auf. Perthitusbildung und Mikroklingitterung gehen also parallel, wie auch A. Köhler, 1948 (S. 57) beschrieb. Oft ist in einer sehr gut abgeschlossenen Zone ein albitarmer Teil mit einem albitreichen und gut gegitterten durch Übergang verbunden. Die Grenze gegen die nächste Zone, die in dem plötzlichen Abschneiden der Mikroklingitterung ihren besten Ausdruck findet, ist auch oft bei 300facher Vergrößerung noch eine haarscharfe Linie, die entweder

geradlinig oder nach außen gebogen verläuft, nie aber einzelne Lappen oder Pseudopodien vorschickt. Dieselbe Kante ist auf den verschiedenen Schalen manchmal versetzt; die Anwachsschalen — solche sind es nämlich auch hier — sind ungleich dick, meist um 0.05 mm. Auf den Abb. 10 und 11 (Tafel IX) sind Ausschnitte aus diesen zum Teil recht variablen Zonarperthiten zu sehen, wobei man gleich erkennen kann, daß hier die Metamorphose zum Teil stärker war, als bei dem vorhin besprochenen Beispiel, welches Exner abgebildet hat. So ist hier auch der Zonarbau oft nur mehr in gewissen Teilen des Kornes enthalten, und man braucht in so einem Fall ein geübtes Auge, um ihn überhaupt noch zu erkennen.

Es sei hier nur nebenbei erwähnt, daß der betreffende Porphyroidgneis, bei welchem die idiomorphen Kalifeldspate und klaren Quarze in einer elfenbeinfarbenen Grundmasse schwimmen, innerhalb einiger Meterzehner graduell in einen gleichkörnigen Granitgneis übergeht, den normalen Zentralgneis der nördlichen Sulzbachzunge (Frasl, 1953/a), der ebenso schwach zonare Perthite (Abb. 11, Tafel IX) führt. Hier bestand einmal derselbe Zusammenhang zwischen Tiefenfazies und Ergußfazies am Ausgehenden eines Granitkörpers, wie solche Zusammenhänge in unverschierterem Zustand aus dem Schwarzwald (S. Bubnoff, 1928, D. Hoenes, 1949) und aus dem Bober-Katzbachgebirge (Bederke, 1948) bereits bekannt sind.

Nur mehr bei größerer Erfahrung ist der rhythmische Zonarbau bei den mehrere Zentimeter großen, grob und scharf gegitterten Mikroklinperthiten des Weinsberger Granits aus dem Poschacher Bruch von Schwertberg zu erkennen. Schon mit freiem Auge sieht man manchmal eine feine, über mehrere Zentimeter gerade und parallele Linienzeichnung, die durch stärkere Trübung hervorgerufen ist und parallel zu den idealen Außenflächen eines idiomorph gedachten Kalifeldspatkristalles verläuft. Im Schliß heben sich aus dem unregelmäßig gefleckten Mikroperthit mit scharf gegitterten Mikroklinanteil nur ganz schwache Anzeichen des Zonenverlaufes heraus. Diese Zonen sind dann z. B. im Schliß parallel (010) bei der Fläche (201) etwa 0.15 mm breit und auf der dem Kern des Feldspats zugewandten Seite statistisch mehr mit Perthitflächen gespickt, sowie durch feinste nicht mehr bestimmbare Körnchen stärker getrübt. Auf der dem Kern abgewandten Seite sind die Zonen eher klar und schneiden mit deutlicher Grenze, deren Ausbildung entfernt an Abb. 10, Tafel IX, erinnert, gegen die nächste Zone ab. — Trotzdem ist der Nachweis des Zonarbaues — der wahrscheinlich auf ursprüngliche Na-Rekurrenzen zurückgeht — eine schöne Ergänzung zu jenen Schlüssen auf die Entstehungsgeschichte, die aus der hier besonders eigenartigen Regelung der Einschluß-Plagioklase gezogen wurden (S. 98). Die reliktsche Erhaltung des Zonarbaues deutet außerdem an, daß die grobe Mikroklingitterung nicht eine ursprüngliche Eigenschaft der Kalifeldspate dieses Gesteins ist, sondern erst durch nachträgliche Einflüsse zustande kam, so daß man im Zusammenhang mit anderen Beobachtungen zu dem Eindruck kommt, daß hier ein aus einem heißen Schmelzfluß stammendes Gestein lange unter dem Einfluß von Bedingungen der Amphibolitfazies und nachher kurz auch der Albitepidotamphibolitfazies gestanden hat, wobei es u. a. zur Entmischung zum Perthit und dann zu dessen Zerfall unter Bildung von Füllungsmikrolithen kam (siehe S. 120).

Fassen wir nun die Ergebnisse des Studiums des Zonarbaues an Wesentlich-Kalifeldspaten zusammen. Es genügt dabei offensichtlich nicht, in einer Beschreibung nur „zonar gebauter Kalifeldspat“ anzugeben,

denn diese Bemerkung allein läßt noch keinerlei Rückschlüsse über die Entstehung desselben zu, und ist demnach wertlos. Sinnvoll wird die Beschreibung erst, wenn man auf die näheren Einzelheiten eingeht und die grundsätzliche Unterscheidung trifft: A. oszillatorischer Schalenbau mit womöglich wechselndem Natrongehalt (= Natronrekurrenzen wie beim zonaren Plagioklas mit basischen Rekurrenzen) und glatten Schalenoberflächen einerseits — oder B. die zweite Art von Zonarbau, bei der man nur zwischen einer Kernregion und einer meist mehr umgewandelten (gitterten, perthitisch entmischten) Randpartie unterscheiden kann. Nur die erste Art ist bei unserer Suche nach Anzeichen schmelzflüssiger Entstehung interessant. Schon im ersten Beispiel aus dem Bittescher Gneis (niederösterreichisches Waldviertel) konnte eine Reihe von Detailbeobachtungen vorgebracht werden, die zusammen nur bei einem Wachstum im Schmelzfluß erklärlich sind. Prinzipiell dieselben Beobachtungen konnten auch an einer ganzen Reihe von anderen Gesteinen gemacht werden, wobei man sieht, daß auch solche Entmischungerscheinungen, die zur Ausbildung von Zonarperthit führen, die primären Wachstumsanzeichen noch einwandfrei durchscheinen lassen. Bei stärkerer Metamorphose wird jedoch das Bild zunehmend verwischt, so daß man nur mehr aus der Analogie mit besser erhaltenen Vorkommen noch auf ein ursprüngliches Schalenwachstum im Schmelzfluß schließen kann. In solchen Fällen, wie z. B. in vielen Augengneisen, muß man oft viele Körner desselben Gesteins untersuchen, bevor man eines mit noch deutlichem reliktischem Zonarbau findet. Um so größer ist aber schließlich der Erfolg dieser Untersuchungsmethode, je schiefriger der Gesteinshabitus heute ist, denn im Falle starker Schiefrigkeit glauben heute nur mehr wenige Forscher an ein ursprünglich schmelzflüssiges Ausgangsmaterial (Turner, 1951). Außer dem oszillatorischen Zonarbau der Kalifeldspate gibt es auch nur wenige unter dem Mikroskop nachprüfbare Hinweise auf die Beteiligung eines Schmelzflusses bei der Entstehung von granitischen Gesteinen. — Ein solcher wichtiger Hinweis, der eher noch mehr Metamorphose verträgt als der Zonarbau, ist die Regelung der Einschlußplagioklase, die gleich anschließend beschrieben werden soll.

### Geregelte Einschlußplagioklase

In der Reihe der normalen Granitgemengteile, die im Kalifeldspat eingeschlossen sein können, dürfte der Plagioklas unter gewissen Voraussetzungen der wichtigste Anzeiger für das Wachstum der betreffenden Kalifeldspate im Schmelzfluß sein, u. zw. hauptsächlich dann, wenn eine Regelung der Einschlußplagioklase in Erscheinung tritt. Diese Regelung ist oft schon mit freiem Auge zu sehen und in diesem Falle für den Geologen ganz besonders beachtenswert. Die Größe der geregelten Einschlußplagioklase gibt uns nämlich — wie unten näher begründet werden soll — u. a. an, wie groß der von einer wenig viskosen Flüssigkeit eingenommene Raum rund um das wachsende Kalifeldspatkorn zumindest war.

Daß eine Regelung der eingeschlossenen Plagioklase möglich ist, ist eine schon ziemlich lange bekannte, aber meist nicht näher untersuchte oder genetisch ausgewertete Tatsache. Die älteste und trotzdem erstaunlich gute Beschreibung und Erklärung, die mir untergekommen ist, stammt von A. L. Lawson (1893), u. zw. aus einer Studie über den Porphy-

granit der Serra de Sta. Lucia, Kalifornien. In jenem Gestein sind in bis 10 cm langen, „glasigen Orthoklasen“ (mit Streckung nach der x-Achse und vorwiegender Verzwilligung nach dem Karlsbader Gesetz) die zahlreichen, bis  $1\frac{1}{2}$  mm großen, idiomorphen Einschlußplagioklase in Gruppen gleichorientiert, so daß z. B. alle nahe (001) eingeschlossenen Plagioklase zugleich auslöschten. Die Orientierung der Einschlüsse gegenüber dem Wirt wurde jedoch nicht genau bestimmt. Lawson meint, daß die Einschlußplagioklase gleichzeitig mit den Orthoklasen aus dem Magma auskristallisiert wurden — gleichzeitig wegen der „kraftvollen Kontrolle über die Verteilung und Orientierung der Einschlüsse“, und weil sie in der Grundmasse nicht mehr beobachtbar seien. Beachtlich ist außerdem die Angabe, daß die an der Oberfläche des Wirts nur zum Teil eingeschlossenen und idiomorph angelegten Plagioklase (Quarze und Glimmer) im Bereich der „Grundmasse“ xenomorph fortwachsen und viel größer werden.

In neuerer Zeit hat besonders F. K. Drescher-Kaden die Frage nach der genetischen Bedeutung der Regelung der Einschlußplagioklase in granitischen Gesteinen aufgegriffen (Drescher-Kaden, 1942, 1948). Er zeichnete und beschrieb einen etwa  $1\frac{1}{2}$  cm (genaue Angaben fehlen leider) großen Kalifeldspat aus dem Fornogranit, der — wie ich aus anderen Größenangaben schließen möchte — bis etwa 2 mm große Plagioklase eingelagert hat, u. zw. so, daß (010) der Plagioklase mit auffälliger Regelmäßigkeit subparallel zu (010) und den aufrechten Prismenflächen des Wirtsfeldspates ist. Eine Einregelung // (001), (101) oder (201) ist nicht angegeben. — Eigentümlich erscheint, daß Drescher zur Erklärung dieser Regelung annimmt, daß die Plagioklase sich in einem „gering viskosen Medium“ gedreht haben, obwohl er sonst durchwegs für eine metasomatische Entstehung der Wirts-Kalifeldspate im Fornogranit eintritt. Maßgeblich für die Zuhilfenahme eines gering viskosen Mediums bei der Erklärung der Plagioklasregelung dürften wohl die gleichzeitigen Studien von A. Maucher gewesen sein, der eine Regelung der Einschlußplagioklase im Kalifeldspat eines sicher aus einem Schmelzfluß entstandenen Syenitporphyrs fand (s. u.).

Die wegen der exakten Beobachtungen und besonders wegen der darauf aufbauenden Schlüsse bezüglich der Einschlußregelung eminent wichtige Originalarbeit von A. Maucher (1943) über die Plagioklaseinschlüsse im Sanidin des Syenitporphyrs von Keban-Maden (Türkei) konnte ich leider in Wien nicht aufreiben, daher stützt sich folgender Auszug in der Hauptsache auf das Referat von F. Machatschki. Maucher fand in 30 mm großen Sanidin-Einsprenglingen gesetzmäßig zum Zonarbau und zur Spaltbarkeit eingeordnete Plagioklase, die ebenso wie die Grundmassenplagioklase 26—30% An haben. Nach Abb. 26 in Drescher-Kaden 1948 sind die Einschlußplagioklase etwa  $\frac{1}{2}$  mm groß und auf den ersten Blick mindestens ebenso gut eingeregelt, wie auf Abb. 1 und 2, Tafel VIII, der hier vorliegenden Arbeit. Die Plagioklase sind mit (010) in die jeweils benachbarten Sanidinflächen eingelagert, besonders nach der stark ausgebildeten Basis der Sanidine. Die U-Tisch-Vermessung ergab (Referat von Machatschki): „c Plagioklas in (001) von Sanidin, meist (80% der Fälle) parallel zur Kante (010)/(110), bzw. zur Kante (001)/(110); in einer Anzahl der Flächen (10%) liegt c Plagioklas parallel zur Kante (001)/(101) von Sanidin; wenn M Plagioklas parallel M Sanidin liegt, so liegen die beiden



c-Achsen einander parallel.“ — Auch Biotit und Titanit sind parallel eingelagert. „Es muß angenommen werden, daß die Plagioklase nicht erst in Form von Keimen in die Sanidinflächen eingelagert wurden und mit diesen weiterwuchsen, sondern, daß es sich bei jenen um ältere Bildungen handelt, die von den wachsenden Sanidinkristallen eingeschlossen und gesetzmäßig eingelagert wurden. . . . Der Vorgang der Plagioklaseinlagerung ist so zu deuten, daß sich Sanidin und Plagioklas mit ihren größten Flächen in der Schmelze aneinanderlagerten (infolge von Adhäsionskräften); Gitterkräfte haben dann die kleinen Plagioklaskristalle so gedreht, daß eine Einordnung zu bestimmten Gittergeraden des Wirtskristalles entstand, welche gesetzmäßige Anlagerung beim Weiterwachsen des Wirtskristalles zu einer Internregelung führte.“

O. H. Erdmannsdörffer (1948/b) hat die Regelung der Plagioklaseinschlüsse in einem Nordschwarzwälder Zweiglimmergranit auch zahlenmäßig erfaßt, u. zw. fällt (010) von 113 feintafeligen Plagioklaseinschlüssen (ungefähr  $An_{30}$ ) zusammen:

|     |       |       |       |    |                    |
|-----|-------|-------|-------|----|--------------------|
| in  | 32    | 36    | 20    | 25 | Fällen             |
| mit | (110) | (010) | (001) | —  | des Kalifeldspats. |

Die Kalifeldspatgroßkristalle sind Mikrokline und Orthoklase; ein recht einschlußreiches Korn hat er gezeichnet. Bezüglich des Wachstums ist er sehr vorsichtig: „Die Erscheinung stimmt grundsätzlich mit den Beobachtungen von A. Maucher im Sanidin eines Syenitporphyrs überein, die er als Anlagerungsregelung in der Schmelze, also in flüssiger Umgebung deutet.“ Bemerkenswert erscheint noch die Angabe Erdmannsdörffers, daß große eingeschlossene, stark amöbisierte Plagioklase keine Regelung aufwiesen.

In den Ostalpen wurde der Regelung der Einschlußplagioklase bisher kaum eine genetische Bedeutung beigegeben.

Ch. Exner (1949/c) beschreibt Einschlußringe, die in den Hauptkörpern [Knaf III nach Exner<sup>1)</sup>] der bis 11 cm langem Kalifeldspataugen im Riesenaugengneis des Radhausberg-Unterbaustollens (Gastein, Hohe Tauern) auftreten. Der Knaf III desorientierte nach seiner Vorstellung das eingeschlossene Grundgewebsgefüge. Dabei findet Exner die uns hier besonders interessierenden Einschlußplagioklase meist mit (010), seltener mit (001) // zu (001), (010) und den aufrechten Prismenflächen des Wirtfeldspats eingeregelt. Er stellt die Frage, ob man diese großen Kalifeldspate mit O. H. Erdmannsdörffer (1951) als „endoblastisch (Blastese aus magmatischer Restlösung)“ oder als „metablastisch (Blastese aus metamorphem Lösungsumsatz)“ bezeichnen soll, und läßt sie offen (Exner, 1951, S. 118; Exner, 1949/c, S. 12).

O. Thiele gibt 1950 aus dem Zentralgneis des Wimmertales (Gerlosgebiet, Tirol) große Mikrokline an, bei denen die reichlich vor-

<sup>1)</sup> Exner hat in den östlichen Hohen Tauern drei Typen von Kalifeldspaten unterschieden (1949/a und 1950), wovon Knaf III den Ab-Gehalt mikroperthitisch entmischt enthält, während bei Knaf I der Ab-Gehalt entweder primär fehlt, oder sekundär ausgetrieben ist und der Achsenwinkel die höchsten möglichen Werte erreicht. Knaf II vermittelt. — Diese Typen charakterisieren die Stabilitätsverhältnisse in den verschiedenen tektonischen Stockwerken der Hohen Tauern, aber nur in bezug auf die letzte metamorphe Überprägung.

kommenden Plagioklaseinschlüsse und die selteneren Biotite fast sämtlich „nach Wachstumsringen (aufrechten Prismenflächen) eingeregelt“ sind. Nähere Angaben vermißt man aber ebenso, wie eine Diskussion der Entstehung.

In den letzten Jahren gelangen mir nun in den mittleren und östlichen Hohen Tauern, wie auch in anderen Teilen Österreichs eine Reihe schöner Neufunde von Kalifeldspaten mit geregelten Plagioklasen, u. zw. meist schon auf Grund näherer makroskopischer Betrachtung der Spaltflächen der großen Kalifeldspate. Alle diese Fälle wurden daraufhin mikroskopisch nachgeprüft, wobei die Art der Regelung noch näher erfaßt wurde.

Betrachten wir gleich die Abb. 1, 2 und 3 auf Tafel VIII. Sie stellen Kalifeldspate mit geregelten Einschlußplagioklasen aus dem „Mureckgneis“ (Becke) dar (siehe unten). Abb. 1 zeigt einen ganzrandigen Querschnitt von  $17 \times 15$  mm durch einen idiomorphen nach der a-Achse gestreckten Kalifeldspat bei Dunkelfeldbeleuchtung: dunkelgrau den Kalifeldspat [mit (010) als kürzere und (001) als längere Seite], und hellgrau bis weiß neben einigen Biotiten die eingelagerten, bis 1.5 mm großen Einschlußplagioklase, soweit sie eben durch die hier meist äußerst dichte Anhäufung von Füllungsmikrolithen getrübt sind; die klaren, weil ungefüllten Ränder der Plagioklase sind an manchen größeren Individuen als schwarze Umrahmungen erkennbar. — Man braucht in diesem Fall keine Einmessung mit dem U-Tisch und keine statistische Auswertung, um zu erkennen, daß die Einschlußplagioklase gut geregelt sind. Der Schliff liegt senkrecht zu (010) und (001), und geht nicht genau durch den Kern des Kalifeldspates. Abgesehen von der Mitte des Schliffes sind die Einschlußplagioklase offensichtlich in der Regel derartig // (010) und // (001) des Wirts angeordnet, daß ihre größten (oder zumindest größere) Flächen sich an die entsprechenden Kristallflächen früherer Wachstumsstadien des Wirts anlegen konnten. Es liegt daher ein Anlagerungsgefüge mit Regelung nach der Korngestalt (Sander) vor. Daß in der Mitte des Schliffes diese regelmäßige Verteilung der Plagioklase fehlt, ist dadurch leicht erklärlich, daß hieher die Wachstumsendflächen (110), ( $\bar{1}\bar{1}0$ ) und ( $\bar{2}01$ ) zu liegen kommen, die nicht so wie (010) und (001) auf die Schliffebene senkrecht stehen, sondern mit ihr einen spitzen Winkel einschließen, so daß wir eher eine Aufsicht als einen Querschnitt sehen. An diesen Flächen sind außerdem — wie man aus anders liegenden Schnitten sehen konnte — weniger Plagioklase eingeschlossen worden. Die der fehlenden Ecke entsprechende Kristallkante war bei der Schieferung des Gesteins abgeschert worden.

Abb. 2 ist eine Aufnahme bei gewöhnlichem durchfallendem Licht, also mit gegenüber der vorigen umgekehrten Dunkelheitswerten. Hier geht die Schnittebene fast durch den Kern desselben Kristalles, weshalb auch die Regelung der Einschlußplagioklase weiter in die Mitte reicht. Links fehlt ein Stück des Kornquerschnittes. Eine feine Linie zeichnet nahe der Mitte eine Anwachszone mit abgerundeten Ecken nach. Auch hier ist die Einschlußregelung evident. Es kann ergänzend mitgeteilt werden, daß eine gleich scharfe Einregelung der Plagioklaseinschlüsse auch parallel zu den Flächen (110) und ( $\bar{1}\bar{1}0$ ) sowie ( $\bar{2}01$ ) vorhanden ist, die man in Schnitten // (001) gut erkennt.

Auf Abb. 3, Tafel VIII, sieht man einen vergrößerten Ausschnitt von Abb. 1 zwischen gekreuzten Nikols. Es fällt sofort die scharfe Regelung

der stark mit Klinozoisit und Hellglimmer gefüllten Plagioklase auf, die mit einem durchsichtigen, ungefüllten Albitsaum nach außen abschließen. Da Perthitadern von derselben Größenordnung wie die Albitsäume im ganzen Schliß vorkommen — sie sind auf dieser Abbildung wegen der Schnittlage und der zufälligen Stellung gegenüber den Schwingungsebenen der Nikolschen Prismen nicht gut erkennbar — wird hier ebenso wie in dem viel eindeutigeren (auf S. 112 erwähnten) Beispiel aus dem Augengneis der Sonnblickdecke bei Schloß Groppenstein angenommen, daß die klaren Albitsäume ihre Substanz bei der Entmischung des ursprünglich homogenen Wesentlich-Kalifeldspats geerbt haben. Nach dieser Vorstellung waren die Einschlußplagioklase daher ursprünglich so groß, wie die heute stark gefüllten Partien angeben. Das führt auf Abb. 1 und 2, Tafel VIII, auch zu jenem klareren Regelungsbild, welches auf jeden Fall besser ist, als hätte man alle Plagioklasumrisse am Außenrand der Säume nachgezeichnet. Auf dem auf Abb. 3 gezeigten Ausschnitt fällt dieser Unterschied zufällig nicht auf. — Bei noch stärkerer Vergrößerung sieht man besonders in den Perthitadern einzelne bis 0.01 mm große Klinozoisite, die — wie später noch erläutert werden soll (S. 114 ff.) — uns anzeigen, daß die Zeit der Feldspatfüllung erst nach dem Kalifeldspatwachstum und nach der Entmischung des anfangs homogenen Wesentlich-Kalifeldspats zum Perthit anzusetzen ist. Nach der starken Plagioklasfüllung (mit Klinozoisit und weniger Muskowit) ist dann aber auf einen jeweils recht hohen Anorthitgehalt der Ausgangsplagioklase zu schließen, so daß man daraufhin annehmen darf, daß die Plagioklase ursprünglich mindestens bei Temperaturen der Amphibolitfazies gewachsen sind.

Wie ist diese Einschlußregelung nun in diesem Falle zustande gekommen ?

Kurz gesagt: Kleine, fertige Plagioklase haben sich an die jeweilige Außenfläche eines wachsenden Kalifeldspats mit einer größeren Fläche angelegt und sind dann eingeschlossen worden. — Das aber ist bei dieser Vielzahl und Größe von Plagioklasen nur im Schmelzfluß wahrscheinlich. In einer solchen Schmelze sind die Plagioklase zuerst mehr oder minder regellos verteilt und orientiert. Wenn sie sich an einen größeren Feldspat anlegen, dann werden sie sich nach der ersten Berührung so herandrehen, daß Fläche auf Fläche zu liegen kommt.

Was käme denn sonst als Ursache für diese Regelung in Frage ?

1. Daß etwa bei einem amöboiden Wachstum des Kalifeldspats unregelmäßig eingewachsene Plagioklase erst im fertigen Kalifeldspat-Korn nach irgendwelchen imaginären Wachstumsflächen geregelt würden? — Diese Möglichkeit scheint mir schon aus mechanischen Gründen keinen großen Wahrscheinlichkeitsgrad zu besitzen, denn welche Kräfte sollten die Einschlüsse ausgerechnet in diese Lage drehen? Wenn nur Kräfte des umgebenden Kalifeldspatgitters wirksam sind, dann ist doch nicht einzusehen, warum z. B. gerade die nahe der (010)-Fläche gelegenen Einschlüsse nur // (010) geregelt sind und nicht auch z. B. // zu der wichtigen Gitterebene und Spaltebene (001); — oder noch krasser, warum die von der  $\bar{2}01$ -Außenfläche — deren Überwiegen gegenüber  $\bar{1}01$  an sich schon recht charakteristisch für Schmelzfluß-Kalifeldspate ist (vgl. S. 74) — etwa trichterförmig bis zum Kornzentrum des Kalifeldspats liegenden Einschlußplagioklase, anstatt immer // der Fläche  $\bar{2}01$  des Wirts zu stehen, nicht abwechselnd // zu (001), (010), den aufrechten Prismenflächen oder

irgendeiner anderen möglichen Gitterebene des Kalifeldspatwirts gerichtet sind.

2. Sollte man sich etwa vorstellen, daß die Plagioklase eines Starrgefüges an die Kalifeldspat-Oberfläche dann herangedreht würden, sobald der Kalifeldspat im Zuge der Verdrängung seiner Umgebung an einer Ecke anstößt? — Auch dagegen gibt es einige Bedenken: Einmal ist die Drehung in allseits fester Umgebung kaum möglich; die Umgebung ist aber fest, sobald man ein Wachstum des Kalifeldspats durch Ionendiffusion annimmt, aber auch wenn man sich eine metasomatische Entstehung vorstellt. Auch im „Intergranularfilm“ Wegmanns hätten 1 mm große Plagioklase keine Möglichkeit zur Drehung. Zweitens ist sowohl im Falle der Ionendiffusion, wie eines Lösungsumsatzes eher ein pseudopodienartiges Eingreifen des Kalifeldspats zwischen die Körner des umgebenden Starrgefüges zu erwarten, als die Ausbildung einer völlig planen Oberfläche. Die Pseudopodien würden nicht wesentlich kleiner sein als die Mineralkörner in der Umgebung des Kalifeldspats. Wo aber ist dann die plane Oberfläche, an die sich der Plagioklas herandrehen soll? — Auch die zweite Vorstellung kann also das Phänomen nicht gut erklären. So bleiben noch zwei Möglichkeiten übrig.

3. Annahme: Die Plagioklase sind erst im Kalifeldspat gewachsen. — Dagegen spricht, daß die Plagioklase ganz verschiedene Form, Größe und auch ganz verschiedene Füllungsichte haben, wobei die Füllung ja gerade im Fall verschiedener Füllungsichte in der Hauptsache von primär (und oft auch zonar) verschiedenen Chemismus (z. B. Ca-Gehalt) der Plagioklase abhängig sein muß. Bei der Annahme eines späteren Wachstums im Kalifeldspate müßten aber alle Plagioklase entweder den gleichen Chemismus besitzen oder vielleicht im Kern des Wirts einen anderen Chemismus als nahe seiner Oberfläche; aber auf keinen Fall dürften sie — was Chemismus und Füllung anbelangt — bunt gewürfelt sein <sup>1)</sup>. Außerdem würde hier die Erklärung der Regelung dieselben Schwierigkeiten bereiten, wie bei der Annahme 1, da nicht einzusehen ist, warum die im Sektor zwischen einer bestimmten Außenfläche und dem Zentrum des Kalifeldspatwirts befindlichen Plagioklase ausgerechnet // zu der Außenfläche, und nicht // zu anderen Kristall- oder Spaltflächen des Wirts liegen. Wollte man ein späteres Wachstum der Plagioklase annehmen, dann würde doch außerdem das Kristallgitter des Wirts jenes der gitterverwandten Einschlüsse am ehesten parallel anlegen. Und — ganz abgesehen davon — woher kommt dann die gleiche Regelung bei den, wenn auch viel weniger zahlreichen Einschlüßbiotiten, die wir bisher noch kaum erwähnt haben? —

4. Annahme: Die Plagioklase sind erst gleichzeitig mit dem Kalifeldspat an dessen jeweiliger Außenfläche gewachsen. — Dies ist unwahrscheinlich, denn dann wäre ein trichterförmiges Größerwerden der Plagioklase nach

<sup>1)</sup> Ein instruktives Beispiel, welches für diese Überlegung ausschlaggebend war, hat Drescher-Kaden schon zweimal abgebildet (1940, Abb. 26, und 1948, Abb. 25). Es stammt aus dem Fornogranit (Oberengadin, Schweiz). In diesem Beispiel sind zahlreiche geregelte Einschlüßplagioklase mit recht verschiedenem Anorthitanteil (von 27% bis 46% An) derart über den ganzen Querschnitt des Kalifeldspats verteilt, daß sich keinerlei regelmäßige Anordnung nach dem Anorthitgehalt gegenüber der Entfernung vom Kern des Wirts abzeichnet. Ein derartig ungleicher An-Gehalt der verschiedenen Plagioklase kann keinesfalls verstanden werden, wenn man ein späteres Wachstum der Plagioklase im Kalifeldspat annehmen wollte, und so hat denn auch Drescher-Kaden nur an bereits fertige Plagioklase gedacht, die vom Kalifeldspat unwachsen wurden.

außen hin zu erwarten, falls man die Plagioklaskeime klein genug annimmt, um ihnen die Drehung in einer Porenlösung eines an sich festen Gesteins noch zu erlauben. Aber auch im Falle, daß in einer Schmelze die Plagioklasse erst an der jeweiligen Oberfläche des Kalifeldspats von Keimen aus gewachsen wären — was aber schon wegen des unterschiedlichen Chemismus der einzelnen Einschlußplagioklasse, ausgedrückt durch verschiedene Füllung, unwahrscheinlich ist —, so dürften die Einschlußplagioklasse doch niemals einen von ihren Zentren ausgehenden Zonarbau besitzen (Füllungszonen), da sie ja an einer Seite schon angewachsen waren.

Nach Ablehnung dieser 4 Möglichkeiten bleibt also nur die Anlagerungsregelung bei Wachstum beider Feldspate in einer Schmelze übrig. Dann ist es auch leicht zu erklären, wieso die einzelnen Einschlußplagioklasse einen ganz verschiedenen Chemismus haben, der sich in der unterschiedlichen Füllung deutlich abpaust: sie sind in der Schmelze eben von ganz verschiedenen Bildungsstellen hierher getriftet worden.

Das soeben genauer beschriebene Feldspat-Großkorn war einmal ein größeres „Auge“ im stark schieferigen Mureckgneis (Becke) von der N-Seite des Mureck im Quellgebiet der Mur (östliche Hohe Tauern). Ch. Exner hat 1948 für diesen, der mesozoischen Silbereckmulde aufliegenden Zentralgneiskörper den Namen „Mureckdecke“ geprägt, und er hat mich auch im vergangenen Sommer an diese klassische Stelle geführt, wofür ich Herrn Dozent Dr. Ch. Exner auch an dieser Stelle herzlichst danke. — Die in seltenen Fällen bis 4 cm groß werdenden Augen sind manchmal vorbildlich idiomorph und lassen sich zum Teil ziemlich leicht aus dem Handstück herauszwickeln, da sie besonders an der Schieferung stärker ausgesetzten Teilen mit feinschuppigem, hellem Glimmer belegt sind, während in ihrem Bewegungsschatten ein Quarz-Feldspat-Gekörnel mit Kalzit und wenig Muskowit angelagert ist, welches bei der Verwitterung des Kalzits leicht mürb wird. Im Grundgewebe ist viel feinschuppiger Muskowit neben ganz wenig Biotit vorhanden. Die Augenfeldspate sind also die einzigen auffälligen Zeugen der Mitwirkung eines Schmelzflusses an der Entstehungsgeschichte des Gesteins, denn alle anderen feineren Bestandteile sind entweder Durchläufer oder an ganz niedrig fazielle Bedingungen angepaßte Mineralien, oder z. B. überhaupt typomorphe Mineralien der Grünschieferfazies. Die Augenfeldspate weisen bisher als einzige Relikte darauf hin, daß dieses Substrat — abgesehen von der von Ch. Exner für die Zentralgneise dieses Raumes nachgewiesenen allgemeinen Einstellung auf die „Zentralgneisfazies“, die etwa der Albitepidotamphibolitfazies im Sinne von Turner entspricht — auch einmal „bessere Zeiten“ gesehen hatten. Wahrscheinlich war das Gestein einmal ein porphyrischer Granit, der zumindest zum Teil einen schmelzflüssigen Zustand durchlaufen hat, u. zw. wegen der Eigenart der Füllung der Feldspate sogar bei hoher Temperatur (Amphibolitfazies oder höher).

Damit sind wir aber wieder bei den petrogenetischen Vorstellungen F. Beckes bezüglich derartiger Gesteine angelangt, nur daß die Annahme der Mitwirkung eines heißen Schmelzflusses an der Gesteinswerdung wegen der in jüngster Zeit ganz allgemein aufgetretenen großen Zweifel nun durch die genauere Betrachtung der Augenfeldspate neuerlich bestätigt wurde. Zu Beckes Zeiten glaubte man noch allgemein an die Entstehung des Granits aus dem Magma — heute müssen wir uns sehr darum bemühen,

daß man wenigstens denjenigen Anteil als schmelzflüssig entstanden anerkennt, welcher nachweisbar aus dem Schmelzfluß stammt.

F. Angel hat erst kürzlich in seiner in vielen anderen Hinsichten bewundernswerten Monographie der Ankogel-Hochalm-Gruppe (1952) mit ein paar Worten eine andere Vorstellung von der Entstehung des Mureckgneises skizziert, ohne jedoch über nähere diesbezügliche Untersuchungen zu berichten: „Es sind helle, gut- bis dünnstiefrige muskowitzreiche Grundgewebe mit wechselnd dicht gesproßten und wechselnd großen, weißen Alkalifeldspatäugen. Ihr Altbestand: Serizitschiefer und dunkle Feinphyllite, darunter Glanzschiefer, die örtlich schlecht verdaut sind.“ Angel sieht dort eine aufsteigende Metamorphose, wo wir nach Becke eine absteigende sehen: eine „Phyllonitierung“ (Sander), sowie eine Verschleifung mit schiefriegen Nebengesteinen.

Das soeben dargestellte Beispiel des großen Kalifeldspats vom Mureck ist gewiß, was die Zahl der geregelten Einschlüsse und die deutliche Regelung anbelangt, ein Muster seiner Art. Diesem stehen aber weitere Vorkommen aus anderen Zentralgneiskörpern der Hohen Tauern kaum nach, was die folgenden Beispiele beweisen sollen.

Im porphyrischen, oft nur sehr schwach schieferigen Zentralgneis von der Groß-Elend-Kees-Nordseite <sup>1)</sup> <sup>2)</sup>, also nördlich der Hochalmspitze (östliche Hohe Tauern), findet man massenhaft mehr oder minder gut idiomorphe, bis 1 *dm* große Kalifeldspate, von denen viele schon bei der Betrachtung der einspiegelnden Spaltflächen, die nicht zu gleicher Zeit aufblitzenden, aber nach der Gestalt geregelt eingewachsenen Plagioklaseinschlüsse erkennen lassen. Von einem nach dem Karlsbader Gesetz verwilligten, 27 × 13 *mm* großen Kalifeldspatkorn, welches durchaus nicht die meisten der bis 3 *mm* großen Plagioklaseinschlüsse aufwies, wurde ein Dünnschliff zwecks Auszählung der geregelten Einschlüsse nahezu durch den Kern und subparallel der (001)-Fläche angefertigt. Der Wirtskalifeldspat erwies sich dabei als ein zum Teil triklinisierter Orthoklas (Paraskevopoulos). Darin waren bei etwa 20 facher Vergrößerung 258 ganzrandig eingeschlossene Körner deutlich erkennbar, u. zw. neben den Plagioklasen acht geregelte und ein unregelmäßiger Biotit sowie ein offenbar unregelmäßiger Orthit. Die Einschlüsse haben Größen von etwa 0-15 *mm* bis 1-9 *mm*. Das größte Korn ist z. B. ein // zu einer aufrechten Prismenfläche eingewachsener (chloritisierter) Biotit. Von den 258 Einschlüssen besitzen 58 Stück keine ohne U-Tisch erkennbare Regelung. 101 Stück sind // (010) geregelt. 96 Stück, darunter auch die 8 Biotite sind // zu den aufrechten Prismenflächen [(110) und (1 $\bar{1}$ 0)] des Kalifeldspatwirts geregelt und 3 Stück liegen // (130), welche Fläche auch aus dem reliktsch angedeuteten, oszillatorischen Zonarbau ersichtlich ist. Alle geregelten Körner sind mit einer einzigen Ausnahme derart angeordnet, daß sie sich mit größeren Flächen, ja meist mit der größten Fläche an den vom Kern des Wirtskalifeldspats ausgehenden Zonarbau anlehnen. Die eine Ausnahme — ein Plagioklas — ist an der von (110) und (1 $\bar{1}$ 0) gebildeten Kante mit (010) // zu (010) des Wirts aufgesetzt. Alle Einschlußplagioklase, die zum Teil noch einen

<sup>1)</sup> Auch dieses Material wurde bei einer Exkursion 1953 unter Führung von Herrn Doz. Dr. Ch. Exner aufgesammelt und mir gütigst zur Bearbeitung abgetreten.

<sup>2)</sup> L. Kober sieht hierin einen Zentralgneis seiner Hochalm-Decke (L. Kober, 1938); Ch. Exner stellt ihn im Blockdiagramm der östlichen Hohen Tauern zum Hochalm-Kern (Exner, 1949/a, S. 217) und F. Angel schied ihn auf der erst kürzlich erschienenen „Geologischen Karte des Ankogel-Hochalm-Gebietes“ 1 : 50.000 (Angel, 1952) mit der Farbe der „hellen granitischen Gesteine des tieferen Stockwerks“ aus.

schwachen Zonarbau mit basischerem Kern aufweisen, sind bereits mehr oder minder dicht mit Hellglimmerschuppen (bis 0.13 mm) und Klinozoisitstengeln (bis 0.10 mm) gefüllt. In diesem Gestein sind übrigens die Verwachsungsflächen der Karlsbader Zwillinge oft krumm (siehe S. 109).

Auch hier liegt also ein echtes Schmelzflußrelikt vor und seine Einschlußplagioklase wurden wie im Beispiel vom Mureck erst nachträglich — zugleich mit der Umwandlung der Biotite — gefüllt. Zahllose Feldspateinsprenglinge dieser Art durchsetzen das Gestein auf kilometerweite Strecken hin. F. Angel (1953) schätzt im Kapitel „Porphyrgranit“ die Masse der Einsprenglinge auf 25—41% des Gesteinsvolumens ein. Somit kann man nicht vielleicht sagen, daß zufällig nur einzelne Schmelzflußrelikte vorkämen, das übrige Gestein aber nichts mit einem Schmelzfluß gemein habe. Bei einer derartigen Masse und Verbreitung von großen Reliktfeldspaten ist es vielmehr richtig, anzunehmen, daß die ganze Masse einmal in mehr oder minder schmelzflüssigem Zustand gewesen ist, und daß die Feldspateinsprenglinge hier wie bei vielen Porphyroiden die nachfolgende Metamorphose und Verschieferung bloß am besten überstanden haben, während die feinere „Grundmasse“ des porphyrischen Granits wegen der geringeren Korngröße nicht nur bei der Verschieferung, sondern wohl schon im Verlaufe der ersten Abkühlung des Granits viel stärker den metasomatischen Einflüssen ausgesetzt war. So ist das Grundgewebe, das F. Angel (1952) als ein aplitisch helles bis normalgranitisches „Grundgewebe mit wenig Muskowit und Biotit, oft etwas schiefzig“, kennzeichnet, heute völlig der niedrigen Temperatur der Albitepidotamphibolitfazies angepaßt.

In diesem Fall nimmt übrigens auch F. Angel (1952, S. 14 f.) eine Beteiligung einer Schmelze an, denn er spricht die Porphyrgranite als „verwischte-migmatische Gesteine“ an.

Weitere schöne Proben von Einschlußregelung im Kalifeldspat stammen aus einem Steinbruch südlich Mallnitz (Kärnten), der sowohl bei der Alpenrundfahrt 1951 anlässlich der Wiederaufbau- und Hundertjahrfeier der Geologischen Bundesanstalt in Wien, als auch bei einer Exkursion anlässlich der „Mineralogentagung in Leoben 1953“ von vielen in- und ausländischen Fachleuten besucht wurde. Er liegt an der Bundesstraße gegenüber Schloß Groppenstein (Obervellach, östliche Hohe Tauern). Es ist dies der „postkristallin bezüglich K(Na)-Feldspat deformierte granitische Augengneis, der lamellenförmigen SE-Fortsetzung des Sonnblick Kernes“ von Ch. Exner (1953/b, S. 172; hier wurden andere Stellen gesperrt als im Original).

An einem ausgezeichnet idiomorphen Kalifeldspat-Einling von 3 cm Größe waren äußerlich folgende Flächen zu erkennen: (001), (010), ( $\bar{2}$ 01), (110) und (1 $\bar{1}$ 0). Das Großkorn war ganz nach dem Muster von Fig. 1 auf S. 74 gebaut und nach der a-Achse gestreckt. Die sehr zahlreichen Einschlußplagioklase waren im ganzen Wirtskorn regelmäßig so angeordnet, daß ihre Regelung // zu verschiedenen Flächen des Wirts nur durch ein Anlegen der fertigen Plagioklase an die jeweilige idiomorphe Oberfläche des wachsenden Kalifeldspats erklärt werden kann [Regel nach der Korngestalt // (001), (010), ( $\bar{2}$ 01), (110) und (1 $\bar{1}$ 0) des Wirts]. Außerdem machen sich bei manchen Einschlüssen ähnlich wie bei dem von A. Maucher 1943 beschriebenen Beispiel auch eine Regelung nach dem Kornbau (Sander)

bemerkbar, wobei die Kristallachsen  $b$  und  $c$  der Einschlüsse mit den gleichen Achsen des Wirts ungefähr gleichlaufen.

Einen Ausschnitt aus einem // (001) liegenden Schliff durch dieses Korn zeigt Abb. 4 auf Tafel VIII. Abgesehen von dem Aufhören der Perthitadern in der Nähe der Plagioklaseinschlüsse, welcher Beobachtung auf S. 112 etwas Raum gegeben ist, erkennt man die zueinander und zu der im linken unteren Eck sichtbaren, ganz schwachen Zonarstruktur // liegenden Einschlußplagioklase. Auch der unebene Außenrand des Kornes (rechts oben) läuft im wesentlichen damit parallel. Die Plagioklase sind nach dem Karlsbader und Albitgesetz verzwillingt, wobei man schon aus der Schärfe der Lamellengrenzen erkennen kann, daß die Zwillingebenen nach (010) ungefähr senkrecht auf die Schliffebene und damit // (010) des Wirts zu liegen kommen. Sie liegen also mit ihrer in der Regel größten Fläche auf der Außenfläche des wachsenden Wirts, mit den anderen Flächen aber beliebig verdreht, was schon durch die zum Teil unterschiedliche Interferenzfarbe auf der Abb. 4 zum Ausdruck kommt. Derart aussehende und gelagerte Plagioklase sind niemals Entmischungserscheinungen aus dem Kalifeldspat, auch keine Verdrängungsreste, sondern nur Fremdeinschlüsse aus einem den wachsenden Kalifeldspat ursprünglich umgebenden Schmelzfluß.

Eine ungefähr ebenso deutliche Regelung der Einschlüsse nach ihrer Korngestalt // zu den erwähnten Flächen des Kalifeldspats wurde auch an anderen Stellen des Sonnblick Kernes beobachtet (Fleißtal, Krumlkees), so daß man zumindest für den ganzen Porphyrgranitgneis-Anteil des Sonnblick Kernes eine vollkommen oder zum Teil schmelzflüssige, und gleichzeitig wegen der Feldspatfüllung (vgl. S. 114 ff.) — am Krumlkees ist die Füllung des Kalifeldspats mit Klinozoisit ganz besonders stark — auch hochtemperierte Vergangenheit annehmen darf. Auch dieses Gestein zeigt heute eine völlige Anpassung an die epi- bis höchstens mesozonale „Zentralgneisfazies“ (Exner).

Nur zur Kontrolle der Verbreitung der Einschlußregelung in den Tauernzentralgneisen wurde der porphyrische Granitgneis des Tauerntunnels (Halde vor dem S-Portal bei Mallnitz) mit untersucht, der nach L. Kober zur „Ankogeldecke“ gehört, von Ch. Exner jedoch zum „Hölltor-Rotgülden-Kern“ gerechnet wird. — In den bis 20 mm langen Plagioklasen fand sich bisher nur eine schwache Regelung von einigen bis 0.35 mm langen Einschlußplagioklasen mit (010) // zu (010) des Wirts.

Abgesehen vom Zentralgranitgneis der Granatspitzgruppe, welcher eine dementsprechende Regelung etwa 1 mm großer Plagioklaseinschlüsse in größeren Kalifeldspaten aufweist, ist mir in den mittleren Hohen Tauern diese Regelung erst wieder aus der Gegend vom Untersulzbachtal (Oberpinzgau, Salzburg) bekannt. Dort kann man im Knappenwandgneis (Frasl, 1953/a) die geregelten Einschlußplagioklase schon mit freiem Auge auf Grund der stärkeren Trübung, oder noch besser daran erkennen, daß sie meist nicht gemeinsam mit den Spaltflächen des Kalifeldspatwirts einspiegeln. Sie bleiben auch bei der Schachbrettalbitisierung des Wirts noch immer gut erkennbar, welche Beständigkeit bei einer Suche nach Schmelzflußrelikten sehr wichtig ist. Nur die verwinkelte Verwachsungslinie der Zwillinge und die Ausbildung der (201)-Fläche nach außen hin sind daneben beständig, aber diese Eigenschaften sind auf ihre Herleitung



aus dem Schmelzfluß beileibe nicht so gut nachprüfbar (vgl. S. 109 und S. 74) als die Einschlußregelung. Dem Knappenwandgneis entspricht petrographisch der porphyrische Gneisanteil des Ahorn Kernes im Wimmerthal (Gerlosgebiet, westliche Hohe Tauern), wo die Regelung der Einschlüsse für das freie Auge viel besser erkennbar ist. O. Thiele (1950) hat sie von dort schon bekanntgemacht (vgl. S. 87).

An dieser Stelle sei noch ein Hinweis auf den orientierten Einbau der beiden Plagioklase in den auf Abb. 12, Tafel X, gezeigten Aderperthit gestattet. Die Probe stammt vom N-Rand der nördlichen Sulzbachzunge unmittelbar östlich des Obersulzbachtales (mittlere Hohe Tauern; Frasl, 1953/a). Wohl ist das abgebildete Korn schon stark umkristallisiert, wie auch die Verzahnung der Grenzen zeigt. Aber die Regelung des schmäleren Plagioklases mit den Albitlamellen // zu dem Spaltriß nach (001) des Wirts ist klar zu erkennen. Daß außerdem der zweite gefüllte Plagioklas gleichzeitig mit den albitischen Perthitadern auslöscht und auch in anderen Stellungen die gleiche Interferenzfarbe wie die Adern hat, besagt schon, daß er optisch und kristallographisch gleich orientiert sein muß. Daß eine solche Regelung der Plagioklase bei Schmelzflußgesteinen auftreten kann (wenn auch durchaus nicht auftreten muß), ist vorhin abgeleitet worden. Ich möchte eine derartige Entstehung des Gesteins in diesem Falle aber nur als Möglichkeit anführen, denn ich muß gestehen, daß ich zu der Zeit, als ich in dieser Gegend kartierte (1947—1949), noch nicht an einen Zonarbau, eine Plagioklasregelung usw. dachte. Sobald man aber derartige Eigenschaften nicht schon im Felde direkt gesucht und besonders geeignete Proben im Labor nach speziellen Schnittrichtungen untersucht hat, ist im Hinblick auf die Reliktforschung nur selten Aussicht auf Erfolg. Ich halte es daher nicht für unwahrscheinlich, daß auch im Gebiet der Venedigerzungen in der Folgezeit Funde gemacht werden, die jenen aus den östlichen Hohen Tauern gleichkommen.

Zusammenfassend kann man sagen, daß durch die nähere Beachtung der geregelten Einschlußplagioklase der Hohen Tauern und besonders jener vom Mureck die petrogenetische Deutung einerseits dieser Erscheinung selbst und andererseits der porphyrgranitischen Zentralgneise gute Fortschritte gemacht hat. Gerade dadurch, daß diese Regelung bei einiger Übung in den meisten Fällen mit freiem Auge erkennbar ist, kann ihre Verbreitung vom Geologen schon draußen im Felde studiert werden, und nach der genauen Prüfung von Stichproben unter dem Mikroskop ist er imstande, das Verbreitungsgebiet von aus einer Schmelze stammenden Relikten abzugrenzen. Damit kann er auch bei genügender Anzahl der Relikte im Gestein die betreffenden Gneisgebiete als solche kennzeichnen, die unter keinen Umständen allein durch Granitisation im festen Zustand — sei es durch Metasomatose oder Ionendiffusion — entstanden sind. Da außerdem die Fülle der Feldspate meist noch eine hochtemperierte Vergangenheit derselben Gneise offenbart (vgl. das betreffende Kapitel, S. 114 ff.), während wir bis nun nur eine tieftemperierte Metamorphose der mesozoischen Hüllgesteine kennen, ist auch der Schluß auf ein vor-mesozoisches Alter dieser Schmelzflußgesteine gerechtfertigt. Mit diesen Erkenntnissen befinden wir uns in der Nachfolgeschaft von L. Kober, R. Staub, Gb. Dal Piaz, S. Prey und vielen anderen, wenn auch mit der Einschränkung eben auf die nachweisbar mit hochtemperierten Schmelz-

flüssen in genetischer Verbindung stehenden Gneise<sup>1)</sup>, während gewisse geringmächtige Körper von Paragneisen, welche nie eine höhere Temperatur als die der Albitepidotamphibolitfazies erlebt haben, nun abgetrennt werden mußten und zum Teil bereits skythischen oder nachtriadischen Schichtserien eingereiht werden konnten (Frasl, 1953/b und 1954). — Im letzten Jahr zeichnete sich übrigens bereits bei verschiedenen Autoren die Tendenz ab, in Zentralgneisen der Hohen Tauern voralpidische, heiße Schmelzflußmassen mit alpidischer, etwa epizonaler Metamorphose zu erblicken. Dies wurde einmal für die Granitgneismassen der nördlichen Venedigerzungen in den mittleren Hohen Tauern angenommen (nördliche und südliche Sulzbachzunge, Habachzunge; Frasl, 1953/a), dann für einen größeren, nicht genauer umgrenzten Teil der Zentralgneise der östlichen Hohen Tauern in mehreren Schriften von Ch. Exner. Auch E. Clar (1953) hat bei seinen Überlegungen bezüglich der Herkunft der Erzlösungen der Ostalpen neben alpidische, magmatische und metasomatisch entstandene Zentralgneise auch ein „vormesozoisches, in der alpidischen Tektonik verarbeitetes, granitisches Substrat“, also einen in Tauernkristallisation metamorphen alten Granit, sowie Syenit und Tonalit gestellt, ohne eine räumliche Abgrenzung zu sehen. Zum Abschluß des Jahres 1953 erschien schließlich eine ebenso die Vererzung der Ostalpen betreffende Abhandlung von H. Leitmeier, in welcher er in den Zentralgneisen neben alpidischen Granitisationsprodukten auch mit Verweis auf Exner und Frasl alpidisch metamorphosierte, aber aus früheren Zeiten stammende Granite und Gneise erblickt. — Bei dieser Gelegenheit sei auch auf eine 1951 erschienene Arbeit von H. Haberlandt und A. Schiener hingewiesen. In der Einleitung zu dieser mineralogisch-geochemischen Studie wird eine Ansicht über die Genese der Zentralgneise der Umgebung von Gastein vorgetragen, die sich sehr an Vorstellungen Beckes anlehnt und in der Aufteilung in eine hochtemperierte, zum Teil schmelzflüssige Entstehungsphase neben einer Phase alpidischer, metamorpher Überprägung grundsätzlich mit der hier betonten Zwei- oder Mehrphasigkeit der Zentralgneisentstehung übereinstimmt.

<sup>1)</sup> Auf Grund von Studien an den großen Kalifeldspäten im hier vorgebrachten Sinn, aber auch durch Beachtung anderer Eigenschaften, hat man bereits jetzt den Schlüssel zu einer allgemeinen Abgrenzung einst hochtemperiert, und zumindest zum Teil auch schmelzflüssig gewesener Massen innerhalb des Zentralgneises in den Händen. Beim mittelkörnigen Kornbestand, der im Porphyrganit — oder im heutigen Porphyrganitgneis und Angengneis — nach dem Einsprenglingswachstum kristallisierte, ist es zwar schon schwieriger, die Anfangstadien der Bildungsgeschichte zu erkennen, da einerseits schon die besonders von Erdmannsdörffer aufgezeigten Einwirkungen einer metasomatischen Endoblastese zu kristalloblastischen Strukturen führen konnten und andererseits das feinere Korn auch für eine Umkristallisation bei der alpidischen Metamorphose leichter zugänglich war, als die großen Reliktfeldspäte. Noch schwieriger aber ist die Erkennung früherer Stadien der Petrogenese bei einem gleichmäßig feinkörnigen Granit oder einem aus diesem hervorgegangenen Zentralgneis. Auch in einem solchen Gestein haben spätere Umkristallisationen um so leichter die Anzeichen früherer Stadien auslöschen können, je feiner das Korn ist. Durch den Vergleich mit dem Kornbestand der Porphyrganite kann man jedoch auch da klarer sehen. Besonders die Füllung beider Feldspatarten, die spezielle Perthitusbildung und die Optik der Kalifeldspäte, also Eigenschaften, die noch im folgenden etwas näher betrachtet werden sollen, sind jene Anzeichen, welche die Porphyrganite im Feinkornbestand und meist auch in den Einsprenglingen mit den gleichkörnigen Zentralgranitgneisen gemeinsam haben, und welche daher auf die grundsätzlich gleiche Herkunft schließen lassen.

Um den Hohen Tauern zur Abwechslung ein praktisch nicht regional-metamorphes Granitareal gegenüberzustellen, seien anschließend Beobachtungen aus moldanubischen Graniten vorgelegt, die sich u. a. bekanntlich schon durch den noch erhaltenen höheren Anorthitgehalt der Plagioklase von den Tauerngesteinen (mit in der Regel gefüllten Plagioklasen und niedrigerem Anorthitgehalt) grundsätzlich unterscheiden. Hier haben wir unzweifelhaft Feldspate aus der Amphibolitfazies oder noch höheren Temperaturbereichen vor uns, wogegen die metamorphen Umwandlungen ebenso wie die Schieferung praktisch nicht mehr ins Gewicht fallen. Hier ist es also noch viel eher denkbar, daß man die Grenze zwischen einem Kornwachstum in flüssiger (halbflüssiger) oder fester Umgebung findet.

Unter den von mir an Gesteinen des moldanubischen Bereiches in Österreich (nördliches Ober- und Niederösterreich) bezüglich der Einschlußregelung angestellte Beobachtungen sind jene aus dem Weinsberger Granit von prinzipieller Bedeutung für die Frage der Entstehungsbedingungen der Einschlußregelung und bieten speziell durch das überwiegende Auftreten der Regel nach dem Kornbau etwas Neues. Von allgemein-petrogenetischem Standpunkt ist außerdem das eigentlich hieherzustellende Vorkommen im Rastenberger Granit von Ottenstein am Kamp sehr lehrreich, es wird jedoch hier nur kurz gestreift und seine Kalifeldspate sollen in einer eigenen Studie eingehender beschrieben werden. Zu den Beobachtungen am Mauthausener Granit ist zu bemerken, daß dies eigentlich gar kein porphyrischer Granit mehr ist, sondern im allgemeinen als mittelkörnig bezeichnet wird — und doch sind dieselben Erscheinungen der Einschlußregelungen zu erkennen, womit man sieht, daß diese, bisher ungleichkörnigen granitischen Gesteinen vorbehaltenen Betrachtungsweise auch für etwa gleichkörnige Gesteine bedeutsam werden kann. Über den Eisgarner Granit liegen erst wenige Beobachtungen vor, die aber dennoch die Anwendbarkeit dieses Kriteriums auch für dieses Gestein beweisen: auch den Eisgarner Granit sollten Transformisten nicht auf ihre Liste setzen, sobald sie nicht die Beteiligung einer Schmelze zulassen. — Ganz allgemein hat bisher wohl noch jeder Sachbearbeiter die moldanubischen Granite Österreichs als aus dem Schmelzfluß entstanden angesehen, und es bringen daher meine Beobachtungen nur eine Bestätigung dieser Ansicht; es mag aber auch hinzugefügt werden, daß bisher noch kein einziger extremer Transformist an die petrogenetische Deutung dieser Gesteine herangegangen ist.

Auch aus dem außeralpinen Gebiet Österreichs liegen bisher nur verstreute Beobachtungen über geregelte Einschlußplagioklase vor. So gibt G. Horninger (1935) in Kalifeldspaten des Schärddinger Granits „vielfach kleine, idiomorphe Plagioklase, die in Gruppen zueinander parallel orientiert liegen können“, an.

Etwas ähnliches dürfte L. Waldmann 1949 im Granodiorit der Bohrung Raipoltenbach (Untergrund der Molassezone im außeralpinen Wiener Becken) beobachtet haben (Grill & Waldmann, 1949).

Aus dem niederösterreichischen Waldviertel liegen erst 1950 die nach seinen Angaben ersten Beschreibungen von geregelten Einschlußplagioklasen von E. Nickel, 1950, vor. Er findet in den bis 7 cm großen Kalifeldspaten des Rastenberger Granits von Echsenbach, daß Plagioklasen, aber auch Biotit und Hornblende ausgesprochen geregelt sein können, „daß die

Verwachsungsfläche (010) der eingeschlossenen Plagioklase meist parallel M oder P, zum Teil auch parallel zu den Flächen des aufrechten Prismas liegt. In anderen Fällen ist die Orientierung derartig, daß die (010) der Plagioklase parallel einer Fläche der Zone [102] liegt, ...". Die Größen der eingeschlossenen Plagioklase werden nicht angegeben. Nickel zieht aus der beobachteten Regelung der Einschlußplagioklase zwar keine Konsequenzen, sonst aber „muß im Rastenberger Granit nach der ‚mühelosen‘ Ausbildung der einsprenglingsartigen Kalifeldspate in der Art des dicktafeligen Habitus des Weinsberger Granits zu urteilen, eine magmenartige Konsistenz vorhanden gewesen sein“. An anderer Stelle spricht er von einem „nun  $\pm$  aufgeschmolzenen Gemisch“.

Bis daher war in diesem Kapitel in der Regel nur von einer Einregelung nach der Korngestalt die Rede: die Plagioklase, aber auch die Biotite haben sich mit möglichst großen Flächen an eine glatte Fläche des Kalifeldspats in beliebiger Richtung angelegt und weisen keine auffällige regelmäßige Beziehung zwischen der Lage ihrer Kristallachsen und jenen des Wirtskristalles auf<sup>1)</sup>. Außer oder anstatt dieser Regelung nach der Korngestalt ist aber auch manchmal eine Regel nach dem Kornbau (Sander) zu erkennen. Dies ist bei den Feldspaten grundsätzlich durchaus nichts neues; Maucher hat ein Beispiel dafür aus der Türkei beschrieben.

Beim Weinsberger Granit (Köhler, 1941, 1948/b, Waldmann, 1951) von verschiedenen Orten kann man diese Regel nach dem Kornbau bei den in den Kalifeldspaten eingeschlossenen Plagioklasen gut studieren. In unserem Fall wurde der derzeit aufgelassene Poschacher-Bruch bei Winden nahe Schwertberg, Oberösterreich, gewählt, aus dem übrigens auch die von Maroschek, 1933, publizierte Analyse des Weinsberger Granits stammt.

Der Weinsberger Granit ist hier ein riesenkörniger, porphyrischer Biotitgranit, dessen weiße Kalifeldspate (grobgeitterte Mikroklinperthite) bis zu 1 dm groß werden, meist krumme Zwillingnähte haben und manchmal auch einen reliktschen, oszillatorischen Zonarbau von der auf der S. 84 angegebenen Art aufweisen. Die Fläche (201) ist an Stelle von (101) ausgebildet (vgl. S. 74). Wie Fig. 3 zeigt, liegen nun in den Karlsbader Zwillingen der Kalifeldspate dicktafelige, meist selbst nach dem Karlsbader Gesetz (und Albitgesetz) verzwillingte Einschlußplagioklase meist derartig eingeschlossen, daß gleichzeitig mit der Spaltfläche nach (001) der einen Zwillingshälfte des Wirts auch immer zugleich die (001) von etwa der Hälfte aller Einschlußplagioklase einspiegelt, auch wenn sie im anderen Zwillingshälfter des Wirts liegen. Von einem nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingten Plagioklas spiegelt sonach der linke Teil zugleich mit dem linken Teil des Kalifeldspat-Zwilling auf, der rechte mit dem rechten Teil, oder aber umgekehrt. Das gibt es nur bei gleicher Orientierung der b- und c-Achsen.

<sup>1)</sup> Für alle hier vorgelegten Beobachtungen stand leider kein U-Tisch zur Verfügung. Daher ist es in vielen der hier angegebenen Fällen wahrscheinlich, daß neben der angeführten Regel nach der Korngestalt auch noch eine Regelung nach dem Kornbau, wie bei dem von Maucher, 1943, beschriebenen Fall, auftritt. Für die Lösung der ganz groben Frage, ob das Wachstum im Schmelzfluß oder im Starrgefüge stattfand, genügt jedoch die Feststellung der leicht erfaßbaren und meist vorwiegenden Regel nach der Korngestalt.

Bei genauerer Untersuchung im Dünnschliff erkennt man, daß von der idealen Parallelorientierung der Achsen immer wieder Abweichungen im Ausmaß von einzelnen Graden zu konstatieren sind. Abb. 5 auf Tafel VIII zeigt einen solchen, hier etwa dunkel gestellten Plagioklaszwilling nach dem Karlsbader Gesetz, bei dem die Albitzwillinge und auch die Umrißlinien // (010) um ein paar Grad gegen die grobe Gitterung im umgebenden Mikroklin abweicht. Diese Abweichungen, die Verzwilligung nach dem Karlsbader Gesetz, die idiomorphe Form der Einschlußplagioklase und ihr normaler, wenn auch schwacher Zonarbau sagen uns schon, daß es eher fertige Plagioklaskörner waren, welche eingeschlossen wurden, und keine Entmischungs- oder Verdrängungsbildungen. — Gewisse Stoffwechselvorgänge im Feldspat sind durch die Bildung von „außenkonkavem“ Quarz (Erdmannsdörffer, 1942), und an anderen Stellen durch Füllungs-mikrolithen (Glimmer und wenig Klinoisit) manifestiert.

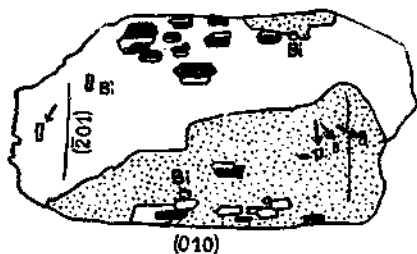


Fig. 3. Einschlußreicher Kalifeldspat (Karlsbader Zwilling)  $\perp$  zur c-Achse gesehen. (Weinsberger Granit von Schwertberg.) — Die (001)-Flächen der achsenparallel geregelten Einschlußplagioklase spiegeln gleichzeitig mit den (001)-Flächen des Wirts ein, u. zw. die schwarz gezeichneten Flächen der Plagioklase zugleich mit dem punktierten Zwillingshälfter des Kalifeldspats, die weißen Plagioklasflächen zugleich mit der weißen Kalifeldspatfläche. — Pfeile bezeichnen vier anders eingewachsene Plagioklase. Bi = Biotit. — Näheres im Text. — Natürliche Größe.

Die achsengeregelten Einschlüsse können an den verschiedensten Flächen des Wirts angewachsen sein und sind sodann umschlossen worden, wobei die Schärfe der Regelung der Plagioklase nach der c-Achse am strengsten zu sein scheint. In zweiter Linie sind auch die b-Achsen gleichgerichtet mit jener des Wirts, während man eigentlich nicht von einer Einregelung nach den a-Achsen sprechen kann. Eine derartige Achsenregelung ist bei der Annahme, daß die Einschlußplagioklase sich in einer Schmelze drehen konnten, recht gut zu verstehen. Hier wirkten anscheinend die c-Achsen ebenso am stärksten orientierend, wie es auch bei der Bildung der Karlsbader Zwillinge aus zwei Einlingen im Schmelzfluß angenommen werden kann<sup>1)</sup>. Wenn aber die c-Achsenrichtung des sich anlegenden Plagioklases

<sup>1)</sup> A. Köhler hat 1947 in seinen Gedanken zur Bildung der Karlsbader Zwillinge beim Kalifeldspat angenommen, daß es durchaus der Fall zu sein scheint, „daß die großen (010) Flächen orientierend auf die gleichen Flächen anderer Einlinge einwirken und imstande sind, sie unter Parallelorientierung der z-Achsen anzulagern“. Weiters schreibt er: „Dieser Gedankengang ist nicht neu. C. Viola (Zeitschrift für Kristallographie, 33, S. 76—81, 1904) hat das gleiche behauptet, und die Möglichkeit einer derartigen Orientierung auch experimentell bestätigt. Vom physikalischen Standpunkt aus ist dieser Vorgang durchaus verständlich, da schon eine reine Adhäsionswirkung ein Aneinanderlegen größerer Flächen bedingt. Es wäre wünschenswert, die Versuche von Viola neuerlich zu wiederholen und die Ergebnisse mehr zu berücksichtigen als dies bisher der Fall war“ (Köhler, 1947, S. 164).

einmal gegenüber des Kalifeldspats festgelegt ist, dann besteht höchstens mehr die Freiheit für die Drehung dieser Plagioklase um diese c-Achse. Bei Drehungen bis  $90^\circ$  spielt auf jeden Fall die b-Achse ein, während für die Gleichrichtung der a-Achse mit jener des Wirts bei beliebiger Ausgangslage in der Hälfte der Fälle Drehungen über  $90^\circ$  um die c-Achse notwendig wären. Für Drehungen über  $90^\circ$  hat aber in diesem Beispiel offenbar die Kraft gefehlt, so daß nur eine Regelung der c- und b-Achsen der Plagioklase // zu denselben des Wirts eintrat. In diesem Beispiel dürfte im übrigen die Adhäsionswirkung der Flächen nicht jene übergeordnete Stellung gegenüber der Gitterkraft besessen haben, wie in dem von Maucher, 1943, beschriebenen Fall, denn ansonsten hätte eine derartige Achsenregelung nicht auch an Stellen stattfinden können, an welchen man durch den reliktschen Zonarbau die ursprüngliche Anlage der (201)-Fläche des Wirts angedeutet findet.

Besonders wichtig ist nun die Größe der so geregelten Einschlußplagioklase. Diese werden nämlich im Vorkommen von Schwertberg bis 11 mm groß! Das aber ist eine sehr beachtliche Größe, wenn wir bedenken, daß solche Plagioklase in fertigem Zustand in einer Schmelze gedreht wurden. Wieviel Schmelze muß denn da zur Zeit des Kalifeldspatwachstums noch vorhanden gewesen sein! — In welchem Zustand war übrigens diese Schmelze? Ich kann mir nicht vorstellen, daß eine derart komplizierte Parallelorientierung in einer turbulenten Flüssigkeit stattfand, eher bei fast vollkommener Ruhe. Vielleicht ist auch auf diesen Ruhezustand zurückzuführen, daß die Plagioklase dieses Beispiels nur einen einfachen, schwachen Zonarbau ohne jegliche Rekurrenzen zeigen und auch der oszillatorische Zonarbau der Kalifeldspate nur ganz schwach erkennbar wird.

Wir kommen damit überhaupt zu einer prinzipiellen Überlegung über die Turbulenz in Schmelzflüssen. Es dürfte sehr wahrscheinlich sein, daß in ganz großen, ruhigen Tiefenkörpern — der Weinsberger Granit besitzt nach den Beschreibungen eigentlich keine Quergriffe, Apophysen u. dgl. — im Inneren kaum eine Bewegung herrscht. In solchen Körpern wird der Zonarbau weitgehend fehlen, und die größeren Kristalle können auf relativ kleinere Körner mit ähnlichem Gitterbau achsenregelnd einwirken, was sicherlich bei der geringen Intensität der Kräfte eine längere Zeit des ruhigen Nebeneinander-Schwebens verlangt. Hier wachsen auch besonders große Kristalle. — Bei oberflächennahen Schmelzen mit immer wiederkehrenden Ausbrüchen ist hingegen auch im Inneren eine große Turbulenz zu erwarten, wobei lokal größere Temperatur- und Konzentrationsunterschiede auftreten, wodurch die Plagioklase entweder gar nicht oder höchstens nach der Korngestalt geregelt an die Kalifeldspate angelegt werden und beide Feldspate einen ausgeprägten Rekurrenzenbau erhalten. Das sind nur die zwei extremen Zustände, die natürlich durch Übergänge verbunden sind. — In Hinsicht auf die verschiedenen Tiefenbereiche des Magmenkörpers, die sich dadurch erschließen, wären übrigens anschließende Trachtstudien an den Feldspaten sehr erwünscht.

Bestimmt wird man auch nach einer Erklärung dieser Achsenregelung der Plagioklaseinschlüsse suchen, welche sich mit der Annahme eines Wachstums des Kalifeldspatwirts durch Verdrängung im festen Gestein vereinen läßt. Dazu möchte ich gleich jetzt folgende Bedenken äußern. Man stelle sich einmal ein Starrgefüge von Plagioklasen (neben anderen

Mineralkörnern) vor, in denen alle jene vom Kalifeldspat verdrängt würden, die eine beliebige Lage einnehmen, und nur jene erhalten bleiben und vom wachsenden Kalifeldspat eingeschlossen würden, die zufällig mit den b- und c-Achsen // zum Kalifeldspat stünden. Dazu ist erstens zu bemerken, daß außer den achsenparallel orientierten Einschlußplagioklasen auch einige nicht geregelte Plagioklase im Kalifeldspat vorkommen, die ebenso groß sind, ebenso idiomorph und auch eventuell nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt; zweitens, daß in einem unregelmäßigen Gestein nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung gar nicht so viele Körner in derselben bestimmten Lage auf einem kleinen Platz vorhanden sein würden, wie auf Fig. 2 orientiert eingeschlossene Plagioklase im Kalifeldspat. Im Falle eines geregelten Gesteins mit geregelt sprossenden Kalifeldspaten wäre zwar die Häufigkeit der Parallelorientierung kein Wunder, aber die Kalifeldspate sind hier eben statistisch unregelmäßig, oder ihre Regelung ist für diese Voraussetzung viel zu locker. — Eine Drehung so großer Plagioklase im festen Gestein stößt aber ebenso auf riesige Schwierigkeiten. — Und wenn wir schließlich von all dem absehen wollen, kommen wir zu der Frage, wie man sich den Anwachszonarbau mit völlig glatten Flächen des idiomorphen Kalifeldspatkristalles (S. 84) bis nahe an die heutige Oberfläche desselben bei Annahme eines Wachstums durch Verdrängung eines starren Korngefüges überhaupt erklären könnte, dessen Körner mehrere Millimeter groß sind.

Ein gleichzeitiges Wachsen der eingeschlossenen Plagioklase mit dem Kalifeldspat ist aber aus etwa denselben Gründen abzulehnen, die schon im Beispiel des Mureckgneises (S. 90) angeführt wurden. Einmal sind die Plagioklase idiomorph, z. B. Karlsbader Zwillinge mit einspringenden Winkeln, etwas ungleich und versetzten Zwillingshälften und sogar mit einer krummen Zwillingnaht. Außerdem sind die Plagioklase schwach, aber doch von ihrem Kern aus zonar gebaut. Ein Beispiel eines solchen in einem Schwertberger Kalifeldspat eingewachsenen Plagioklas-Zwilling ist auf Abb. 5, Tafel VIII, zu sehen, wobei der Kern des Kalifeldspatwirts in der Schlibebene rechts liegt. Man kann nicht annehmen, daß sich hier etwa ein Plagioklaskeim an die Oberfläche des Kalifeldspats angesetzt hat und später, während sich diese Oberfläche nach außen (links) hin verschoben hat, mitgewachsen ist. — Ein nachträgliches Wachstum des gezeigten Plagioklases im fertigen Kalifeldspat kommt schon wegen der soeben beschriebenen Ausbildung, aber auch wegen der Verdrehung gegen den Wirtskristall gar nicht in Frage.

Ich erachte daher die Erklärung der nach den Achsen geregelt in den Kalifeldspaten eingeschlossenen Plagioklase durch Annahme des Anlegens der fertigen Plagioklase in Schmelzfluß an einen wachsenden Kalifeldspat als einzige mögliche Lösung.

Auch im Weinsberger Granit von Neustadt (Bezirk Amstetten, Niederösterreich) sowie von Freistadt, Oberösterreich, erkennt man die Einlagerung mehrerer Millimeter großer Plagioklase in den großen Kalifeldspaten entsprechend der Regel nach dem Kornbau.

Bemerkenswert erscheint hier ein Beispiel aus dem Randgebiet des Weinsberger Granits, schon weil hier kaum geregelte Plagioklaseinschlüsse vorhanden sind. Dies ist nämlich bei Landshaag gegenüber Aschach a. d. Donau (Oberösterreich) der Fall, wo der Weinsberger Granit einen Amphibolit diffus durchdringt, wodurch ein Titanit-Hornblende-

Granitit mit großen roten Kalifeldspaten gebildet wurde (Köhler, 1948/b). Diese Kalifeldspate<sup>1)</sup> sind nun tatsächlich in vielen Fällen völlig mit den umgebenden Körnern verzahnt, wobei die Kalifeldspate offenbar aggressiv waren, und tief in die Umgebung vorgegriffen haben. Die Einschlüsse erscheinen daher meist ebenso unregelmäßig wie die Grundmassenkörner selbst. In manchen Fällen sind jedoch auch hier die Kalifeldspate mit einer krummen Zwillingsnaht ausgestattet, einschlußarm und etwas deutlicher idiomorph, und wenn man längere Zeit sucht, findet man in diesen einschlußarmen Kalifeldspaten die wenigen, 1—2 mm großen tafeligen Plagioklase nach der Korngestalt geregelt eingewachsen. — Sicherlich sind meine bisherigen Untersuchungen in diesem Gebiet noch zu wenig ausgedehnt und auf die Kalifeldspate beschränkt gewesen, aber ich glaube mit folgender petrogenetischer Vorstellung nicht allzuweit fehlzugehen: Ich nehme hier einen Randbereich des schmelzflüssigen Weinsberger Granits an, in dem bei kaum abnehmender Temperatur die Schmelze zur Porenlösung wird, wo also die Granititstehung aus einem flüssigen oder halbflüssigen Zustand von einer Granititstehung in festem Zustand abgelöst wird. Die einzelnen Kalifeldspate sind dabei entsprechend dem Einbau von unregelmäßig und verschieden großen und verschieden gut geregelten Plagioklassen von ihrem Kern aus in einem Milieu gewachsen, weil ein Schalenbau mit einem Nebeneinander von Kennzeichen der verschiedenen Bildungsstadien in ein und demselben Korn noch nicht gefunden wurde. Es kann aber bei gleichbleibendem Aufbau von innen bis außen nicht aus einem großen, amöboiden Kalifeldspat einer mit zuerst kleinem und dann bis 1 cm groß werdenden, zunehmend besser geregelten Einschlußplagioklassen entstanden sein (womit sich ein an der Granitisationsfront gesproßtes Korn schließlich und endlich in ein solches vom Typus Schwertberg umgewandelt hätte). So bleiben uns nur zwei Möglichkeiten: Entweder sind die an einer vorwandelnden Granitisationsfront gebildeten Kalifeldspate weiter im Inneren des Plutons resorbiert und durch völlig andere ersetzt worden — oder die Granitisationsfront ist im Falle des Weinsberger Granits nur eine stationäre Randbildung. — Möglicherweise können nähere, planmäßige Untersuchungen in Zukunft auch da Klarheit schaffen. Schließlich liegen vorbildliche Beschreibungen aus dem Übergangsbereich Magmatisch-Metamorph schon vor, u. zw. besonders von O. H. Erdmannsdörffer.

Aus dem Mauthausener Granit (Maroschek, 1933; Köhler, 1941, 1948/b; Waldmann, 1951) wurde bei einem Feldspatkorn eine Auszählung der geregelten Einschlüsse vorgenommen, wobei gleich anfangs betont werden soll, daß es sich dabei nicht um einen der hier und da zu beobachtenden Fremdlinge handelt, also um einen Feldspat, der offensichtlich nicht zu den normalen Gesteinsgemengteilen gehört, sondern um einen normalen, hell bläulichgrauen und verhältnismäßig klaren Kalifeldspat von 10 × 5 mm Größe. Dieses Korn stammt aus einem Bruch an der Naarntalstraße, etwa 7 km aufwärts von Perg, Oberösterreich. Das dortige Gestein stimmt bei freilüftiger und mikroskopischer Untersuchung mit dem von Maroschek

<sup>1)</sup> Eine Analyse des Kalifeldspats dieser Lokalität wurde von E. Jäger 1953 in einer kurzen Mitteilung über den Chemismus der Mischgesteine von Landshaag vorgelegt (Anzeiger Österr. Akad. Wiss.; math.-naturw. Kl., 1953, Nr. 5). — Über die Entstehungsbedingungen der Kalifeldspate wird dabei nichts ausgesagt.



1933 näher beschriebenen Material des Bettelberg-Bruches in Mauthausen durchaus überein, weshalb hier eine eingehendere petrographische Charakterisierung unterbleiben kann.

Das undeutlich idiomorph umgrenzte Korn mit den Flächen (001), (010), ( $\bar{2}01$ ), (110) und ( $\bar{1}10$ ) zeigt im Schnitt // zu (001) des einen Teiles des Karlsbader Zwillings sehr grobe Mikroklingitterung, aber keine Perthitaderung. Die Zwillingsnaht ist in der ganzen Länge krumm (siehe S. 109). Von den 84 Einschlüssen waren 26 zum Teil chloritisierte Biotite, ein Apatit und der Rest gefüllte Plagioklase. Die Füllung der Einschlußplagioklase ist übrigens stärker als die der freiliegenden, meist sogar ungefüllten Plagioklase. Die im Sinne von Drescher-Kaden schriftgranitischen Quarze wurden weiters nicht beachtet. Von den 83 Plagioklasen und Biotiten waren in diesem Schnitt 30 ohne deutliche Regelung nach der Korngestalt, 25 nach (110) und ( $\bar{1}10$ ) geregelt, 19 nach (010) und 9 nach ( $\bar{2}01$ ) derart geregelt, daß hier nur ein Anlegen der fertigen Einschlüsse an den idiomorph und glattrandig wachsenden Kalifeldspat in Frage kommt, denn auch in diesem Schlift braucht man sich nur einen vom Kern ausgehenden oszillatorischen Schalenbau vorzustellen und die Einschlüsse würden die Schalen niemals queren, sondern ihnen immer angelegt sein. Die Einschlußregelung [die Zwillingsnaht und auch die (201)-Fläche] zeigt uns auch in diesem Fall, daß zumindest eine gewisse Menge heißen Schmelzflusses noch zur Zeit der Kalifeldspatbildung vorhanden war; daß sie während des Wachstums der oszillatorisch zonaren Plagioklase vorgeherrscht hat, daran zweifle ich nicht; denn welches Starrgefüge könnte denn der Plagioklas bei der vorliegenden, völlig glattschaligen Ausbildung der Rekurrenzen verdrängt haben?

Der Eisgarner Granit (Köhler, 1931, 1941; Waldmann, 1951), der als der jüngste und sauerste Granit des Waldviertels bekannt ist, wird speziell in seinen größeren Teilen durch dünntafelige Kalifeldspate gekennzeichnet. In Aalfang (Niederösterreich) macht sich erst im Schlift eine — wenn auch wenig durchgreifende — Regelung der eingeschlossenen Plagioklase und Biotite von höchstens 0.8 mm Länge gegenüber dem Wirt bemerkbar. — Viel deutlicher ist diese Erscheinung im Gebiet um Litschau (Niederösterreich), von welchem Gestein ich durch die Güte von Herrn Prof. Dr. L. Waldmann eine Probe erhalten habe. Darin sind die dünntafeligen Kalifeldspate bis 4 cm groß und in einem Schlift // zu (010), und zugleich durch den Kern eines 25 × 20 mm großen Karlsbader Zwillings war die Anwachsregelung nach der Korngestalt bei den dünntafeligen, bis 4.5 mm (!) Plagioklasen gut erkennbar. Bei diesen Kalifeldspaten ist übrigens auch die Fläche ( $\bar{2}01$ ) voll entwickelt.

Im moldanubischen Gebiet ließen sich nun Kalifeldspate mit regelten Einschlußplagioklasen nicht nur in Graniten nachweisen, sondern auch in einem Gneis mit deutlichem Zeilenbau, nämlich im Spitzer Gneis aus dem mittleren Kamptal. Bei diesem Gestein, dessen Grenzverhältnisse in keiner Weise auf eine auch nur teilweise schmelzflüssige Vergangenheit schließen lassen (Exner 1953/a), ist es sicherlich ein gewisser Fortschritt in der Aufklärung der Petrogenese, wenn man darin Schmelzfluß-Reliktfeldspate konstatieren kann. Wenn dies auch vorerst wegen der schlechten Erhaltung erst bei wenigen Kalifeldspat-Augen dieses Gesteins geglückt ist, so ist damit doch ein Ansatz gegeben, der einerseits bei einer eventuellen späteren petrogenetischen Analyse dieses Gesteins weiterhelfen kann und andererseits wieder zeigt, daß die nähere Beachtung der Einschlußregelung (und des Zonarbaues) in Kalifeldspaten auch in sehr stark ver-

schieferen und rekristallisierten Gesteinen granitischer Zusammensetzung durch Unterscheidung reliktscher und gesproßter Kalifeldspatagen wesentlich zur Enträtselung der Entstehungsgeschichte beitragen kann.

Bezüglich der Geologie und Petrographie des Spitzer Gneises brauche ich nur auf die vortreffliche Beschreibung von Chr. Exner (1953/a) hinweisen, worin die exakten Beobachtungen gegenüber den klar als solche gekennzeichneten, vorsichtigen Deutungen unbedingt den Vorrang haben. Die hier erwähnten Relikt-Kalifeldspate wurden von mir auf einer von Herrn Doz. Dr. Christof Exner in dankenswerter Weise geführten Exkursion aufgesammelt, u. zw. aus dem Haldenmaterial beim östlichen Mundloch vom Westtrum des Triebwasserstollens Dobra-Krumau. Dieses Trum durchörtert nach Karte und Profil Exners nur den Spitzer Gneis. Auf Grund meiner Schriffe möchte ich nun — abgesehen von der Bestätigung vieler Beobachtungen Exners — nur auf die Schmelzfußkennzeichen eingehen, die man erst dann beachtet, wenn man das Auge einmal dafür geöffnet hat und speziell danach sucht.

Nach Exner ist der Spitzer Gneis dieser Lokalität zum Teil als Augengneis entwickelt, wobei die Kalifeldspatagen bis 4 mm lang werden, Leistenform mit xenomorphem Rand und amöbenartigen Fortsetzungen in das umgebende Grundgewebe besitzen. Ich beobachtete daneben auch idiomorphe Körner mit (001) (010) und (201) (!) sowie (110) und (110). Exner verweist schon auf die charakteristische Einwinkelung der Zwillingssnaht und gibt Zonarbau an. Dieser stellte sich nun als oszillatorischer Anwachs-schalenbau mit auf (010) etwa 0.3 mm dicken Einzelschalen heraus, der unter günstigen Umständen die idiomorphen Wachstumsstadien vom Kern bis zur Kornoberfläche sauber abbildet. Die einzelne Zone zeigt normalerweise im Schriff // (001) an der dem Kern abgewandten Seite fast gerade Auslöschung (Orthoklas), während die Auslöschungsschiefe an der dem Kern zugewandten Seite bis etwa 7° erreicht, wo außerdem oft winzige helle Glimmermikrolithen von 0.02 mm Größe eingebaut sind. Eine an vielen Orten und besonders an Verunreinigungen, Fremdeinschlüssen einsetzende Triklinisierung (beginnende Gitterung; vgl. S. 110) verwischt zum Teil diesen Schalenbau. Zahlreiche bis 1.3 mm große und ± idiomorphe Plagioklase, aber auch einige Biotite sind außerdem derartig nach ihrer Korngestalt geregelt in den großen Kalifeldspat eingeschlossen, daß als Begründung der Regelung — entsprechend den auf S. 90 dargelegten Kriterien — nur ein Herandrehen fertiger Plagioklase und Biotite an die jeweiligen Kristallflächen (Anwachflächen) des wachsenden Kalifeldspats im Schmelzfluß in Frage kommt. Das Zahlenverhältnis der geregelten gegenüber den ungeregelten Einschlüssen kommt jenem im vorhin angeführten Beispiel aus dem Mauthausener Granit vom Naarntal (S. 103) am nächsten. — Damit soll nur gesagt sein, daß es im Spitzer Gneis dieser Lokalität prächtige Schmelzfußrelikte gibt. Ein weiteres Rückschließen bezüglich des Schmelzflußanteiles im Gestein wäre ohne weitere gründliche Untersuchung sehr zahlreicher Proben durchaus verfrüht.

Die Kalifeldspate aus dem gangförmig aufdringenden Syenitporphyr von Persenbeug (Limbrock) wurden schon im Zusammenhang mit der Untersuchung des Zonarbaues erwähnt (vgl. S. 79). Bei etwa 10 mm Größe der Kalifeldspate sind die zumindest nach (010), (110) und (110) geregelt eingewachsenen, idiomorphen und nach (010) tafeligen Plagioklase nur bis 0.6 mm lang. Auch hier liegt ein Anlagerungsgefüge mit Regelung nach der Korngestalt vor. Es sei nur am Rande bemerkt, daß jene nach dem Karlsbader Gesetz verzwilligten Einschußplagioklase zum Teil ungleich große Zwillingshälften aufweisen.

An die Plagioklasregelung in Kalifeldspaten des Bittescher Gneises wurde schon gedacht (S. 76). Hier sei von diesem eigentlich schon zum Moravicum gehörenden Gestein nur soviel erwähnt, daß wieder ein Anlagerungsgefüge mit Regelung der Einschlüsse nach ihrer Korngestalt vorliegt, daß jedoch daneben sehr viele unregelmäßige Einschlüsse im Kalifeldspatwirt vorkommen, was ebenso wie der betonte Zonarbau auf einen Schmelzfluß mit starker innerer Bewegung schließen läßt.

Zur Verbreiterung der Erfahrungen wurden u. a. auch Schriffe von 3 außerösterreichischen Syeniten in bezug auf die Regelung der Einschußplagioklase durchgesehen. Im Augit-Syenit von Gröba in Sachsen (Schrift der Fa. Kranz in Bonn) sind z. B. in einem Kalifeldspat von 12 mm Länge bis 0.6 mm große Plagioklase wieder entsprechend einem Anlagerungsgefüge und nach der Korngestalt geregelt eingeschlossen. Außerdem ist die Zwillingssnaht des Karlsbader Zwillinges auffallend krumm und gewinkelt (S. 109). Daneben finden sich Spuren eines oszillatorischen Zonarbaues als Abbild eines idiomorphen Kalifeldspatwachstums mit gerundeten Kanten.

Die diesem durchaus entsprechende Einschlußregelung in den Kalifeldspaten der bekannten Syenite vom Plauenschen Grund (Sachsen) und von Biella (Piemont) wurde schon bei der Beschreibung des Zonarbaues gestreift (S. 80 f.).

Ein Aegirinsyenitporphyr von der Lokalität „Felsentor“ bei Predazzo (N-Italien)<sup>1)</sup> zeigt in den 2 cm großen, dünnförmigen Kalifeldspaten — die nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt sind — eine Regelung der bis 0.7 mm langen Einschlußplagioklasse mit (010) // zu (010) des Kalifeldspatwirts.

Auch im Protogingranit vom Mont Blanc (Weg vom M<sup>er</sup> de glace zum Plateau d'Aiguilles) wurden bis 1.3 mm lange Einschlußplagioklasse // zu (010) des Wirts geregelt gefunden. Sie sind außerdem gefüllt. Der Kalifeldspat zeigt Andeutungen von zonarperthitischem Aufbau.

Man sieht in allen diesen Gesteinen, woher sie auch kommen mögen, überall im Prinzip die gleichen regelmäßigen Kornlagen und die gleiche Größenordnung der Einschlüsse, und dementsprechend können wir auf eine gemeinsame Wurzel der Entstehung schließen, ganz gleichgültig, ob die betreffenden Gesteine heute unmetamorph oder aber verschiefert und metamorph verändert sind.

Gehen wir schließlich zu den österreichischen Alpen zurück, von denen bisher nur die Hohen Tauern Berücksichtigung gefunden haben. Am NO-Sporn der Zentralalpen befindet sich bekanntlich jener zerteilte Granitgneiskomplex, der in seinen verschiedenen Teilen folgende Namen führt: „Mürztaler Granitgneis“ (Stiny), „Wenigzeller Grobgranit“ (Schwinner), „Eselsberggranit (Mohr), „Aspanger Granit“ (Wieseneder). R. Schwinner hat erst jüngst folgendes über diese Granitvorkommen geschrieben (1951/b, S. 93): „... fast alles vom Granit bis zum Hüllschiefer zeigt einheitliche Tracht der Epizone (Grünschieferfazies): Die Raabalpen sind die ‚seichteste‘, eventuell kälteste Gegend, in welcher noch Granitisation beobachtet wird.“ Im Falle Schwinner damit tatsächlich meinen sollte, daß dieser Granit in der Epizone durch Granitisation entstanden sein, dann kann ich mich dem nicht anschließen, wogegen ich es viel eher annehmbar finde, daß er eine Seite vorher trotz allem die Erstarrung desselben Granits aus dem Schmelzfluß fordert. Schmelzfluß und Epizone lassen sich nicht so leicht vereinen!

Was sagen nun die Kalifeldspate über die Geschichte des Gesteins aus?

Abgesehen von vielen makroskopischen Beobachtungen wurden nur drei Stichproben in Schliften näher untersucht. Einmal ein Augenfeldspat aus dem faserigen Grobgnais von Ratten, d. i. im Feistriztal oberhalb Birkfeld (Oststeiermark). Im Schliif // (001) des einen Teiles des Karlsbader Zwillinges sah man die Krümmung der Zwillingnaht (vgl. S. 109) und dann bis 1.4 mm große Plagioklasse und Biotite offensichtlich geregelt eingewachsen. Das Anlagerungsgefüge der Einschlüsse mit gleichzeitiger Regelung nach der Korngestalt zeichnet die Wachstumsstadien von (010), (110) und (110) des Kalifeldspatwirts ab. Damit ist das Wachstum aus einer Schmelze gewährleistet. — Bemerkenswert ist außerdem die starke metamorphe Überprägung der Einschlüsse: Die Einschlußbiotite sind zum Teil unter Erhaltung der äußeren Formen bis zur Hälfte durch Klinozoisitkörner verdrängt, welche bis 0.2 mm groß werden können. Auch in den Einschlußplagioklassen gibt es als Umwandlungsprodukte (Füllung) Klinozoisitbesen und Klinozoisitkristalle (bis 0.12 mm lang), sowie Hellglimmer (bis etwa 0.1 mm Durchmesser), und schließlich auch einzelne Granate derselben Größe. Der Perthit ist in der Hauptsache mit Klinozoisit unter 0.015 mm in etwa derselben Weise wie in den Zentralgneisen der Sulzbachungen (Hohe Tauern) gefüllt. Die Fülle ist nicht scharf auf die Perthitadern beschränkt. Wie in einem anderen Kapitel später abgeleitet wird, sind diese Füllungserscheinungen nachperthitisch entstanden und u. a. Anzeichen eines früher höheren Ca-Gehaltes der Plagioklasse, welcher wieder einen Rückschluß auf die höheren Ausgangstemperaturen erlaubt (vgl. S. 119 f.).

<sup>1)</sup> Eine Probe davon verdanke ich meinem Freund Dr. Herwig Holzer; derzeit Ankara.

Aus dem Aspanger Granit (Wieseneder, 1931) wurden besonders frische Proben geschliffen, die aus dem tertiären Blockschutt beim Bahnhof Mönchkirchen (Niederösterreich) stammen. Hier ist die Regel nach der Korngestalt bei den Einschlußplagioklassen deutlich zu erkennen, besonders // zu (010) des Wirts. In den bis 30 mm großen Kalifeldspaten, die zum Teil kompliziert verzwilligt sind, werden die geregelten Plagioklasse zum Teil über 1 mm groß. Auch beim Kaiserbauer in Schäßfern ist prinzipiell dieselbe Einschlußregelung zu erkennen, sowie postmikrokline Füllung der Feldspate (Frasl, 1953/c). Hier zeigen die Einschlußplagioklasse zum Teil einen noch viel basischeren Kern.

In diesem Zusammenhang sei gleich auf weitere Eigenschaften dieser Granite und Gneise hingewiesen. J. Stiny beschrieb schon 1914 neben dem normalen, weißen Kalifeldspat aus dem Mürztaler Granitgneis von Krieglach (Massinggraben) und vom Stollinggraben bei St. Lorenzen im Mürztal fleischroten Kalifeldspat. Im Jahr 1950 fand ich des weiteren im Eselsberggranit zwischen Kirchberg am Wechsel und Feistritz als Seltenheit einige große Mikroklinperthite von rosa Farbe, wodurch man auf ein vermutlich größeres Verbreitungsgebiet schließen kann. Diese Färbung weist, wie auf S. 122 näher erklärt werden soll, auf primär ins Kalifeldspatgitter eingebautes Eisen hin, also auf ein Wachstum in einer höheren Mineralfazies. Die relativ seltene, reliktsch erhaltene Rotfärbung ist wohl am ehesten am Rand des postgranitischen (alpidischen) Metamorphosebereiches der Albitepidotamphibolit- oder Grünschieferfazies erhalten geblieben. Dort war dann die Metamorphose anscheinend zu schwach oder zu kurz wirksam, um das Fe in andere Silikate einzubauen. — An eine höher temperierte Vergangenheit dieses Gesteins erinnert außerdem die Ausbildung der (201)-Fläche, die sich im unregelmäßigen Überlappen der Hälften von Karlsbader Zwillingen bemerkbar macht (Vgl. S. 109) und auch dort noch recht allgemein zu finden ist, wo die Kalifeldspate weiß sind. Besonders gestützt wird jedoch die Annahme der höher temperierten Entstehungsbedingungen des Mürztaler Grobgnaises und seiner Äquivalente außerdem durch eine Angabe von J. Stiny, daß bei den Plagioklassen neben dem vorherrschenden (gefüllten) Albit auch „Mischungsprodukte gegen Oligoklas und Oligoklas-Andesin hin“ auftreten, die ihre Bildung bestimmt einer wärmeren als der Grünschieferfazies verdanken, die R. Schwinner (siehe oben) als für die Granitisation bezeichnende Fazies angesehen hat.

Die weite Verbreitung von Kalifeldspaten, die wegen der Füllungserscheinungen (Frasl, 1953) ebenso auf eine hochtemperierte Wachstumsphase hinweisen<sup>1)</sup>, läßt es nun weit wahrscheinlicher erscheinen, daß die Masse des Mürztaler-Aspanger Granitgneises früher ein Granit war, dessen Hauptkristallisation aus der Schmelze in die Amphibolitfazies oder in eine noch heißere Fazies zu stellen ist, und daß erst nachher eine fast lückenlose Umwandlung in einen der Albitepidotamphibolitfazies bis Grünschieferfazies (Epizone) angepaßten Mineralbestand erfolgte. Auch beim Mürztaler-Aspanger Granitgneis und in dessen Umgebung kann man also eine Trennung in zumindest eine alte und eine junge Kristallisationsphase durchführen und damit eine Parallele zu dem von P. Bearth 1952 im Monte Rosa-Gebiet demonstrierten Beispiel schaffen.

Auch der Hundsheimer Granit (P. Richarz), der schon mehr zu den Karpathen gehört, schließt sich der übrigen Masse der österreichischen Granite in bezug auf das Anlagerungsgefüge der Plagioklasseinschlüsse in Kalifeldspaten an. Im vorliegenden Schliff ist nämlich der Randbereich eines mindestens 1 cm großen Kalifeldspats gerade derartig erhalten, daß man eine sehr strenge Regelung der Einschlußplagioklasse mit (010) // (001) des Wirts erkennt. Die dicktafeligen Einschlüsse sind hier im Durchschnitt 0.7 mm lang. Da sie noch dazu stark mit Klinozoisit gefüllt sind (Frasl, 1953) und auch

<sup>1)</sup> Es soll hier nur an die mikroskopische Charakteristik des „Wenigzeller Granits“ von R. Schwinner (1932) erinnert werden, worin schon angegeben wird, daß die im Kalifeldspat eingeschlossenen, idiomorphen Plagioklasse gefüllt sind, und daß im Kalifeldspat auch „spärlich, aber nie fehlend und mit einiger Regelmäßigkeit orientiert Glimmerschüppchen (0.002—0.01 mm)“ auftreten. Eine genaue mineralogenetische Deutung dieser Erscheinungen wurde jedoch nicht versucht. — Auch Schwinner war sich übrigens der Zusammengehörigkeit des Wenigzeller und Mürztaler-Aspanger Granits voll bewußt.

der Kalifeldspat Füllungserscheinungen zeigt, ist das Bild völlig abgerundet und man kann auch hier auf eine heiße schmelzflüssige Entstehungsphase schließen, der eine epimetamorphe Phase gefolgt ist.

Das Hasentalporphyroid wurde von H. P. Cornelius 1938 beschrieben, u. zw. aus dem Gebiet südlich von Steinhaus am Semmering (Steiermark). Es liegt im selben tektonischen Komplex wie die Mürztaler-Aspanger Granitgneise und hat daher auch ungefähr entsprechende Füllungserscheinungen in seinen Feldspaten. Die Regelung der Einschlüsse ist in einigen der idiomorphen Kalifeldspate des Originalfundpunkts recht gut, und Einschlußplagioklase bis 1.5 mm Länge sowie Biotite mit 1 mm Durchmesser sind mit ihrer größten Fläche // zu (010) des Kalifeldspats eingewachsen; in anderen Fällen sind speziell die kleinsten Einschlußplagioklase scheinbar regellos eingeschlossen. Bei den Kalifeldspaten ist die  $(\bar{2}01)$ -Fläche ausgezeichnet entwickelt und daher auch die Zwillingnaht bei den einander übergreifenden Karlsbader Zwillingen vielfach gekrümmt und abgewinkelt.

Das Hasentalporphyroid ist für uns deshalb beachtenswert, weil in Österreich Ergußgesteinsabkömmlinge mit großen Kalifeldspat-Einsprenglingen sehr selten sind, und weil man an diesem Beispiel wieder sehen kann, daß in der Hauptsache nur die morphologischen Erscheinungen heute noch die Abkunft aus einer Schmelze bezeugen, während alles andere — die Optik, die Perthitentmischung und die Füllung der Feldspate, die Myrmekitisierung (Cornelius), sowie die Serizitbildung in dem verschieferten Grundgewebe — am ehesten die Metamorphosebedingungen charakterisiert, aber mit Ausnahme der Feldspatfüllung kaum Anhaltspunkte für die Identifizierung des Ausgangsmaterials liefert.

Während uns das Vorkommen von regelten Einschlußplagioklasen in den idiomorphen, rötlichen Kalifeldspaten des Hornblende-Granitits von Eisenkappel (Dinariden, S-Kärnten) nicht weiter zu wundern braucht — hier hat meines Wissens noch niemand an der schmelzflüssigen Vergangenheit gezweifelt —, ist es in Augengneisen der Silvretta im Grenzgebiet von Tirol—Vorarlberg und der Schweiz höchst bemerkenswert. Diese Augengneise lassen sonst kaum einen Rückschluß auf das vor-metamorphe Ausgangsmaterial zu. Hier sind Augen bis 1 dm Größe keine Seltenheit. Untersucht wurden Augengneise zwischen dem Vermunt-Stausee und dem Silvretta-Stausee im obersten Illtal und besonders solche von der Grenzscharte östlich des Piz Buin. Dort sind die wenigen, bis 2 mm großen Einschlußplagioklase oft mit (010) // zu (010) des Kalifeldspatwirts geregelt. Der Kalifeldspat zeigt außerdem oft krumme Zwillingnähte und schwache Füllungserscheinungen (Frasi, 1953). Er ist meist ein grober Aderperthit, der eine scharfe Mikroklingitterung aufweist und auch eine Neigung zur Ausbildung von einfachem Mikroklin besitzt (S. 111; Abb. 6, Tafel VIII). Wie schon die Bildung von einfachem Mikroklin neben anderen Erscheinungen (wie z. B. verbogene Spaltflächen) besagt, liegt hier ein stärkst strapazierter Kalifeldspat vor, und man kann es als großen Erfolg der hier aufgezeigten, einfachen Betrachtungsmethoden bezeichnen, daß die wenigen Einschlußplagioklase einiger Kalifeldspat-Augen schon die Annahme eines zumindest teilweise schmelzflüssigen Ausgangsmaterials erlauben, welches dann vielleicht ähnlich wie der Weinsberger Granit ausgesehen haben mag und erst nachträglich verschiefert wurde. — So wie bei dieser dürftigen Entwicklung der Erscheinung erst

ein planmäßiges, längeres Suchen einige Kalifeldspate mit deutlichen Einschlußplagioklassen ans Licht brachte, so wird man auch andere Augengneise in Zukunft genauest auf geregelte Plagioklaseinschlüsse absuchen müssen, um gerade bei stärkstem Schiefergefüge noch Schlüsse auf das Ausgangsstadium ziehen zu können. Wäre nämlich die Bedeutung der Regelung der Einschlußplagioklase nicht schon vorher aus vielen Beobachtungen in anderen Granit- und Gneismassen bekannt gewesen, die wenigen Stücke der Einschlußplagioklase wären gar nicht extra gesucht und daher auch nicht gefunden worden.

Überblickt man die Regelungserscheinungen bei Einschlußplagioklassen in Kalifeldspaten, dann kann man zwei Regelungsprinzipien unterscheiden: 1. die Regelung nach der Korngestalt und 2. die Regelung nach dem Kornbau (Sander). In allen Fällen ließ sich die Regelung mit den Prinzipien des Anlagerungsgefüges vereinen, so daß man allgemein eine geregelte Anlagerung fertiger Plagioklase an einem mit glatter, idiomorpher Oberfläche wachsenden Kalifeldspat und deren nachherigen Einschluß in den Kalifeldspat als Gestaltungsvorgang annehmen kann. In den angeführten Gesteinen werden die geregelten Einschlußplagioklase bis 11 *mm* lang (Weinsberger Granit; S. 98); meist sind sie jedoch um 1 *mm* groß, in Porphyrraniten ebenso wie in entsprechenden Ergußgesteinen, und in den aus beiden hervorgegangenen kristallinen Schiefen. Gesteine syenitischer Zusammensetzung lassen genau dasselbe erkennen. Im allgemeinen kann man auf Grund der Größe der geregelten Einschlußplagioklase, die unbedingt vor ihrer Anlagerung eine Drehung erfahren haben müssen, erkennen, wie groß das Mindestausmaß der schmelzflüssigen Phase im Gestein zur Zeit des Kalifeldspatswachstums war. Man kann aber annehmen, daß in der Regel ein viel größerer Anteil des Gesteines flüssig war, da ja auch echte Ergußgesteine nur millimetergroße und dabei geregelte Einschlußplagioklase führen. Auf Grund der Strenge der Einschlußregelung läßt sich überdies ersehen, in welchem Bewegungszustand der Schmelzfluß sich zur Zeit der Kalifeldspatkristallisation befand: unter optimaler Ruhe können sich bis 1 *cm* große Plagioklase hauptsächlich achsenparallel anlegen, bei zunehmender Turbulenz der Schmelze wird diese Regelung durch die einfachere Regel nach der Korngestalt ersetzt, es werden weniger Einschlüsse geregelt, und schließlich erfahren die Einschlüsse überhaupt keine Regelung mehr. Mit der Unruhe im Schmelzfluß nimmt wohl in der Regel auch der oszillierende Zonarbau beider Feldspate zu.

Die Gründe für diese Anschauung wurden in der Hauptsache in den vorzüglichen Beispielen aus dem Augengneis vom Mureck (S. 88) und dem Weinsberger Granit (S. 98) vorgelegt.

Die Regelung der Einschlußplagioklase ist das wichtigste, weil am besten nachprüfbar und bei der Metamorphose widerstandsfähigste Anzeichen für die Entstehung der betreffenden Kalifeldspate aus einer Schmelze.

### Die Verzwilligung

ist in vielen Fällen abhängig von der Kristalltracht der Einzelkristalle, besonders bei der Zwillingsbildung nach dem Karlsbader Gesetz, das hier als einziges besprochen werden soll. Diesbezüglich hat A. Köhler in der

Nachfolge von H. Tertsch (1936) den Zusammenhang zwischen Ausbildung und Wachstumsbedingungen folgendermaßen klargestellt (Köhler, 1948): „Bei diesem Zwilling ist auf die Art der Verwachsung zu achten; ist sie bei größeren Kristallen infolge des Übergreifens der  $y$  über  $P$  des benachbarten Individuums unregelmäßig, so ist das Wachstum offenbar in heißen Schmelzflüssen erfolgt. Bei pegmatitischen Kalifeldspaten ist die Zwillingsgrenze haarscharf die  $M$ , da die übergreifende  $y$ -Fläche fehlt.“

Da der Verlauf der Zwillingnaht meist schon mit freiem Auge auf den Handstücken, also gleich bei der geologischen Felduntersuchung erkannt werden kann, gehört sie ebenso wie die Tracht zu jenen Eigenschaften, denen der kartierende Geologe in Zukunft mehr Beachtung schenken sollte. Der Verlauf der Verwachsungsgrenze kann zwar vorläufig, solange darüber nicht viel mehr Beobachtungsmaterial vorliegt, nur als ein erster Anhaltspunkt für die Unterscheidung von schmelzflüssiger oder metasomatischer Entstehung des Feldspatkorns und damit auch des Gesteins gewertet werden. Im Verein mit anderen feineren Beobachtungen aber, wie besonders der soeben beschriebenen Regelung der Einschlußplagioklase, die allerdings manchmal erst mikroskopisch erkennbar ist, ist sie geeignet, das Bild abzurunden, die Diagnose zu bekräftigen und den Bereich gleicher Wachstumsbedingungen im Felde fürs erste abgrenzen zu helfen.

Bei meinen seit 1948 auf dieses Merkmal gerichteten Beobachtungen in den verschiedensten hiehergehörigen Gesteinen ist mir kein Fall untergekommen, der gegen die von Köhler aufgezeigte Regelmäßigkeit verstoßen würde; und bei etlichen Gesteinen, deren Genese von mehreren Autoren verschieden, magmatisch oder petroblastisch gedeutet wurde, fanden sich, falls eine Überlappung der Zwillingshälften auftrat, auch immer noch andere Eigenschaften, die zwar vielfach erst unter dem Mikroskop erkennbar waren, aber doch in allen Fällen auf die Mitwirkung einer gewissen Menge heißen Schmelzflusses hinwiesen. — Hier seien als solche Beispiele von Gesteinen, bei denen ich die übergreifende Verwachsung der nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingten Kalifeldspate beobachtete, genannt: in der Böhmisches Masse in erster Linie der Weinsberger Granit von Schwertberg, in gewissen Teilen jener von Landshaag ober Linz an der Donau, von Ellingberg bei Neustadt und von Freistadt; dann der Rastenberger Granit von Ottenstein am Kamp (Niederösterreich), dieser übrigens auch in jenen Kalifeldspateinsprenglingen, die in basischen Schollen eingebettet sind; der Rastenberger Granit von Echtsenbach; schließlich der Eisgarner Granit von Aalfang. Vom NO-Sporn der Zentralalpen seien genannt: der Aspanger Granit (über dem Hießbergstunnel, bei Feistritz und bei Mönichkirchen) sowie der Mürztaler Granitgneis. Zum selben tektonischen Bereich gehört auch das Hasentalporphyroid von Steinhaus am Semmering. In den Hohen Tauern wurden solche Verwachsungen im Porphyroidgneis und Porphyrganitgneis vom O-Ende der nördlichen Sulzbachzunge und in einem Porphyroidgneis am N-Rand der Habachzunge (Habachtal; Brücke 1107 m, und Zwölfer; Frasl, 1953) gefunden. Außerdem im Porphyrganitgneis der Habachzunge nördlich vom Foiskar Kogel (Untersulzbachtal), im Knappenwandgneis am N-Rand der südlichen Sulzbachzunge und im Gneis vom O-Ende des Ahorn Kernes (Wimmertal, Gerlosgebiet); im Granitgneis des Granatspitz Kernes (Material der Sammlung H. Holzer), im Porphyrganitgneis des Sonnblick Kernes (Zirmseekar, gegenüber Schloß

Groppenstein, und beim Krumlkees) und schließlich in gar nicht so geringer Zahl im Porphyrygranitgneis des Hochalm Kernes (Großellendkees), des Ankogel Kernes (Tauernunnel-S-Portal) und Riesenaugengneis des Radhausberg-Unterbaustollens bei Gastein. In dem nach Kober zum ostalpinen Altkristallin gerechneten Augengneisen von Umhausen im Ötztal, von Groß-Rasen im Antholzer Tal und vom Vermunt-Stausee bei Parthenen in der Silvretta-Gruppe wurden die übergreifenden Verwachsungen der Kalifeldspatzwillinge ebenso beobachtet. — In diesem Zusammenhang gebe ich gerne zu, daß diese Erscheinung aus vielen dieser Gesteine schon längst bekannt ist. Mir ging es dabei auch nicht um die erste Entdeckung neuer Vorkommen, sondern nur um einen ungefähren Überblick über die Weite der räumlichen Verteilung dieser Erscheinung, sowie über die Regelmäßigkeit einer Koppelung mit anderen petrogenetisch auswertbaren Merkmalen.

Daß auf einer Gesteinsbruchfläche neben Querschnitten mit einer unregelmäßig verlaufenden, auch hakig verwinkelten Zwillingsnaht auch solche Individuen zu sehen sind, deren Zwillingsnaht völlig gerade verläuft, ist noch lange kein Beweis für ein Nebeneinandervorkommen von Kalifeldspaten verschiedener Bildungsart. Dieselben krummen und geraden Nähte kann man nämlich auch in sicheren Ergußgesteinen nebeneinander finden, es kommt hier wie dort ja nur darauf an, wo die einzelnen Feldspatzwillinge in jedem Falle geschnitten sind: entweder bei den Enden, wo sich Überlappungen auszubilden pflegen, oder mehr in der Mitte, etwa senkrecht zur c-Achse.

### Die optische Orientierung — Die Perthitisierung

Zur Erkennung der optischen Orientierung ist es bei den oft beschränkten technischen Hilfsmitteln des kartierenden Geologen wohl am einfachsten, die großen Kalifeldspate möglichst // zu den ohnehin besten Spaltflächen nach (001) zu schleifen. In Schliften // (001) sieht man ja bekanntlich die Mikroklingitterung am besten, und die Auslöschungsschiefe auf dieser Fläche ist bestimmend für die Unterscheidung zwischen Orthoklas (+ Sanidin und Adular), triklinisiertem Orthoklas und Mikroklin. Der Begriff „triklinisierter Orthoklas“ wurde von G. M. Paraskevopoulos (1953) übernommen, da jene dieser Bezeichnung entsprechenden Typen sehr oft in den hier untersuchten, orientierten Schliften zu finden waren. Er versteht darunter Wesentlich-Kalifeldspate, deren Auslöschungsschiefe auf (001) zwischen der Geraden des Orthoklases und der etwa 15—20° betragenden des Mikroklin liegt, die weiters eine ganz feine oder gar keine Gitterung erkennen lassen, und in denen die Auslöschungsschiefe auf (001) variiert und bis auf 0° herunter geht. Der „triklinisierte Orthoklas“ entspricht etwa dem „flauen Mikroklin“ von F. Becke, ist aber unter anderem röntgenographisch besser untermauert. Er bildet das natürliche Bindeglied zwischen Orthoklas und Mikroklin, wobei die Triklinisierung des Orthoklases ein nachträglicher Akt zu sein scheint, der langsam verläuft und bis zur Mikroklinisierung führt (Paraskevopoulos). Schließlich ist auch nach F. Laves (1950) die gitterartige Struktur der typischen Mikrokline nicht primär, sondern nur dadurch entstanden, daß ursprünglich im gesamten monokline Symmetrie vorlag (Paraskevopoulos).



Nach eigenen Beobachtungen stellt des weiteren der einfache Mikroklin — der zumindest über größere Felder eine einheitliche Auslöschungsschiefe von 15 bis 20° auf (001) und höchstens wenige in Zwillingstellung befindliche, anders auslöschende Lamellen oder Felder besitzt und im Idealfall ganz einheitlich auslöscht — bei den hier untersuchten großen Kalifeldspaten einen Höhepunkt der Umwandlung aus einem monoklinen Ausgangsfeldspat war. Seine Entstehung aus letzterem ist hier am besten durch einen Ausgleich von Spannungszuständen vermittelt radikal durchgreifender Rekristallisation zu erklären. Diese Rekristallisation scheint überdies öfters mit einer chemischen Reinigung zusammenzuhängen, wobei die im Orthoklas meist anzutreffende Trübung ganz verschwindet und die einfachen Mikrokline unter dem Mikroskop, aber auch bei der Betrachtung mit freiem Auge in sehr vielen Fällen auffallend klar aussehen. Der Zonarbau ist bei ihnen in der Regel schon völlig ausgelöscht; am ehesten können noch geregelte Plagioklaseinschlüsse auf zumindest teilweise schmelzflüssige Ausgangszustände hinweisen. Dies ist z. B. in den Augengneisen der Silvetta-Gruppe vom Vermunt-Stausee und östlich vom Piz Buin der Fall (vgl. S. 107), wo auch die oft zu beobachtenden krummen Verwachsungsflächen, wie im vergangenen Kapitel dargestellt, als reliktsche Anzeichen schmelzflüssiger Herkunft anzusehen sind.

Die vorgelegte Deutung der einheitlich schief auslöschenden, einfachen Mikrokline schließt sich in der Hauptsache an Erfahrungen und Ideen A. Köhlers (1948, S. 58) über die völlige Umkristallisation von feinkörnigen Granitgneisen bei niedriger Temperatur an. Nach Köhler tritt nämlich bei sehr starker Durchbewegung und vollkommener kristalloblastischer Erneuerung des Feldspats eines Granitgneises bei mäßigen Temperaturen der oberen Zonen die perthitische Entmischung nur scheinbar zurück: In Wirklichkeit würde sich die Albitsubstanz nach Tunlichkeit ganz vom Kalifeldspat trennen und die Tendenz zur Ausbildung getrennter Kornaggregate bestehen, „wobei die Gitterung des Mikroklin die verschwommene Struktur verliert und gröber wird — kleinere Körner sind augenscheinlich überhaupt sogenannte einfache Mikrokline — ...“. Die somit von Köhler angenommene Austreibung der Albitsubstanz ist sicherlich auch für die großen, augenbildenden einfachen Mikrokline anwendbar.

E. Mäkinen (1912) und P. Eskola (1951) kamen bezüglich der einfachen Mikrokline zu einer anderen genetischen Auffassung. Mäkinen und Eskola sehen den unverzwilligten Mikroklin als primäre Phase der Kalifeldspate der Gneise und Pegmatite an und glauben, daß sich die stellenweise ansetzende Mikroklingitterung hierin ebenso sekundär entwickelt hat, wie im primären Orthoklas anderer Gesteine. Dieser Auffassung kann ich mich für die unten angeführten Beispiele aus dem österreichischen Raum schon deshalb nicht anschließen, weil die einfachen Mikrokline hier besonders an solchen Stellen vorkommen, die auch aus anderen Gründen auf eine starke Durchbewegung oder Pressung nach der Entstehung der Kalifeldspate schließen lassen, wie z. B. in den Granitgneisanteilen der stark laminierten „Modereck—Rote Wand-Gneisdecke“ (s. u.), aber nur ausnahmsweise in den unverschieferten Graniten des Waldviertels. In letzteren aber bilden sie am ehesten Randteile von großen Kalifeldspaten, u. zw. besonders an jenen Stellen, wo anschließend

die scharfe Gitterung durch eine mechanische Störung etwas verbogen erscheint.

Das Auftreten von einfachem Mikroklin neben normalem, scharf gegittertem Mikroklin, wurde an verschiedenen Punkten Österreichs erkannt, insbesondere in jenen Gesteinen, die nach Kober zum ostalpinen Altkristallin gezählt werden (Augengneis der Silvretta-Gruppe; von Umhausen im Ötztal; von Groß-Rasen im Antholzer-Tal, N-Italien). Aus dem Pegmatit im Seebacher Granit von Markogel bei Villach wurde er bereits von Angel-Clar-Meixner 1953 angegeben. Er tritt aber auch im Pennin auf, so z. B. im Granitgneis der „Modereck—Rote Wand-Gneisdecke“ beim Fleißtal-Eingang, Heiligenblut; sowie in einer tektonisch stärkst strapazierten Granitgneislamelle auf den Weixelbachalmen bei Fusch an der Glocknerstraße (Frasl, 1953/b). Einheitlich schiefe Auslöschung zeigte auch z. B. eine randliche Partie eines großen, ansonsten grob gegitterten Kalifeldspats aus dem Weinsberger Granit von Schwertberg (Oberösterreich). — Die schönsten Beispiele unter diesen Proben stammen vom erstgenannten Fundort (Abb. 6, Tafel VIII).

Aus dem spärlichen, daraufhin durchgesehenen ausländischen Material wurde schön ausgebildeter einfacher Mikroklin nur im Albulagranit von Preda (Oberengadin, Schweiz) gefunden. Herr Kollege Dr. W. Medwenitsch hatte die Güte, mir eine Probe von diesem Material abzutreten.

Das Maß der Triklinisierung ist, nachdem wir dieselbe als sekundär ansehen, ein Maßstab für den Unterschied der ptx-Umstände zwischen Ausgangs- und Endzustand des Kristallisationsablaufes, sowie für die Intensität der Metamorphose, welche das Gestein durchlaufen hat. Soviel ist ganz sicher: das Vorhandensein trikliner Optik kann den aus der Beobachtung von z. B. oszillierendem Zonarbau und der Einschlußregelung eventuell sich ergebenden Nachweis des Wachstums des betreffenden Kalifeldspats in einer Schmelze niemals aufheben.

Die Perthitabildung, die in den hier untersuchten Wesentlich-Kalifeldspaten immer wieder in variabler Stärke und Art auftritt, wird in allen Fällen mit A. Köhler (1928) als sekundäres Produkt, als Entmischungserscheinung aufgefaßt. Wenn diese Erklärung auch sicherlich nicht in jedem Fall beweisbar war, so hat man doch in gewissen Fällen gute Anhaltspunkte dafür. So ist z. B. auf der Abb. 4, Tafel VIII, gut erkennbar, daß die Perthitadern mit Annäherung an die // (010) geregelten Einschlußplagioklase schwächer werden und dann vor Erreichung der Plagioklase überhaupt aussetzen; die Bildung der Perthitadern ist also offensichtlich u. a. von der Entfernung von den Einschlußplagioklassen abhängig; d. h. aber, daß der Kalifeldspat mit den eingeschlossenen Plagioklassen schon praktisch in der vollen Größe vorgelegen haben muß, bevor die perthitische Aderung erfolgte. Man kann sich nämlich kaum vorstellen, daß ein unter gleichzeitiger Ausscheidung der Perthitadern wachsender Wesentlich-Kalifeldspat — ein solches Wachstum nehmen z. B. Perrin & Roubolt an — schon im vorhinein auf die sich später außen irgendwo anlegenden Plagioklase durch vorheriges Abstellen der Aderbildung reagiert. Daß aber die Einschlußplagioklase sich in fertigem Zustand an die jeweiligen Wachstumsflächen des Wesentlich-Feldspats angesetzt haben und von

diesem umwachsen wurden, kann man nach der Erkennung der vorzüglichen Regelung der Einschlüsse nach der Korngestalt // zu allen Flächen des Kalifeldspatkornes [(001), (010), ( $\bar{2}$ 01), (110), (1 $\bar{1}$ 0)] und des reliktsch angedeuteten Zonarbaues mit gutem Gewissen annehmen. Das in der Nähe der Plagioklase ausgesparte Adermaterial, nämlich die Albitsubstanz, dürfte sich am ehesten bei dem allgemeinen Umstehen der Feldspate — also nachträglich — an die Plagioklaseinschlüsse angelagert haben und nun den z. B. bei A deutlich sichtbaren klaren, ungefüllten Rand derselben Plagioklase bilden. Die Lamellierung der Grundplagioklase war dabei wahrscheinlich ausschlaggebend für die lokale Gitterorientierung in den Anwachsrandern, so daß die Lamellen des Grundplagioklases in den ungefüllten Anwachsrand hinein durchlaufen. Zu ähnlichen Ergebnissen bezüglich der Bildung der klaren Randzone kam auch O. F. Tuttle, 1952.

Ein anderes Beispiel des Aufhörens der Perthitadern in der Nähe von Einschlußplagioklase sei deshalb erwähnt, weil in diesem Fall das Absetzen der Aderbildung und die Bildung von klaren, sauberen Rändern von der gleichen Dicke, die sonst die Adern erreichen (0.1 mm), um die Einschlußplagioklase noch viel eindrucksvoller ausgebildet ist; hier ist jedoch die Regelung der Plagioklase etwas weniger straff. Diese Probe stammt aus dem Eisgarner Granit von Litschau (vgl. S. 103) im niederösterreichischen Waldviertel, während die erstgenannte, und auf Abb. 4, Tafel VIII, gezeigte Probe dem Augengneis vom östlichen Ausläufer des Sonnblick Kernes (Hohe Tauern) entnommen ist. Schon daraus sieht man, daß dieser Nachweis der Perthitmischung in heute ganz verschieden aussehenden und auch tektonisch ganz getrennten Großeinheiten angehörnden Gesteinen möglich ist.

Bei der Frage nach der Bildung der Perthite sollte man außerdem noch zwei Umstände nicht außer acht lassen:

1. Das Zusammenvorkommen der Perthitverwachsung mit solchen Wachstumsanzeichen an ein und demselben Kalifeldspatkorn, die — wie z. B. die Regelung der Einschlußplagioklase — eine Entstehung aus dem Schmelzfluß und bei hoher Temperatur voraussetzen. In diesem Falle kann die perthitische Aderung unter keinen Umständen mehr als ein Hinweis auf ein gleichzeitiges Sprossen von Kalifeldspat und Natronfeldspat in inniger Verwachsung bei niedriger Temperatur gedeutet werden — denn damit ließe sich die Herandrehung der geregelten Einschlüsse an die idiomorphen Wachstumsflächen niemals vereinigen —, sondern nur als Anzeichen einer metamorphen Überprägung an einem alten Schmelzflußfeldspat. Diese Überprägung resultiert aus der Anpassung an kältere Umweltsbedingungen (bei denen außerdem das Natrium zum Teil auch erst nachträglich in das Feldspatgroßkorn eingewandert sein kann).

2. Dieselbe mindestens zweiphasige Ableitung der Feldspatentstehung gibt es auch für jene oszillatorische Zonarperthite, bei denen sich auf Grund der Eigenart des Aufbaues der einzelnen natronreichen Rekurrenzen ein amöboides Sprossen entlang von Korngrenzen in fester Umgebung abschließen läßt und ein Wachstum in einer schmelzflüssigen Umgebung anzunehmen ist, wie schon am Beispiel der Zonarperthite gezeigt wurde (S. 81 ff.). Auch da kann die Existenz der Perthitverwachsung nur auf eine Entmischung zurückzuführen sein.

### Der Achsenwinkel

ist nicht in allen Fällen für die Wachstumsbedingungen von Kalifeldspat-Großkörnern charakteristisch. Er ist es jedenfalls dann, wenn er klein ist. Dann liegt ja erfahrungsgemäß eine höher temperierte Form vor. Es liegt aber klar auf der Hand, daß der Achsenwinkel sich verändert, sobald ein derartiger, ursprünglich hochtemperierter und homogener Wesentlich-Kalifeldspat zum Perthit entmischt wird oder das zuerst isomorph eingebaute Na (Ca, Ba, Fe) völlig aus dem Korn ausgetrieben wird, also der Feinbau sich ändert. Daher ist ein großer Achsenwinkel nur ein Anzeiger für die Umweltsbedingungen während der letzten, den Gitterbau noch beeinflussenden Phase, und es ist ganz gleichgültig, ob das Korn z. B. aus dem Magma stammt, sein Feinbau aber (wie z. B. in den Hohen Tauern) etwa der Albitepidotamphibolitfazies angepaßt wurde, oder ob dieses Korn unter diesen niedrigfaziellen Umständen gesproßt ist. Ein großer Achsenwinkel kann also z. B. in den Tauern nicht als Argument gegen die Reliktnatur eines Feldspatkornes verwendet werden. Ch. Exner schreibt diesbezüglich schon in seiner umfassenden Arbeit über die Tektonik und Feldspatausbildung in den östlichen Hohen Tauern (1948/a, S. 272): „Die Größe des Achsenwinkels  $2V\alpha$  der Kalinatronfeldspate in ähnlichen Gesteinen ist ein für den Geologen zur Beurteilung der faziellen Verhältnisse während der letzten, mit Kristallisationen (einschließlich Rekrystallisationen) der Kalinatronfeldspate verbundenen Gesteinsprägung sehr wichtiger Wert.“ (Im Original nicht gesperrt.)

Erfolgversprechend erscheint mir nebenbei eine nähere Untersuchung über den Zusammenhang des Auftretens sehr großer Achsenwinkel, ja von Isomikroclin — also von Kalifeldspaten mit  $2V\alpha$  über  $90^\circ$  — einerseits, und des Auftretens von einfachem Mikroclin andererseits. Beide dürften dieselbe Wurzel besitzen.

### Das Auftreten von Füllungsmineralien in Kalifeldspaten und die petro- genetische Deutung dieser Erscheinung

Eine Studie über dieses Thema sowie über die Verbreitung dieser Erscheinung in österreichischen Graniten und Granitgneisen ist erst kürzlich erschienen (Frasl, 1953/c), weshalb es gestattet sei, die Darstellung hier entsprechend kürzer zu halten und einige genauere Erläuterungen und Begründungen wegzulassen.

Über die Füllung von Plagioklasen gibt es eine umfangreiche Literatur. Es ist aber auch kein Wunder, daß diese Erscheinung auffiel, denn die Plagioklase sind mit Füllungsmikrolithen oft so vollgestopft, daß der Plagioklasuntergrund kaum mehr zu erkennen ist. Einer derart starken Füllung der Plagioklase ist es z. B. zu verdanken, daß der Umriß und damit die Regelung der Einschlußplagioklase im Kalifeldspat des Murecks schon bei gewöhnlichem Durchlicht (Abb. 2, Tafel VIII) und Auflicht (Abb. 1, Tafel VIII) so gut in Erscheinung tritt. Solche Plagioklase sind also im wahrsten Sinne des Wortes an „gefüllt“. Demgegenüber übersah man meist die viel schwächeren Füllungserscheinungen an Kalifeldspaten, da sie sich erst bei starker Vergrößerung dem Beobachter erschließen.

Nur in Anlehnung an die genetisch entsprechenden Füllungserscheinungen im Plagioklas darf man also auch hier von Füllungserscheinungen reden.

Die Blätter von Hellglimmer und die Körnchen oder Spieße von oft nicht mehr näher bestimmbar Mineralien der Epidot-Zoisitgruppe sind relativ dünn gesät und auch sehr klein. Die Körnchen der Epidotmineralgruppe sind meist um 0.005 mm, nur sehr selten finden sich bis 0.06 mm lange Spieße; Glimmer mit 0.15 mm Blättchendurchmesser sind Ausnahmen. Die der Epidotgruppe angehörenden Mikrolithen erwiesen sich vorwiegend als Klinozoisit, und deshalb wird im folgenden immer wieder von Klinozoisit gesprochen, auch wenn wegen der Kleinheit nicht zwischen Epidot, Klinozoisit und Zoisit unterschieden werden konnte. Biotit wurde im Kalifeldspat nur einmal als echtes Füllungsmineral beobachtet. Kalzitflitter wurden, da sie von Verwitterungsprodukten vorläufig ununterscheidbar sind, bisher aus der Untersuchung ausgeschlossen.

Bedauerlicherweise sind mir erst, nachdem die erste die Füllungserscheinungen in Kalifeldspaten betreffende Studie in Druck war, zwei neuere Arbeiten von H. Piller (1951) unter die Hand gekommen, welche die Bildung der Füllungsmineralien insofern in einem etwas anderem Licht erscheinen lassen, als er der Stabilität von Muskowit und auch den Mineralien der Epidotgruppe etwas andere Grenzen zuweist, als ich angenommen hatte. H. Piller hat nämlich auf Grund eingehender Studien über die Verwitterung des Brockengranits gefunden, daß die Hellglimmer im Albit dieses Granits nicht durch Verwitterungslösungen gebildet wurden, sondern daß unter diesen Umständen nur Kaolinit und Hydrargillit im Albit entstehen. Die Hellglimmerbildung steht dort in Verbindung mit hydrothermal-autometamorphen Vorgängen. Während ich 1953 außerdem auf Grund meiner bisherigen Literaturkenntnis der Auffassung war, daß die Epidotmineralien nicht bei der Verwitterung entstehen können, nimmt nun H. Piller einerseits die autometamorphe Bildung von Epidot im Natronfeldspat an, andererseits aber auch die Bildung von Epidot bei der Verwitterung, was mir sehr bemerkenswert erscheint. Trotzdem wäre es übereilt, in allen Klinozoisitmikrolithen nur Verwitterungsprodukte sehen zu wollen. Schließlich kann z. B. der prinzipielle Unterschied zwischen den relativ sehr stark mit Klinozoisit gefüllten Feldspaten in den granitischen Gesteinen des Moravikums und den kaum Klinozoisitmikrolithen enthaltenden Feldspaten in den Graniten des Moldanubikums niemals durch unterschiedliche Verwitterung hervorgerufen worden sein.

Sicherlich sind die Füllungserscheinungen in Kalifeldspaten aufs engste mit den Füllungserscheinungen in Plagioklasen verbunden. Es würde aber den Rahmen dieser Arbeit sprengen, wollte man hier auch auf dieses Thema eingehen und die bisherigen Meinungen über die Entstehung der Plagioklasfüllung entsprechend würdigen. Außerdem kann man aus einer erst kürzlich erschienenen Arbeit von Andreatta (1954) entnehmen, daß eine dieses Thema betreffende Arbeit bereits im Druck ist (C. Andreatta: „Über die Verglimmerung der Plagioklasse in der tektonischen Metamorphose.“ — Tschermarks Min. u. Petr. Mitt., 3. Folge, 4, 1954). So kann ich mich in Hinblick auf diese aus der Feder eines jahrzehntelangen Bearbeiters dieses Fragenkomplexes zu erwartende Arbeit auf die Füllungserscheinungen im Kalifeldspat beschränken und das um so mehr, als schon aus dem Vergleich der hier vorgetragenen Meinung mit der kurzen Darstellung der Ansichten

Andreatta (1954) hervorgeht, daß grundsätzlich eine weitgehende Übereinstimmung in der genetischen Auffassung der Füllungserscheinungen besteht. Andreatta sieht, wie vor ihm F. Becke, in den gefüllten Plagioklasen solche Plagioklase, die unter hohen Temperaturen kristallisierten und dann in der Epizone instabil wurden. Andreatta macht hierfür Ionenlösungen verantwortlich.

Die älteste Notiz über Füllungsmikrolithen in Kalifeldspaten ist mir aus dem Jahre 1885 bekannt (H. B. v. Foullon); in neuerer Zeit trugen O. H. Erdmannsdörffer und besonders F. K. Drescher-Kaden zu ihrer Kenntnis bei (vgl. Frasl, 1953/c).

Die Mikrolithen wurden im Kalifeldspat nur bei solchen Gesteinen gefunden, bei denen außerdem auch die Plagioklase gefüllt sind, und auch nur in Perthiten. Die Füllungsmikrolithen sind dabei bloß in gewissen Fällen auf die Perthitadern und die dazwischenliegende Or-Komponente des Perthits in etwa gleicher Weise verteilt; in anderen Fällen sind sie eher in den Adern angereichert und oft sind sie im wesentlichen auf die Adern beschränkt. Bei den beiden letzten Verteilungsarten besteht in der Regel auch eine Beziehung zwischen der Größe der Perthitadern und der Menge und Größe der Füllungsklinozoisite, so daß z. B. in den größten Adern und oft besonders in deren Mitte auch die größten und meisten Klinozoisite sitzen. Oftmals sind z. B. die Klinozoisite, aber auch Kalzitfitter in der Nähe von eingeschlossenen oder anliegenden gefüllten Plagioklasen angereichert, woraus man am ehesten auf eine Wanderung von Ca aus dem sich füllenden, also sich entmischenden Plagioklas (s. u.) in die nächstliegenden Bereiche des Perthits schließen kann. Solche Wanderungen von Ca und scheinbar auch von anderen Stoffen (z. B. Na, Fe, H<sub>2</sub>O) über die Grenzen des Kalifeldspats sind besonders in Zeiten der Umkristallisation oder Rekristallisation durchaus anzunehmen (Drescher-Kaden), wobei man nur auf das Beispiel der Einwanderung von Na bei der altbekannten Schachbrettalbitisation verweisen muß.

Auf Abb. 12, Tafel X, ist ein unregelmäßig umgrenzter Aderperthit zu sehen, welcher aus dem Porphyrganitgneis der nördlichen Sulzbachzunge (östlich des Untersulzbachtales, mittlere Hohe Tauern) stammt. In ihm sind zwei gefüllte Plagioklase regelmäßig eingeschlossen: der eine löscht gleichzeitig mit den Perthitadern aus und hat auch sonst die gleiche optische und daher auch kristallographische Orientierung wie die Perthitadern und daher das ganze Perthitkorn; der zweite Einschlußplagioklas liegt mit seinen Zwillinglamellen (Albitgesetz) // zu den Spaltrissen nach (001) des Kalifeldspatwirts und daher auch insgesamt // zu (001) des Wirts. Manche Perthitadern sind nun deutlich in etwa der gleichen Weise mit Klinozoisit und Hellglimmer gefüllt wie die Einschlußplagioklase; ja, in manchen Adern ist gegen den achsenparallel eingeschlossenen Plagioklas auch in dieser Hinsicht kaum eine Grenze zu ziehen. Außerdem sieht man, daß speziell jene Adern eher gefüllt sind, welche in einer Linie mit diesen Plagioklasen liegen, während die übrigen Adern, die offenbar keine direkte Verbindung mit demselben Plagioklaseinschluß haben, praktisch füllungsleer dastehen. — Bei diesem Beispiel ist die gemeinsame Wurzel der Mikrolithenentstehung im Plagioklas und Kalifeldspat nicht zu leugnen, und es besteht auch kein Grund, verschiedene Entstehungszeiten anzunehmen (Drescher-

Kaden hat 1948 die Möglichkeiten der gleichzeitigen, wie auch der ungleichzeitigen Füllungen durchdacht). Ich stelle mir nun vor, daß der größere, möglicherweise auch früher eingeschlossene und vielleicht schon deshalb bereits ursprünglich relativ anorthitreichere Einschlußplagioklas beim Zerfall (Drescher-Kaden) in einem sauren Plagioklas und die Füllungsminerale nebenbei auch z. B. Ca an die Umgebung abgab. Dieses wanderte nach dem Prinzip der Wegsamkeit (Sander) in günstiger gerichtete Perthitadern, wurde dort abgefangen und zur Mikrolithenbildung verwendet, wobei wieder die dicksten Adern stärker gefüllt erscheinen. Auf keinen Fall kann man hier sagen, daß die Plagioklase erst in fertigem, gefülltem Zustand vom Kalifeldspat eingeschlossen wurden (E. Christa, O. H. Erdmannsdörffer u. a.), denn dann müßte man eine zweite Füllungsperiode für den Perthit annehmen, wie auch Drescher-Kaden erwogen hat, und stünde dann vor dem Rätsel, warum in der zweiten Füllungsperiode nur bestimmte Adern gefüllt wurden. — Oder sollte man vielleicht annehmen, die Füllungskörner seien als solche aus dem Einschlußplagioklas ausgewandert? Diese Möglichkeit möchte ich gleich ausschließen.

Nicht nur diese Ca-Einwanderung spielt bei der Entstehung der Füllungsklinozoisite im Kalifeldspat eine Rolle, wahrscheinlich war in anderen Beispielen der ursprüngliche, wenn auch geringe Ca-Gehalt zumindest ebenso wichtig. Es wurde schon in einer anderen Arbeit (Frasl, 1953/c) darauf hingewiesen, daß in der Regel eine auffällige Abhängigkeit der Größe und Zahl der Mikrolithen von der Art und der Herkunft des Ausgangsfeldspats bestehen: „Nehmen wir einmal die verschiedenen Arten von Feldspaten mit Ca-Vormacht in einem beliebigen granitischen Gestein her: z. B. die Albit-(Perthit-)Adern, Albitsäume, Myrmekitplagioklase, Schachbrettalbite, Ränder und Kerne von eingeschlossenen und freien Plagioklaskörnern. Sie alle besitzen heute in Gesteinen mit gefüllten Plagioklasen etwa denselben Anorthitgehalt (vgl. H. P. Cornelius, 1935, und F. K. Drescher-Kaden, 1948), und doch sind die Klinozoisite (Zoisite) immer in jenen Plagioklaskornarten und an jenen Stellen im Feldspatkorn wesentlich stärker ausgebildet, die auch in sonst entsprechenden, aber noch auf die Amphibolitfazies eingestellten und daher füllungsfreien Graniten oder Granitgneisen jeweils Ca-reicher sind. So sind die Kerne der freien wie auch der eingeschlossenen primären Plagioklaseneration, die in der Amphibolitfazies etwa 20—35% An besitzen, im Falle der Füllung immer besonders dicht und grob gefüllt, während die übrigen oben erwähnten Plagioklaskornarten, die auch in füllungsfreien Gesteinen meist viel weniger als 15% An enthalten, ganz schütter „gefüllt“ oder auch ganz leer sind.“ — Aber auch im Falle, daß die Anhäufung der Füllungsklinozoisite im wesentlichen ein Abbild des ursprünglichen Ca-Gehaltes an der betreffenden Stelle des Feldspats darstellt, ist nebenbei eine Ca-Wanderung über ganz geringe Weiten (meist Teile eines Millimeters) möglich und auch anzunehmen. Aus diesem Grunde sind wohl so selten derart ideale Füllungs-zonen zu sehen, wie die z. B. von A. Bianchi und Gb. Dal Piaz abgebildeten, die nur als getreue Abbilder von primären basischen Rekurrenzen angesehen werden können. Derartige Feinheiten werden eben beim Füllungsvorgang meistens nur undeutlich übernommen.

Bei der Annahme, daß in der Hauptsache das nach der Kalifeldspatbildung eingewanderte Ca für die Füllung der Feldspatkornarten mit

Klinozoisit verantwortlich wäre, könnte man übrigens auch nicht erklären, wieso die Kerne der einzelnen in einem einzigen großen Kalifeldspat eingeschlossenen Plagioklase oft ganz verschieden dicht gefüllt sind, wie etwa im Beispiel des Mureckgneises (Abb. 2, Tafel VIII). Auch da ist offenbar der primäre Ca-Gehalt des Plagioklases für die Füllungsichte ausschlaggebend gewesen, und schon aus diesem Grund sind für das Plagioklaswachstum mindestens Temperaturen der Amphibolitfazies erforderlich gewesen, ganz abgesehen davon, daß ja in diesem Beispiel eine Regelung der Einschlußplagioklase in einem flüssigen (schmelzflüssigen) Medium stattfand (vgl. S. 91). — Wenn die Bildung der Füllungsklinozoisite auf dem lokalen Ca-Gehalt basiert, dann ist es auch sofort verständlich, warum diese sich zum Beispiel in vielen Proben besonders reichlich und groß an den dicksten Stellen der Perthitadern finden, und auch da in deren Mitte. — Die ganz entsprechende, regelmäßige Anhäufung in der Mitte der breitesten Stellen ließ sich übrigens auch bei „gefüllten“ Albitsäumen beobachten.

Eine Übernahme der Füllungsmikrolithe aus dem Grundgewebe bei einem amöboiden Wachstum der Kalifeldspate ist zwar in gewissen Fällen und in geringem Maße denkbar, diese Möglichkeit hat aber in allen von mir beobachteten Fällen von „Füllungerscheinungen“ in Kalifeldspaten meiner Meinung nach keine Bedeutung. Eine derartige Entstehung ist nämlich auf keinen Fall in solchen Kalifeldspaten anzunehmen, welche durch andere Eigenschaften als Schmelzflußkristallisate gekennzeichnet sind, oder in Kalifeldspaten, bei denen die Füllungerscheinungen auf die Perthitadern beschränkt sind, weil ja diese Adern selbst erst durch die Entmischung eines im wesentlichen fertigen, homogenen Wesentlich-Kalifeldspats entstanden sind (vgl. S. 112). Man müßte nämlich dann zu folgender unwahrscheinlichen Annahme Zuflucht nehmen, daß die zuerst wohl gleichmäßig im homogenen Ausgangsfeldspat verteilten Grundgewebeeinschlußkörner bei der Perthitisierung innerhalb des festen Feldspatkorns gewandert seien.

Eine zonare Anordnung der Füllungsmikrolithen als Abbildung von einem ursprünglichen Rekurrenzenbau des Feldspats, wie sie von den gefüllten Plagioklasen her bekannt ist und wohl am schönsten von A. Bianchi (1934) abgebildet wurde, ist mir beim Kalifeldspat noch nicht bekanntgeworden. Dagegen konnte auch im Kalifeldspat eine Regelung der Hellglimmer-Mikrolithen gefunden werden (Frasl, 1953), u. zw. // zu (001) und (010) sowie der Murchisonitebene (Augengneis von Umhausen im Ötztal; Granitgneis vom Ammertaler See, Granatspitzgruppe, Hohe Tauern). Diese Regelung ist wie beim Plagioklas — in welchem sie hauptsächlich C. Andreatta untersuchte und genetisch deutete (C. Andreatta, 1933, 1934, 1954) — nicht als Anwachsregelung zu erklären, sondern hängt vielmehr offensichtlich von gewissen Gitterebenen (Spaltebenen) im Inneren des fertigen Kristalles ab (Frasl, 1953). Die Glimmerblättchen durchziehen nämlich das ganze Feldspatkorn in gleicher Orientierung wie die Spaltflächen, dagegen haben sie sich offensichtlich nie um die jeweilige Oberfläche des wachsenden Feldspats gekümmert. Eine Beeinflussung der Regelung der Glimmermikrolithen durch die im Gestein vorhandenen Flächen- und Achsentektonik möchte ich hier — ebenso wie Andreatta 1954 bei den Plagioklasen — nur soweit annehmen, als die verschieden gerichteten Spaltflächen des Feldspats je nach der Richtung der tektonischen Beanspruchung ungleich reagieren werden und daher abwechselnd stärker



oder schwächer von Mikrolithen besetzt sind. Im übrigen treten in Augengneisen in Umhausen im Ötztal als Seltenheit auch in gleicher Weise geregelte Biotitmikrolithen mit bis 0.08 mm Größe im Kalifeldspat auf. Eine entsprechende Beobachtung beim Plagioklas hat E. Christa mitgeteilt (1931, S. 554), wonach der Biotit u. a. mit hauchdünnen Lamellen in die Spaltrisse nach (001) oder mit kurzen Blättchen nach (010) dem Plagioklas eingelagert ist. (Granodiorit vom Schwarzensteinkees, Zillertaler Alpen, Tirol).

Noch etwas sei der Kennzeichnung der Entstehungsbedingungen der Füllungserscheinung in Perthiten vorausgeschickt: Füllungsminerale finden sich auch in solchen Kalifeldspatgroßkörnern, welche im vorhergehenden durch verschiedene andere Anzeichen als typische Schmelzflußeinsprenglinge charakterisiert wurden (sei es z. B. durch geregelte Einschlußplagioklase oder durch rhythmischen Zonarbau). Bei solchen fällt sogleich einmal die Möglichkeit einer Ableitung der Füllungsmikrolithen als Grundgewebeeinschlüsse weg (s. o.). Daß weiters die Epidote und Hellglimmer zuerst im Schmelzfluß herumgeschwommen sind und dann eingeschlossen wurden, wie E. Christa angenommen hat, erscheint heute aus faziellen Gründen höchst zweifelhaft, auch zeigen die Hellglimmer durchaus kein Anlagerungsgefüge (Sander; s. o. und S. 108). Daher bleibt nur mehr die Entmischung über, um die Füllung dieser Feldspate zu erklären und so hat denn auch einerseits besonders E. Weinschenk die Entmischung in statu nascendi und andererseits besonders F. Becke die nachträgliche Entmischung zur Klärung der Plagioklasfüllung herangezogen. Beide Ideen haben viele Anhänger. Nach Drescher-Kaden, 1948, wird besser von einem „Zerfall“ als von einer „Entmischung“ gesprochen, da auch eine Zu- und Abfuhr von Stoffen zur Mikrolithenbildung beiträgt. Drescher-Kaden erkannte auch schon, daß man bei Kalifeldspaten mit gefüllten Einschlußplagioklasen und gefüllten Perthitspindeln mit der Annahme eines einzigen Zerfallsaktes auskommen kann, welcher nach der Perthitbildung eingetreten sein muß (Drescher-Kaden, 1948, S. 235).

Drescher-Kaden hat aber auch noch eine zweite Möglichkeit als gleichwertig angegeben; daß nämlich jede Plagioklasgeneration (Einschlußplagioklase, Perthitadern, Albitülle) ihre eigene Muskowit-Zoisit-Zerfallsperiode zuzuordnen sei. Damit sei „auch das Hineinragen der Muskowit-Zoisit-Mikrolithen aus Primäreinschlüssen in die umgebende Mikroklin-Wirtssubstanz gedeutet und das Vorkommen von Zerfallsprodukten in dieser selbst, was bei Annahme späterer, nach der Einbettung im Mikroklin erfolgter Umwandlung auf einige Schwierigkeiten“ stoßen würde (Drescher-Kaden, 1948, S. 237). — Warum aber sollen die Mikrolithen nicht quer über die Grenzen zwischen Kalifeldspat und Plagioklas wachsen können, wenn auch z. B. der Schriftquarz diese Grenzen überschreitet? Das Vorkommen von Zerfallsprodukten in Mikroklin wiederum stößt, sobald man den Ausgangsfeldspat als homogenes ternäres Mischungs-glied von Or, Ab und An ansieht, auf keine größeren Schwierigkeiten als beim Plagioklas selbst.

Auf diesen Prämissen aufbauend, kann meine heutige Vorstellung von den Bildungsbedingungen der Kalifeldspate mit Füllungsmikrolithen kurz so skizziert werden (näheres siehe Frasl, 1953/c):

Ein ursprünglich homogener K(Na, Ca)-Feldspat, welcher bei hoher Temperatur gewachsen ist, zerfällt bei längerer

Einwirkung epizonaler Bedingungen in einen Perthit mit Füllungsmikrolithen, wobei auch Stoffwanderungen über die Korngrenzen in wechselndem Maße mitwirken. — Am einfachsten ist die Ableitung der Herkunft der Klinozoisit-Füllungsmikrolithen: 1. Etwa im Bereich der Amphibolitfazies erfolgte schon eine Entmischung des ursprünglich homogenen Wesentlich-Kalifeldspats in einen Perthit, in dessen Adern sich neben dem Natrium auch das wenige Kalzium ansammelt. Etwa im Bereich der Albitepidotamphibolit- und Grünschieferfazies zerfällt sodann der adernbildende Plagioklas in extrem sauren Albit + +Klinozoisit. Resultat: Perthit mit gefüllten Adern. — 2. Ein Perthit mit homogen verteilter Fülle könnte dann so gedeutet werden, daß die Einwirkung der niedrig temperierten Bedingungen auf einen homogenen Ausgangsfeldspat ohne Zwischenschaltung der Amphibolitfazies erfolgte, so daß das Ca nicht zuerst in die Adern floß und dort einen Oligoklas bildete, wie im Falle 1, sondern gleich an Ort und Stelle im Klinozoisit gebunden wurde. — Stoffzufuhr kann dieses Bild verundeutlichen, jedoch ist sie in den meisten Fällen anscheinend nur von untergeordneter Bedeutung.

Auf jeden Fall ist jede Füllungserscheinung in Kalifeldspaten wohl ein Kriterium für den Durchgang dieses Gesteines durch ptx-Bedingungen der Albitepidotamphibolit- und Grünschieferfazies. Das Auftreten der Füllungserscheinungen darf uns aber niemals zur Annahme verleiten, das Gestein wäre nur unter diesen Faziesbedingungen entstanden. Im Gegenteil wird man in den meisten Fällen nach meiner Erfahrung annehmen können, daß dieser niedrig temperierten Zerfallsphase höher temperierte Stadien vorausgingen, die mindestens der Amphibolitfazies angehörten und zum Teil auch wohl den schmelzflüssigen Zustand durchlaufen haben. Eine hochtemperierte Ausgangsphase ist z. B. in jenen Kalifeldspat-Großindividuen mit größter Wahrscheinlichkeit anzunehmen, in denen jene Teile jetzt am dichtesten mit Klinozoisit gefüllt sind, welche sonst in normalen Graniten den relativ höchsten Ca-Gehalt aufweisen, also gewisse Kerne oder Zonen der Einschlußplagioklase (vgl. S. 117).

Hochtemperierte und niedrig temperierte Phase können einander kontinuierlich abgelöst haben; sie können aber auch unverbunden, also voneinander ganz unabhängig sein. Diese Unverbundenheit von Wachstum und Füllung der Feldspate und damit von Granitwerdung und regional-metamorpher Überprägung ist sogar in vielen Fällen durchaus anzunehmen. Geologische Gründe lassen uns nämlich für etliche wichtige Granitgneisvorkommen der Ostalpen (Zentralgneise der Hohen Tauern, Mürztaler—Aspanger Granitgneise, Seckauer und Schladminger Gneise) geraten erscheinen, die Granitwerdung und wohl auch einen Teil der Gneisentstehung (Migmatite!) als vormesozoisch aufzufassen, die niedrig fazielle Regional-metamorphose mit der Feldspatfüllung aber i. a. in die alpidische Orogenese zu verlegen.<sup>1)</sup> Mit dem Durchdringen dieser Ansicht wird man in vielen

<sup>1)</sup> Die Möglichkeit der Feldspatfüllung bestand natürlich jedesmal, wenn ein granitisches Gestein unter den Einfluß epizonaler Umweltbedingungen kam, also durchaus nicht nur im alpidischen Zyklus. So ist z. B. die Füllung der Feldspate in den moravischen Graniten sicher älter als das darauf abgelagerte und unmetamorphe Jungpaläozoikum. Auch im Alpenbereich sind uns Gebiete mit vormesozoischer Epimetamorphose bekannt und daher ist auch in den Alpen durchaus damit zu rechnen, daß manche Feldspatfüllungen schon vortriadisch angelegt wurden, dann aber in der Regel während der

Fällen der mutigen Konzeption L. Kobers in seiner „Geologie von Österreich“ (1938) Gerechtigkeit widerfahren lassen, der an einer derartigen mehrphasigen Entstehung dieser Granitgneisvorkommen immer festgehalten hat.

Eine Zusammenfassung vieler österreichischer Vorkommen mit einer jeweils kurzen Charakteristik der Füllungserscheinungen im Kalifeldspat bei jedem Beispiel wurde von Frasl, 1953/b, gegeben. Sie verteilen sich auf Pennin, Unter- und Oberostalpin und die Fortsetzung der Karpathen, ebenso wie auf Moravikum und sogar — wenn auch in geringstem Maß — auf das Moldanubikum. Im großen zeichnet sich ab, daß die bezüglich der Feldspatfüllung am wenigsten veränderten Granite im nachgranitisch am wenigsten wiederaufgewärmten und gestörten Gebiet liegen (Moldanubikum), daß es aber alle Übergänge von dort zu Gebieten mit stark gefüllten Feldspaten gibt, und daß schließlich bei stärkster Beanspruchung und durchgreifender Rekristallisation die gefüllten wie auch die ungefüllten Perthite wieder einem Reinigungsprozeß unterliegen, bei dem auch die Albitsubstanz aus dem Perthit zunehmend ausgetrieben wird, bis als Endprodukt klare, scharf gegitterte bis einfache Mikroklone vorliegen (vgl. S. 111). Vertreter aller dieser Stadien finden sich zur Genüge in Österreich.

### Rotfärbung durch Hämatitflitter

Diesbezüglich sei es gestattet, in aller Kürze eine Arbeitsannahme vorzutragen, die erst ganz am Anfang der Erprobung steht, von welcher ich mir aber trotzdem verspreche, daß sie dem Feldgeologen später für die Kartierung einen einfach zu erfassenden ersten petrogenetischen Fingerzeig geben wird.

In rotgefärbten Wesentlich-Kalifeldspaten sind meist mikroskopisch kleine Hämatitflitter erkennbar, welche die Rotfärbung des Feldspats bewirken. Diese Flitter sind zum Teil vielleicht durch Eiseneinwanderung entstanden, zum Teil aber höchst wahrscheinlich als Entmischungsprodukte aufzufassen (Rosenbusch-Mügge, 1924), wobei man wohl annehmen darf, daß das Eisen aus jener geringen Eisenmenge stammt, die ursprünglich bei höherer Temperatur im Gitter des homogenen Wesentlich-Kalifeldspats eingebaut worden war. F. Machatschki lehnte zwar 1953 in seiner „Speziellen Mineralogie“ die Möglichkeit des Ersatzes von Al durch Fe im Feldspatgitter ausdrücklich ab. Herr Prof. Dr. F. Machatschki schränkte jedoch bei einer gütig gewährten Aussprache diese Ablehnung auf den niedrigen Temperaturbereich ein, während auch ihm bei sehr hoher Temperatur der Einbau von Fe ins Feldspatgitter immerhin denkbar erscheint. Nur wollte er die alten Ergebnisse von Hautfeuille und Perrey aus dem Jahre 1888 nachgeprüft wissen, denen angeblich die künstliche Darstellung eines Eisenorthoklases mit der Formel  $KFeSi_3O_8$  glückte. Im übrigen haben aber sowohl Versuche von O. Mügge (1924) als von O. Andersen (Andersen, 1922) ergeben, daß die Hämatitflitter bei starker Erhitzung des Feldspats sehr rasch verschwinden, daß also das Fe offenbar wieder in den Feldspat eingebaut werden kann.

alpidischen Orogenese nochmals überprägt worden sind. Vorläufig müssen wir uns aber mit dieser allgemeinen Erkenntnis begnügen, ohne im Einzelfall den Anteil älterer Füllungsvorgänge abschätzen zu können.

Den Geologen interessieren immer am meisten die näheren Entstehungsbedingungen solcher Phänomene. Es ist mir nun zwar keine Angabe bekannt, ab welchen mineralfaziellen Bedingungen ein homogener, eisenhaltiger Kalifeldspat stabil ist, aber folgende Erfahrungen und Überlegungen können da vielleicht weiterhelfen:

1. Hämatitfitter findet man als färbende Einlagerungen im Kalifeldspat in der Hauptsache in solchen granitischen Gesteinen, deren Plagioklase noch einen höheren Anorthitgehalt führen. Deshalb ist es am wahrscheinlichsten, daß deren Bildung bei höherer Temperatur stattfand; u. zw. ist anzunehmen, daß der Eiseneinbau ins Feldspatgitter eine noch höhere Temperatur erforderte als der nachherige Zerfall in Feldspat und Hämatit.

2. Bei Kalifeldspaten, die nachweisbar in der Grünschiefer- oder Albit-epidotamphibolitfazies gewachsen sind, oder aber unter diesen Umständen völlig umkristallisiert wurden, fehlen nach meiner Kenntnis die Hämatit-schuppen vollkommen und außerdem möchte ich annehmen, daß diese Kalifeldspate eisenfrei sind.

3. Wenn nun in einem im wesentlichen der Grünschiefer- oder Albit-epidotamphibolitfazies angehörenden Gestein von granitischer Zusammensetzung — also z. B. neben sauren, aber mit Epidotmineralien gefüllten Plagioklasen — durch Hämatitschuppen rotgefärbte Kalifeldspate auftreten, was bei einigen alpinen Gesteinen der Fall ist, dann möchte ich diese roten Kalifeldspate als mehr oder weniger von einer durchgreifenden niedriger-temperierten Rekristallisation verschonten Relikte aus einem einst höher-temperierten Ausgangsgestein ansehen. In den meisten Fällen läßt sich dann auch noch zeigen, daß solche rote Relikt-kalifeldspate außerdem noch andere Hochtemperatur- und auch Schmelzflußmerkmale aufweisen.

Daraus läßt sich für die vorläufige petrogenetische Einstufung z. B. einiger Granit- und Granitgneisvorkommen der Ostalpen Österreichs durch den Geologen im Felde bereits ein gewisser Vorteil ableiten. — Sicherlich muß die Rotfärbung der Kalifeldspate bei den einzelnen Gesteinsvorkommen erst in Stichproben (z. B. Splitterproben) auf ihre Herkunft von eingeschlossenen Hämatitfittern nachgeprüft werden; sicherlich ist auch die Kontrolle durch die anderen makroskopisch und mikroskopisch erfaßbaren Hochtemperatur- und Schmelzflußmerkmale<sup>1)</sup> an diesen Kalifeldspaten sehr notwendig; dann aber kann das Verbreitungsgebiet der roten Kalifeldspate im Felde rasch erfaßt werden. Damit ist jedoch schon eine erste Aussage möglich, welche gebietsmäßigen Anteile von gewissen Granit- und Granitgneisvorkommen zumindest mit größter Wahrscheinlichkeit eine hochtemperierte Vergangenheit gehabt haben, auch wenn sie sonst im Gewande der Grünschiefer- und Albitepidotamphibolitfazies vorliegen. — Für die übrigen Teile dieser Gesteinsvorkommen, die nicht durch rote Kalifeldspate ausgezeichnet sind, darf deshalb die hochtemperierte Vergangenheit durchaus noch nicht ausgeschlossen werden, sie ist in diesen Fällen eben nur auf Grund der Rotfärbung nicht erfaßbar.

Eine Kontrolle der hochtemperierten Vergangenheit hämatitführender Kalifeldspate durch andere Merkmale ist auch schon deshalb in jedem

<sup>1)</sup> Die Rotfärbung der Kalifeldspate durch Hämatitfitter kann höchstens als ein Anzeiger größerer Wärme beim Feldspatwachstum, aber nie als Schmelzflußanzeiger gewertet werden.

Vorkommen notwendig, weil man die Möglichkeit einer sekundären Einwanderung des Fe — ähnlich wie bei den Stoffwanderungen in Verbindung mit dem Auftreten von Füllungserscheinungen in Kalifeldspaten — nicht von vornherein ausschließen kann.

Nun folgen einige wenige Beispiele von Gesteinen mit durch Hämatitfitter rotgefärbten Kalifeldspaten, wobei in allen diesen Fällen das Wachstum der Feldspate in hoher Temperatur auch durch andere Eigenschaften nachgeprüft werden kann.

**Titanit-Hornblende-Granitit** (Randfazies des Weinsberger Granits) von Landshaag bei Aschach an der Donau. Von dort wurde die Rotfärbung schon von A. Köhler auf den Eisengehalt zurückgeführt. Die seltenen Hämatite sind bis 0.02 mm groß.

Im Seckauer Granit vom Papstwald bei Ingering. In den blaßrosa Kalifeldspaten sind die sehr seltenen Hämatite bis 0.007 mm groß.

Granit vom Leopold von Buch-Denkmal bei Groß-Raming/Ennstal. Die sehr seltenen Hämatite werden etwa 0.01 mm groß.

Porphyroidgneis der nördlichen Sulzbachzunge (Hohe Tauern), einige wenige rosa Kalifeldspate führen noch Hämatitblättchen von zumeist 0.01 mm Größe, nur ausnahmsweise 0.03 mm große, sechseckige Blättchen. Die anderen ansonsten entsprechenden Kalifeldspate sind in der Regel grünlichweiß verfärbt.

Syenit vom Plauenschen Grund, Sachsen. Die relativ zahlreichen Hämatite werden in diesen stark rot gefärbten Kalifeldspaten in der Regel bis 0.05 mm groß.

### Amöboides Wachstum, Anwachs säume

Amöboide Großkörner von Wesentlich-Kalifeldspaten sind nach allgemeiner Ansicht durch Verdrängung eines präexistenten Starrgefüges gewachsen.

F. K. Drescher-Kaden hat bisher wohl die meisten derartigen Fälle genauer beschrieben und abgebildet (Drescher, 1948), aber auch Ch. Exner hat einige Musterbeispiele, u. zw. gerade aus den Hohen Tauern, demonstrieren können (1949/c, 1951). Bekannt ist, daß fremde Körner, z. B. Plagioklas, Glimmer und Hornblende von den Korngrenzen oder von Spalten und Rissen ausgehend durch Kalifeldspat angenagt werden können, wobei die Kalifeldspate meist unregelmäßige Pseudopodien in die Umgebung vorausschicken. Die fremden Körner werden aus ihrer Umgebung herausgelöst, eingeschlossen und langsam aufgezehrt oder bleiben auch im Inneren des Feldspats unversehrt oder zum Teil erhalten.

Große, xenomorphe Kalifeldspat-Holoblasten können schon unter sehr niedrigen Druck-Temperatur-Bedingungen wachsen. So hat Ch. Exner (1949/b) z. B. im Sieglitz-Unterbaustollen bei Badgastein (Hohe Tauern) mehrere Zentimeter große Kalifeldspat-Holoblasten im mesozoischen Kalkglimmerschiefermarmor gefunden, die von einem unverlegten si von Kalkspat, Hellglimmer, Albit und Quarz durchzogen sind. Eine Einstufung in mineralfazieller Hinsicht ist nicht genau möglich, denn z. B. nach der Einteilung von Turner (1948) müßte auch bei der niedrigsten Metamorphose

der Kalkspat mit Glimmer unter Bildung eines Epidotminerals reagieren, was aber hier nicht der Fall ist. Man wird aber nicht fehlgehen, wenn man von epizonalen Bedingungen spricht. Damit ist aber Exner der wichtige Nachweis geglückt, daß große Kalifeldspate in den Tauerngesteinen noch unter niedrigen Stabilitätsverhältnissen, und wegen des unverlegten Interngefüges erst nach Aufhören der örtlichen alpidischen Deckenbewegungen wachsen konnte.

Daß die Verdrängung präexistenten Grundgewebes beim Wachsen von Kalifeldspaten auch in groben Granitgneisen und bis in den Riesenaugengneisen der östlichen Hohen Tauern eine hervorragende Rolle spielt, hat wiederum Ch. Exner gezeigt. Besonders bemerkenswert erscheinen mir an dieser Stelle die bis 11 cm großen Kalifeldspate des Radhausberg-Unterbau-Stollens bei Badgastein (Exner, 1951). Nach Exner sind die Augen heterogen, doch besteht zwischen Kern und Randgebiet keine scharfe Grenze. Der Hauptkörper (= Kern, Knaf III nach Exners Einteilung) besitzt eine Tendenz zur Idiomorphie; dagegen ist „der Randsaum (Knaf II) xenomorph. Er wächst amöbenartig in das nachbarliche Grundgewebe hinein. Oft sind millimeterlange pseudopodienartige Fortsätze im Grundgewebe vorhanden.“ Helizitische Einschlußzüge (Relikte des metasomatisch verdrängten Grundgewebes) sind in den Randsaum bisweilen eingeschlossen (Exner, 1951, S. 126). Knaf II kann auch sekundär aus Knaf III in postkristallin deformierten Großindividuen hervorgegangen sein, sowie im Grundgewebe bis 3 mm groß als Neubildung auftreten. — Exner hat genügend Belege dafür angegeben, daß Knaf II hier und überhaupt im Zentralgneis der östlichen Hohen Tauern in der alpidischen Orogenese wachsen konnte und auch gewachsen ist, u. zw. in der Albitepidot-amphibolitfazies. Exner hat daneben mit aller gebotenen Vorsicht die Meinung geäußert (1951, S. 128), auch die Hauptkörper (Knaf III) könnten im Riesenaugengneis alpidische, metasomatisch unter den Bedingungen der Albitepidot-amphibolitfazies gesproßte Porphyroblasten sein, doch diesbezüglich halte ich noch gründliche Untersuchungen für notwendig. Exners Angaben über Zonarbau, Anordnung der Einschlußplagioklase, sowie Kristalltracht und Verzwilligung des Hauptkörpers der Riesenaugen weichen meiner Ansicht nach auf ein von einer heißen Schmelzflüssigkeit durchblutetes Ausgangsstadium in der Genese des Riesenaugengneises hin. Danach werden aber die Kerne der großen Feldspatäugen eher als voralpidische Relikte anzusprechen sein.

Anschließend seien kurz ein paar Breiten von Anwachssäumen von Kalifeldspatsubstanz an idiomorphen Kalifeldspaten mit glatter Oberfläche zusammengestellt, die mehr lokales Interesse haben.<sup>1)</sup> Sie stammen von der N-Seite der mittleren Hohen Tauern, u. zw. die Proben A, B, C, D, E und F aus dem Porphyroidgneis („Zentralgneis“) der nördlichen Sulzbachzunge (westlich P. 1680, östlich vom Untersulzbachtal), wo schmale Anwachssäume um zum Teil noch rosa gefärbte idiomorphe, reliktsche Porphyr-Kalifeldspate auftreten. Das Beispiel G ist aus dem wohl aus dem Paläozoikum stammenden Quarzporphyroid vom Schiedhof am Ausgang des Untersulzbachtales, also schon aus der Schieferhülle und mehrere hundert Meter vom nächsten Zentralgneis entfernt.

<sup>1)</sup> Vgl. dazu Abb. 13, Tafel X.

Das Beispiel H stammt aus dem Quarzporphyroid-Vorkommen südlich von Neukirchen am Großvenediger, in ganz ähnlicher tektonischer Position wie Beispiel G. In letzterem sieht man nur unzusammenhängende Pseudopodien aus Kalifeldspatsubstanz.

| Probe | Größe der Grundkörner Kalifeldspat in mm | Breite der Fortwachsungssäume |                    | Länge der Pseudopodien, in mm |
|-------|--|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|
|       |  | maximal mm                    | im Durchschnitt mm |                               |
| A     | 20·0                                     | 0·1                           |                    |                               |
| B     | 15·0                                     | 0·17                          | 0·15               |                               |
| C     | 3·5                                      | 0·1                           | 0·05               |                               |
| D     | 3·0                                      | 0·2                           | 0·15               |                               |
| E     | 2·5                                      | 0·43 (!)                      | 0·20               |                               |
| F     | 2·5                                      | 0·15                          | —                  |                               |
| G     | 2·0                                      | 0·1                           | 0·07               |                               |
| H     | 1·3                                      |                               |                    | 0·23                          |

Diese Fortwachsungserscheinungen entsprechen einander in den verschiedenen Gesteinen in ihrem Erscheinungsbild und — wie man aus der Tabelle ersieht — auch in der Größenordnung; es ist daher wohl anzunehmen, daß das erwähnte Zentralgneisvorkommen, wie auch die beiden Porphyroidvorkommen ihre Anwachssäume und Pseudopodien an den Schmelzfluß-Kalifeldspaten gemeinsam erhielten; und da die Anwachssäume hier überall das heutige, alpidisch angelegte Schiefergefüge unverlegt umschließen, ist die Bildung dieser Fortwachsungen in die spätalpidische Zeit zu verlegen. Damals wurde der Kalifeldspat wieder stabil und dabei regeneriert. Damals legte sich in diesem Raum eine einheitliche Metamorphose von der Stärke der Grünschiefer- bis Epidotamphibolitfazies wie ein Schleier über die Schieferhülle und auch über den Zentralgneis. So sind z. B. die Grundfeldspate in diesen verschiedenen Proben etwa in gleicher Weise perthitisch entmischt und die Plagioklase sind gleich schwach gefüllt. Die Stoffzufuhr geht hier nicht vom schmelzflußrelikteführenden und verschieferten Zentralgneis aus, wie auch H. P. Cornelius (1939, S. 294) für das Gebiet des Granatspitz Kernes und der Riffeldecken auf Grund anderer Beobachtungen darlegte. Die alpidische Metamorphose in diesem Raum ist also unabhängig von den soeben angeführten Zentralgneiskörpern. Diese sind älter, voralpidisch, wie schon L. Kober fortwährend behauptet hat. — An diesem Beispiel sieht man wieder, daß auch die Untersuchung scheinbar ganz nebensächlicher Erscheinungen zur Klarstellung wichtiger und bis dato strittiger geologischer Fragen beitragen kann.

Relativ recht breite Anwachssäume wurden um die idiomorphen Kalifeldspate (mit oszillatorischem Zonarbau) des Rastenberger Granits von Ottenstein am Kamp, Niederösterreich, beobachtet. Diese dringen bis 7 mm weit auf den Kornfugen in die Umgebung ein und umschließen Quarz, Biotit, Hornblende und Plagioklas ohne Regelung. Auch hier ist die kristallographische und optische Orientierung im Saum gleich jener des Grundkörpers.

### Zur Albitsaumbildung

Diese ist eine Reaktionsbildung in Form von zwei gleichlaufenden dünnen Albitstreifen an der Grenze zwischen zwei nicht achsenparallel verwachsenen Perthiten (Frasl, 1953/c). Dabei sind — meist jedoch nicht so schön wie auf Abb. 14, Tafel X — zwei getrennte Albitsäume beiderseits der ursprünglichen Perthitgrenze zu sehen, die in kristallographischer und optischer Orientierung jeweils mit den Perthitadern oder -feldern des gegenüberliegenden Perthits gleichorientiert sind. Da sie sich in einer Größenordnung halten (bis  $\frac{1}{2}$  mm breit), die durchaus mit jenen Größen der albitischen Adern oder Flecken der anschließenden Perthite vergleichbar sind, kann neben der in der zitierten Arbeit angegebenen Entstehung durch Zufuhr des Na von außen her noch angenommen werden, daß hier auch das aus dem ursprünglich wahrscheinlich homogenen Wesentlich-Kalifeldspat bei der Entmischung zum Perthit randlich freigewordene Na zur Saumbildung verwendet wird. Das würde dann etwa der Bildung der klaren Albitsäume um die Einschlußplagioklase entsprechen, die auf S. 113 erwähnt wurden, und damit auch der von O. F. Tuttle (1952) auf Grund prachtvoller Photos aufgezeigten, in anderen Fällen viel weiter führenden Entmischung der K, Na-Mischfeldspate. Im übrigen ist die Albitsaumbildung nur ein gitterorientierter Spezialfall von Drescher-Kadens (1948) „Albitkornbildung“.

Die Beobachtung der Albitsaumbildung an den großen Wesentlich-Kalifeldspaten weist sicherlich auf einen Prozeß hin, der nicht in den Formenkreis der Schmelzflußbildungen gehört, sondern eher zu den Bildungen der Metasomatose oder Ionendiffusion bei relativ niedriger Temperatur. Trotzdem dürfen die Albitsäume nicht als Argument gegen die allfällige, ursprünglich schmelzflüssige Natur der betreffenden Kalifeldspate genommen werden, sondern eher als Anzeiger und Maßstab für eine später durchlaufene Phase langsamer Abkühlung des Gesteinskörpers oder einer davon unabhängigen Wiederaufwärmung bei einer späteren Regionalmetamorphose.

Ein neues Vorkommen (vgl. Frasl, 1953/c), das diesmal einem moldanubischen Granit entstammt, wurde im Schäringer Granit vom Werk Eggenberg II der Schäringer Granit-Werke, Oberösterreich, gefunden. Dort sind die beiden Säume bis je 0-12 mm breit.

### Zur Myrmekitbildung

Man kann F. K. Drescher-Kaden wohl insofern voll zustimmen, als er schreibt, daß die Myrmekitbildung „in den Kreislauf metasomatischer Gefügeveränderungen granitischer Gesteine gehört“ (Drescher-Kaden, 1948, S. 104). Damit ist aber bereits klar, daß sie auf keinen Fall als Nachweis einer schmelzflüssigen Wachstumsphase verwendet werden kann, eher könnte ihr Vorkommen in einem Kalifeldspat noch zu Einwänden gegen die schmelzflüssige Entstehung desselben führen.

Die als „Myrmekite“ bezeichneten, oft warzenförmigen Albit-Quarzverwachsungen, die sich speziell an den Grenzflächen zwischen Kalifeldspat und Plagioklas entwickeln, findet man in den verschiedensten hier untersuchten Gesteinen an den Rändern der großen Wesentlich-Kalifeldspate, während sie das Innere derselben ziemlich regelmäßig meiden, auch wenn dort durch geregelte oder nicht geregelte Einschlußplagioklase genügend



zur Bildung von Myrmekit in Frage kommende Grenzflächen zwischen Kalifeldspat und Plagioklas vorhanden sind. Damit rundet sich auch unsere Vorstellung ab: Die Innenzone ist — z. B. durch die Regelung der Einschlußplagioklase — als magmatogen gekennzeichnet, während sich am Rande der großen Kalifeldspate metasomatische Einwirkungen abzeichnen, die entweder einer Spätphase des Einsprenglingswachstums oder einer separaten Metamorphose des Gesteins zuordenbar sind. Nur in Fällen extrem durchgreifender Rekrystallisation ist auch eine metasomatische Veränderung im Inneren der großen Schmelzfluß-Kalifeldspate zu erwarten, so daß die geregelten Plagioklase unter Myrmekitbildung mit dem Kalifeldspatwirt reagieren. Dann aber ist diese heftige Rekrystallisation auch meistens schon durch andere Veränderungen, z. B. die Bildung von einfachem Mikroklin und chemischen Reinigungsprozessen, wie Austreibung der Albitkomponente aus dem Perthit (Köhler, 1948) charakterisiert und es besteht kein Zweifel, daß eine nachträgliche metasomatische Veränderung vorliegt.

Die soeben aufgezeigten Zusammenhänge sind soweit völlig unabhängig von der Erklärung der metasomatischen Myrmekitbildung im einzelnen, und es ist dafür gleichgültig, ob man an eine Verdrängung des Kalifeldspats oder des Plagioklases durch den wachsenden Myrmekit glaubt.

### Regionale Übersicht über die wichtigeren untersuchten Gesteine

Kalifeldspate aus folgenden Gesteinsmassen zeigten die angeführten, hier interessierenden Eigenschaften:

#### A. Moldanubikum:

Weinsberger Granit: Regelung der Einschlüsse nach dem Kornbau; reliktsicher Zonarbau, Ausbildung von  $(\bar{2}01)$ ; krumme Zwillingnaht; Rotfärbung zum Teil; zum Teil einfacher Mikroklin.

Mauthausener Granit: Einschlußregel nach Korngestalt;  $(\bar{2}01)$ ; krumme Naht.

Eisgarner Granit: Einschlußregel nach Korngestalt; reliktsicher Zonarbau.

Rastenberger Granit: Zonarbau mit verschiedener Auslöschungsschiefe;  $(\bar{2}01)$ ; krumme Zwillingnaht; Einschlußregelung nach Korngestalt.

Spitzer Gneis: Anwachsschalenbau mit wechselnder Auslöschungsschiefe; Einschlußregel nach Korngestalt; krumme Zwillingnaht;  $(\bar{2}01)$ .

Syenitporphyr von Persenbeug: Einschlußregel nach Korngestalt; krumme Naht; oszillatorischer Zonarbau.

#### B. Moravikum:

Bittescher Gneis: oszillatorischer Zonarbau; dürftige Einschlußregelung; krumme Zwillingnaht.

#### C. Penninikum der Hohen Tauern (Zentralgneise):

Porphyroidgneis der nördlichen Sulzbachzunge: oszillatorische Zonen; Anwachssaum; krumme Naht.

Granitgneis der nördlichen Sulzbachzunge: reliktscher Zonarbau; Füllung.

Knappenwandgneis der südlichen Sulzbachzunge: Einschlußregel nach Korngestalt; (201).

Ahornkern, Wimmertal: Einschlußregel nach Korngestalt; (201).

Granatspitz-Kern: Einschlußregelung; krumme Zwillingsnaht; Füllung.

Sonnblick-Kern: Einschlußregelung; Perthitentmischung; Füllung; reliktscher Zonarbau; (201); krumme Zwillingsnaht.

Hochalm-Kern: Einschlußregelung; Zonarbau; (201); krumme Zwillingsnaht; Füllung.

Ankogel-Kern: Regelung der Einschlüsse; krumme Zwillingsnaht.

Mureck-Gneis: musterhafte Einschlußregelung; Füllung; (201).

#### D. Unterostalpin-karpathischer Übergangsbereich:

Hasental-Porphyr: Einschlußregelung; (201); krumme Naht; Füllung.

Mürztaler—Aspanger Granitgneis: Einschlußregelung; krumme Naht; Füllung; selten Rotfärbung.

Granit der Hundsheimer Berge: Einschlußregelung nach Korngestalt; Füllung.

#### E. Ostalpines Altkristallin:

Augengneis der Silvretta-Gruppe: Einschlußregelung nach Korngestalt; einfacher Mikroklin.

Augengneis von Umhausen-Ötztal: Einfacher Mikroklin; Füllung.

Antholzer Granitgneis: einfacher Mikroklin.

#### F. Dinariden:

Eisenkappeler Granit: oszillatorischer Zonarbau; Einschlußregel; Rotfärbung.

#### G. Außerösterreichische Gesteine:

Syenit vom Plauenschen Grund: Zonarbau; Einschlußregel; Naht; Rotfärbung.

Syenit von Biella, Piemont: Zonarbau; Einschlußregelung; krumme Naht.

Syenit von Gröba, Sachsen: Zonarbau; Einschlußregelung; krumme Naht.

Ägirinsyenitporphyr von Predazzo: Einschlußregelung; krumme Zwillingsnaht.

„Protogin“-Granit vom Mt. Blanc: Einschlußregelung; schwacher oszillatorischer Zonarbau; krumme Zwillingsnaht; Füllung.

#### Angeführte Literatur

Andersen, O., 1922: Über Avaturinfeldspate. — Zentralbl. f. Kristallogr., 56. VI. 1922.

Andreatta, C., 1933: Analisi strutturale di rocce metamorfiche, III. La disposizione dei microliti micacei nei plagioclasti di ortogneis. — Periodico di Mineralogia, 4. 375—392. Roma.

Andreatta, C., 1934: Disposizione dei microliti micacei in plagioclasti di rocce intrusive. (Analisi strutturali di rocce, IV.) — Periodico di Mineralogia, 5. 217—235. Roma.

- Andreatta, C., 1954: Stoffmobilisierung und Stoffbewegungen bei der tektonischen Metamorphose. — Neues Jahrbuch f. Min., Monatshefte, 1954, 1/2.
- Angel, F. und Staber, R. †, 1952: Gesteinswelt und Bau der Hochalm-Ankogel-Gruppe. — Wissenschaftliche Alpenvereinshefte, H. 13. Innsbruck 1952.
- Angel, F., Clar E. und Meixner, H., 1953: Der Granit vom Markogel bei Villach. — Carinthia II., 143. (63.) Jg., Klagenfurt 1953.
- Bearth, P., 1952: Geologie und Petrographie des Monte Rosa. — Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, N. F., 96. 1952.
- Becke, F., 1913: Über Mineralbestand und Struktur der kristallinen Schiefer. — Denkschr. Ak. Wiss., Wien; math.-natw. Kl., 75/1, 1913.
- Bederke, E., 1948: Grundfragen des Vulkanismus. — Geol. Rundschau, 35. S. 127—133. 1948.
- Bubnoff, S. v., 1928: Der Werdegang einer Eruptivmasse. — Fortschr. d. Geol. u. Pal.; 7., 20. Berlin, 1928.
- Christa, E., 1931: Das Gebiet des Oberen Zammgrundes in den Zillertaler Alpen. — Jb. Geol. Bundesanstalt, Wien, 1931.
- Christa, E., 1936: Zur Frage der Mikrolithenschwärme in Plagioklassen. — Schweiz. Min.-petr. Mitt., 16. 1936.
- Clar, E., 1953: Über die Herkunft der ostalpinen Vererzung. — Geol. Rundschau, 42. 1953.
- Cornelius, H. P., 1935: Zur Deutung gefüllter Feldspate. — Schweiz. Min.-petr. Mitt., 15. 1935.
- Cornelius, H. P., 1937: Nochmals zur Deutung gefüllter Feldspate. — Ebenda, 17. 1937.
- Cornelius, H. P., 1938: Das Hasentalporphyroid. — Verh. Geol. B. A. Wien, 1938.
- Dal Piaz, Gb. und Bianchi, A., 1934: Monografia geologico-petrografica sull'Alto Adige orientale e Regione limitrofe. — Mem. dell'Ist. Geol. della R. Università die Padova, 10. 1934.
- Drescher-Kaden, F. K., 1942: Beiträge zur Kenntnis der Migmatit- und Assimilationsausbildungen, sowie der synthetischen Reaktionsformen, II. Teil. — Chemie der Erde, 14. 1942.
- Drescher-Kaden, F. K., 1948: Die Feldspat-Quarz-Reaktionsgefüge der Granite und Gneise und ihre genetische Bedeutung. — Springer, Heidelberg—Berlin, 1948.
- Erdmannsdörffer, O. H., 1942: Über Granitstrukturen. — Sitzber. Heidelb. Ak. Wiss.; math.-natw. Kl.; 1942. II. Abh.
- Erdmannsdörffer, O. H., 1943: Hydrothermale Zwischenstufen im Kristallisationsablauf von Tiefengesteinen. — Chemie der Erde, 15. Heft 3., 1943.
- Erdmannsdörffer, O. H., 1948/a: Aus dem Grenzgebiet Magmatisch-Metamorph. — Zeitschr. D. G. G. 100. 1948.
- Erdmannsdörffer, O. H., 1948/b: Magmatische und metasomatische Prozesse in Graniten. — Heidelberg, Beitr. z. Min. u. Petr. I. 1948.
- Erdmannsdörffer, O. H., 1951: Die Entwicklung und jetzige Stellung des Granitproblems. — Heidelb. Beitr. z. Min. u. Petr. II. 1949/51.
- Eskola, P., 1939: Die metamorphen Gesteine. — In Barth-Correns-Eskola: Die Entstehung der Gesteine. — Berlin, 1939.
- Eskola, P., 1951: Around Pitkäranta. — Annales Academiae Scientiarum Fennicae. Ser. A. III. 27. 1951.
- Exner, Ch., 1949/a: Tektonik, Feldspatausbildungen und deren gegenseitige Beziehungen in den östlichen Hohen Tauern. — Tscherm. Min. u. Petr. Mitt., 3. Folge. I. 1949.
- Exner, Ch., 1949/b: Das geologisch-petrographische Profil des Siglitz-Unterbaustollens zwischen Gastein und Rauristal. Sitzber. Öst. Ak. Wiss. Wien, math.-natw. Kl., I. 158. 1949.
- Exner, Ch., 1949/c: Die Feldspatholoblasten des alpidischen Granitisationshofes im Radhausberg-Unterbaustollen bei Badgastein. — Sitzber. Ak. Wiss. Wien, math.-natw. Kl., 1949.
- Exner, Ch., 1950: Die Feldspatausbildung in den Gesteinen der östlichen Hohen Tauern und ihre petrogenetische Deutung. — Tscherm. Min. u. Petr. Mitt., 3. Folge, 2. 1950.
- Exner, Ch., 1951: Mikroklinporphyroblasten mit helizitischen Einschlußzügen bei Badgastein. — Tscherm. Min. u. Petr. Mitt., 3. Folge. 2. 1951.
- Exner, Ch., 1953/a: Über geologische Aufnahmen beim Bau der Kampkraftwerke (Stüdliche Böhmishe Masse). — Jahrb. Geol. Bundesanstalt Wien. 96. H. 2, 1953.

- Exner, Ch., 1953/b: Granitgneiskerne und Schiefererien der Tauern um Mallnitz. — Carinthia II., 143. (63.) Jg.; 1. Heft, Klagenfurt 1953.
- Exner, Ch., 1953/c: Zum Zentralgneisproblem der östlichen Hohen Tauern. — Radex-Rundschau. 1953, Heft 7/8.
- Exner, Ch. und E. Pohl, 1951: Granosyenitischer Gneis und Gesteins-Radioaktivität bei Badgastein. — Jahrb. Geol. Bundesanstalt, Wien, 94, 1951.
- Frasl, G., 1953: Ein Porphyroidgneis mit Orthoklaseinsprenglingen aus dem Habachtal (Hohe Tauern). — Sitzber. Ak. Wiss. Wien; math.-natw. Kl., 1953, Nr. 2.
- Frasl, G., 1953/a: Die beiden Sulzbachungen (Oberpinzgau, Salzburg). — Jahrb. Geol. Bundesanstalt, Wien, 96. 1953.
- Frasl, G., 1953/b: Aufnahmen 1952 auf Blatt Rauris (154). — Verh. Geol. Bundesanstalt, Wien, 1953.
- Frasl, G., 1953/c: Zum Auftreten von Füllungsmineralien in Kalifeldspaten und ihre Verbreitung in österreichischen Graniten und Granitgneisen. — Kober-Festschrift 1953. — Hollinek-Wien 1953.
- Frasl, G., 1954: Aufnahmen 1953 auf Blatt Rauris (154). — Verh. Geol. Bundesanstalt, Wien, 1954 (im Druck).
- Foullon, H. B. v., 1885: Über die Gesteine und Minerale des Arlberg隧nells. — Jahrb. k. k. geol. Bundesanstalt, 35. 1885.
- Grill, R. und Waldmann, L., 1951: Zur Kenntnis des Untergrundes der Molasse in Österreich. — Jahrb. Geol. Reichsanstalt, 94. 1949/51.
- Grout, F. F., 1948: Origin of granites. Geol. Soc. of America. Memoir, 28. 1948.
- Haberlandt, H. und Schiener, A., 1951: Die Mineral- und Elementvergesellschaftung des Zentralgneisgebietes von Badgastein (Hohe Tauern). — Mitt. Österr. Min. Ges.; 112, 1951.
- Hammer, W., 1936: Der Nordrand des Zentralgneises im Bereich des Gerlostales (Tirol). — Jahrb. Geol. Bundesanstalt. Wien, 86. 1936.
- Hautefeuille, P. und Perrey, A., 1888: Comptes rendus heptomadaires de l'Académie française. Paris, 107 (1888); zitiert aus Rosenbusch-Mügge, 1924.
- Hoernes, D., 1949: Petrogenese im Grundgebirge des südlichen Schwarzwaldes. — Heidelberger Beitr. Min. u. Petr., 1. 1948/49.
- Horninger, G., 1935: Der Schärdinger Granit. — Min. u. Petr. Mitt., 47. 1935.
- Köhler, A., 1928: Zur Kenntnis der Ganggesteine im niederösterreichischen Waldviertel. — Tschermacks Mineral. u. Petr. Mitt.; 39, 1928.
- Köhler, A., 1931: Der Granit „Typus Eisgarn“ aus dem nordwestlichen Waldviertel. — Sitzber. d. Ak. d. Wiss. Wien; math.-natw. Kl., Abt. I, 140. 1931.
- Köhler, A., 1941: Die moldanubischen Gesteine des Waldviertels (Niederdonau) und seine Randgebiete. — I. Teil: Die petrographischen Verhältnisse. — Fortschr. Min. Krist. u. Petr., 25. Berlin 1941.
- Köhler, A., 1948/a: Erscheinungen an Feldspaten in ihrer Bedeutung für die Klärung der Gesteinsgenese. — Tscherm. Min. u. Petr. Mitt., 3. Folge, 1. 1948.
- Köhler, A., 1948/b: Zur Entstehung der Granite der Südböhmischen Masse. — Tscherm. Min. u. Petr. Mitt., 3. Folge, 1. 1948.
- Köhler, A. und Raaz, F., 1947: Gedanken über die Bildung von Feldspatzwillingen in Gesteinen. — Verh. Geol. Bundesanstalt, Wien 1945.
- Kober, L., 1938: Der geologische Aufbau Österreichs. — Springer-Wien 1938.
- Laves, F., 1952: Phase relations of the alkali feldspars. I. und II. Teil. — Journal of Geology, 60, 1952.
- Lawson, A. C., 1893: The Geology of the Carmelo Bay. — Univ. of California; Bull. of Dep. of Geology, vol. 1. 1., Berkeley 1893.
- Leitmeier, H., 1953: Orogenese und Vererzung im Raume der Ostalpen. — Kober-Festschrift 1953: „Skizzen zum Antlitz der Erde“. Hollinek-Wien 1953.
- Limbrock, H., 1925: Geologisch-petrographische Betrachtungen im südöstlichen Teil der böhmischen Masse zwischen Marbach und Sarmingstein an der Donau. — Jahrb. Geol. Bundesanstalt, Wien, 75. 1925.
- Machatschki, F., 1953: Spezielle Mineralogie auf geochemischer Grundlage. — Wien, 1953.
- Mäkinen, E., 1912: Die Granitpegmatite von Tammela in Finnland. — Bull. Comm. geol. Fiml., 35. 1912.
- Maroschek, E. F., 1933: Beiträge zur Kenntnis des Granits von Mauthausen in Oberösterreich. — Tscherm. Min. u. Petr. Mitt., 43. 1933.

- Maucher, A., 1943: Über geregelte Plagioklaseinschlüsse in Orthoklas und Sanidin. — Zeitschr. f. Kristallograph., 105, 1943. — Referat von F. Machatschki im Zentralblatt f. Min. Geol. u. Pal., Referate I. 1944.
- Nickel, E., 1950: Das Mischgestein vom Typus Echsenbach (Niederösterreich) und seine Stellung im Rastemberger Tiefenkörper. Neues Jahrb. f. Mineral.; Abh. 81, 1950.
- Paraskevopoulos, G. M., 1953: Beitrag zur Kenntnis der Feldspate der Tessiner Pegmatite. — Tscherm. Min. Petr. Mitt., 3. Folge, 3, 1953.
- Plemister, J., 1934: Zoning in plagioclase feldspar. — Min. Mag., 23, 1934.
- Piller, H., 1951/a: Über Verwitterungsbildungen des Brockengranits nördlich St. Andreasberg. — Heidelb. Beitr. Mineral. u. Petr., 2, 1951.
- Piller H., 1951/b: Über den Schwermineralgehalt von anstehendem und verwittertem Brockengranit. — Ebenda, 2, 1951.
- Prey, S., 1937: Die Metamorphose des Zentralgneises der Hohen Tauern. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 29, 1936.
- Richarz, P. St., 1908: Der südliche Teil der Kleinen Karpathen und der Hainburger Berge. — Jahrb. k. k. geol. Reichsanst., 58, 1908.
- Rosenbusch, H. und Mügge, O., 1924: Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine, Band I, II. Hälfte, 5. Auflage, Schweizerbart-Stuttgart 1924.
- Sander, B., 1933: Gefügekunde der Gesteine. — Springer-Wien 1933.
- Schwinner, R., 1951/a: Die Zentralzone der Ostalpen. — In Schaffer, F. X.: Geologie von Österreich, Wien 1951.
- Schwinner, R., 1951/b: Geologische Probleme der Raabalpen. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 39. bis 41. Bd., 1946—1948, 1951.
- Stiny, J., 1914: Zur Kenntnis des Mürtaler Granitgneises. — Verh. Geol. Reichsanst. Wien. 1914.
- Tertsch, H., 1936: Beobachtungen an Orthoklaszwillingen nach dem Karlsbader Gesetz. — Zentralbl. f. Min. (A), 1936.
- Thiele, O., 1950: Beobachtungen am Tauernnordrand im Bereich von Gerlos (Tirol). — Mitt. Geol. u. Bergb. Stud., Wien, 2, II., 1950.
- Tröger, W. E., 1952: Tabellen zur optischen Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. — Schweizerbart-Stuttgart 1952.
- Turner, F. J., 1948: Mineralogical and structural evolution of the metamorphic rocks. — Geol. Soc. America Mem., 30 1948.
- Turner, F. J. und Verhoogen, J., 1951: Igneous and Metamorphic Petrology. — New York, 1951.
- Tuttle, O. F., 1952: Origin of the contrasting mineralogy of extrusive and plutonic silic rocks. — Journ. of Geology, 60, H. 2, 1952.
- Waldmann, L., 1949: Bericht 1948 über die geologischen Aufnahmen im Kartenblatt Horn (4555) und über Bereisungen des Südtiles des Kartenblattes Drosendorf (4455). Verh. Geol. Bundesanstalt, 1949.
- Waldmann, L., 1951: Das außeralpine Grundgebirge Österreichs. — In: Schaffers F. X.: Geologie von Österreich, Wien, 1951.
- Weber, F., 1904: Über den Kalisyenit des Piz Giuf. — Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz, N. L., 14, 1904.
- Weinschenk, E., 1894: Beiträge zur Petrographie der östlichen Central-Alpen, speziell des Groß-Venedigerstockes. II. Teil. — Abh. Bayr. Ak. d. Wiss., 18, 1894.
- Wieseneder, H., 1931: Studien über die Metamorphose im Altkristallin des Alpen-Ostrandes. I. Teil. — Tscherm. Min. u. Petr. Mitt., 42, 1931.

### Erklärung zu den Abbildungen auf Tafel VIII

Abb. 1: Geregelte Einschlüßplagioklasse in einem idiomorphen Kalifeldspat. — Mureckgneis, östliche Hohe Tauern. Schliff senkrecht zu (001) und (010) durch einen nur schwach getrübbten Kalifeldspat-Einling, in welchen sehr zahlreiche, hell erscheinende Einschlüsse (gefüllte Plagioklasse und einige chloritisierte Biotite) eingewachsen sind. Die eine Ecke des Kalifeldspats ist bei der Verschieferung abgeschliffen worden. Links und rechts sind die Begrenzungsflächen nach (001) und oben sowie unten die Begrenzungsflächen nach (010). Die Einschlüßplagioklasse sind entsprechend ihrer Helligkeit ungleich dicht gefüllt. Sie sind in diesem Querschnitt in den äußeren Partien des Kalifeldspats offensichtlich geregelt eingeschlossen, u. zw. liegt ein Anlagerungsgefüge an den Wachstumsflächen (010) und (001) des Kalifeldspats mit einer klaren Regelung nach der Korngestalt der Plagioklasse vor: die kleineren Körner legten sich mit einer größeren Fläche an die Oberfläche des wachsenden Großkorns an. In der Mitte dieses Schliffes fehlt die klare Regelung, weil man hier auf die Flächen (201), (110) und (110) darauf sieht. Vgl. S. 88 f. — Dunkelfeldbeleuchtung, nicht polarisiertes Licht. — 3x.

Abb. 2: Querschnitt durch dasselbe Korn wie auf Abb. 1, aber fast durch dessen Wachstumskern gehend. Deshalb reicht die Regelung der Einschlüsse bis in die Mitte. Die Andeutung einer internen Wachstumsgrenze des idiomorphen Kalifeldspats ist nahe dem Zentrum zu erkennen. Der linke Teil des Kalifeldspats wurde aus technischen Gründen abgetrennt. In diesem Beispiel sind alle Helligkeitwerte gegenüber Abb. 1 umgekehrt. — Gewöhnliches Durchlicht. — 3x.

Abb. 3: Ausschnitt aus dem auf Abb. 1 gezeigten Schliff. Man sieht wieder die scharfe Regelung der stark gefüllten Plagioklasse, die einen klaren Randsaum haben. Bei „Knaf“ ist ein kleiner Kalifeldspat ebenso nach der Korngestalt geregelt eingeschlossen. Der Kalifeldspatwirt ist perthitisch entmischt, die Lamellierung der Plagioklasse ist bei dieser Einstellung nicht erkennbar. Vgl. S. 88. — + Nikols. — 22x.

Abb. 4: Perthitentmischung neben geregelt eingeschlossenen Plagioklassen in einem großen Kalifeldspat-Einsprengling. — Augengneis, Sonnblick Kern, Hohe Tauern. Vgl. S. 93. Auffällig ist das Aufhören der Perthitadern in der Nähe der Plagioklasseinschlüsse. Bei A ein klarer Anwachsrand an einen gefüllten Einschlüßplagioklas, etwa gleich dick wie die stärksten Perthitadern (vgl. S. 112). Bei ↑↑ sind zwei perthitarne Rekurrenzen im Inneren des idiomorph gewachsenen Kalifeldspatwirts sehr schwach zu sehen. Schliff // (001); Regelung, Zonen und Außenwand // zu (010) des Kalifeldspats. — 22x.

Abb. 5: Achsenparallel geregelter Einschlüßplagioklas im Mikroklin-Großkorn. — Weinsberger Granit, Poschacher Bruch bei Schwertberg, Oberösterreich, innen; Qu = Quarz. Näheres siehe S. 101. — 20x.

Abb. 6: Einfacher Mikroklin. — Augengneis vom Vermunt-Stausee, Silvretta-Gruppe. Der dunkelgestellte Teil des Mikroklin hat einheitliche Auslöschung; der hellgestellte Anteil desselben Kernes tendiert ebenso zu flächenhaft einheitlichen Auslöschung, das Übergangsgebiet ist gegittert. Die Abgrenzung beider Anteile ist unregelmäßig; ihre Anlage war von einer früheren, differenziellen Druckbeanspruchung abhängig. Schwache Perthitaderung. Vgl. S. 111. — 23x.

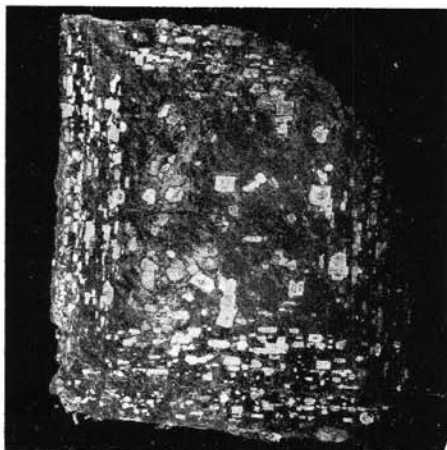


Abb. 1

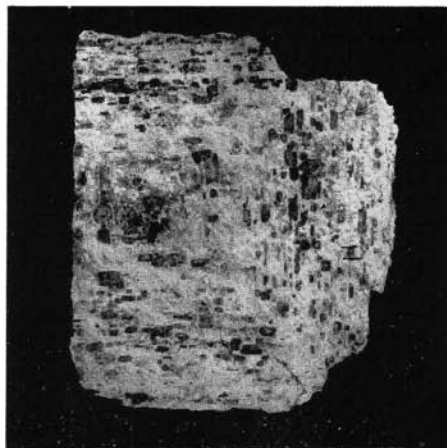


Abb. 2



Abb. 3

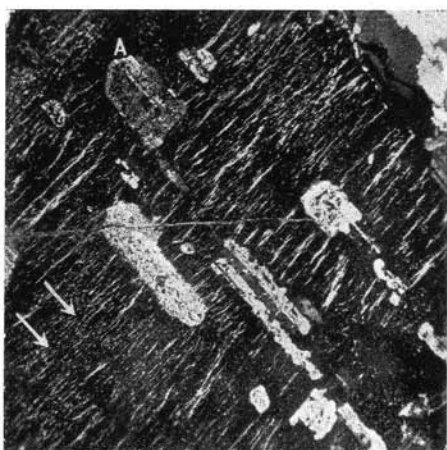


Abb. 4

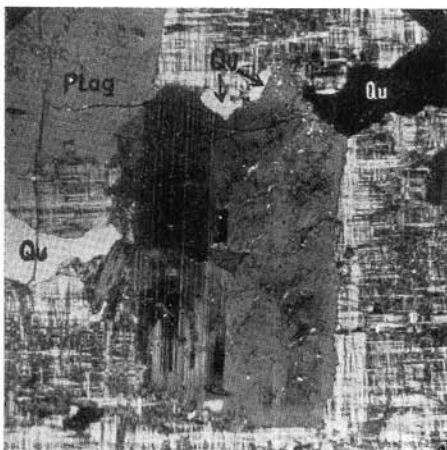


Abb. 5

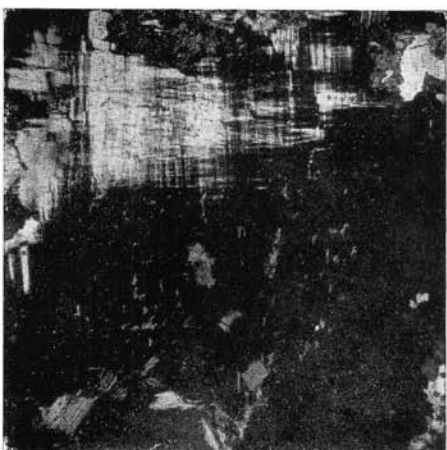


Abb. 6

### Erklärung zu den Abbildungen auf Tafel IX

Abb. 7: Zonargebauter Kalifeldspat; Auge aus dem Bittescher Gneis, Moravicum. Rodingersdorf bei Horn, Niederösterreich. Näheres im Text, S. 76 f. — 21x.

Abb. 8: Idiomorph-zonargebauter Kalifeldspat. Syenit von Biella, Piemont. Im Zentrum des Kornes durch wechselnde Auslöschungsschiefe, außen durch beginnende Perthitentmischung angedeuteter oszillatorischer Zonarbau. Deutlich gekrümmte Zwillingsnaht des Karlsbader Zwillings. P = geregelte Einschlußplagioklase. Vgl. S. 80. — 23x.

Abb. 9: Reliktischer Zonarbau in dunkel gestelltem Kalifeldspat. Granit der St. Diedeler-Höhe, Vogesen (Fa. Kranz in Bonn). Die durch wandernde Auslöschungsschiefe gekennzeichneten Zonen sind völlig glattrandig, ungleich betont und verschieden breit. Trotzdem nur spärliche Reste eines oszillatorischen Zonarbaues in einem Schliiff vorkommen, sind gerade diese Stellen kennzeichnend für die Art des Kornwachstums. Vgl. S. 79. — 23x.

Abb. 10: Zonarperthit mit deutlicher Mikroklingitterung. — Porphyroidgneis („Zentralgneis“) der nördlichen Sulzbachzunge, östlich vom Untersulzbachtal. Hohe Tauern. Beachtlich ist die schnurgerade Anlage der ungleich breiten und verschieden natronreichen Zonen. Links unten und rechts oben ist der Zonarbau bereits durch die Umwandlung verwischt. — 220x.

Abb. 11: Schlechte, reliktsiche Erhaltung eines oszillatorischen Zonarbaues (Zonarperthit neben Aderperthit). Zentralgranitgneis der nördlichen Sulzbachzunge nordwestlich P. 1668, östlich des Untersulzbachtales. Mittlere Hohe Tauern. — P = gefüllter Einschlußplagioklas. Auch der Perthit führt Füllungsmikrolithen. Vgl. S. 84. — 73x.





Abb. 7

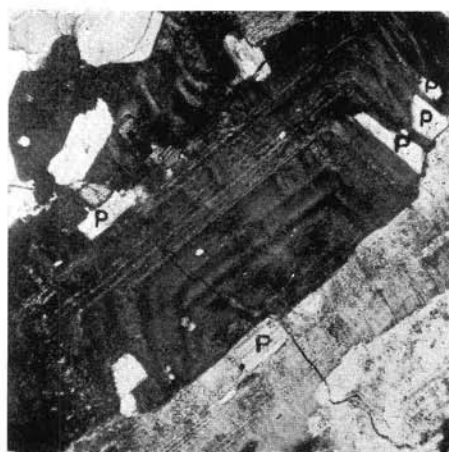


Abb. 8



Abb. 9



Abb. 11



Abb. 10

### Erklärung zu den Abbildungen auf Tafel X

Abb. 12: Aderperthit mit zwei orientiert eingeschlossenen, gefüllten Plagioklas-körnern, sowie Füllungsmikrolithen in bestimmten Adern. Zentralgranitgneis vom N-Rand der nördlichen Sulzbach-Zunge, östlich vom Obersulzbach, mittlere Hohe Tauern. — Diskussion im Text auf S. 116. — 40x.

Abb. 13: Randteil eines idiomorphen Zonarperthits mit glattem Rand und optisch gleich orientiertem einschlußreichem Anwachssaum, Porphyroidgneis aus der nördlichen Sulzbachzunge, westlich P. 1668, Untersulzbachtal, Hohe Tauern. — Die Perthitstreifen des Hauptkörpers, die oftmals aussetzen, liegen immer der Oberfläche des Korns parallel, d. h., sie pausen einen vom Kern ausgehenden Anwachsschalenaufbau ab. Der Anwachssaum ist dagegen nicht perthitisch aufgebaut — in ihn dürfte von Anfang an praktisch kein Na eingebaut worden sein. Er umschließt viele Grundgewebeskörner (besonders Quarz). Der Unterschied zwischen dem glatt begrenzten Hauptkörper mit seinem glattschaligen Aufbau einerseits und dem unregelmäßig mit dem Grundgewebe verzahnten Anwachssaum andererseits ist deutlich erkennbar. Die Zäsur zwischen beiden entspricht einer Diskontinuität im Kristallisationsablauf. — Die wenigen Füllungsmikrolithen (meist weiß) sind in den dunkler gestellten Perthitausscheidungen angereichert. Vgl. S. 83 und 124. — 70x.

Abb. 14: Orientierte Albitsaumbildung an der Grenze zweier Perthite. Roter Granit von Virbo, Schweden. — Beide gut begrenzten Albitsäume sind mit dem ihnen gegenüberliegenden Perthit kristallographisch gut // orientiert, was durch die Lage der Spaltrisse und Zwillingslamellen bekundet wird. Das ist nur so zu verstehen, daß die Perthite als Blastetrix richtunggebend auf die verdrängende Albitkornart gewirkt haben. Die Albitsäume sind bei niedriger Temperatur entstandene Bildungen von Grenzflächenreaktionen, die aber keinerlei Rückschluß auf die Entstehungsweise des Kalifeldspates zulassen. Vgl. S. 126. — 70x.

Abb. 15: Orientierte Albitsaumbildung, Zentralgneis, Untersulzbachtal, Hohe Tauern. — Hier ist die Orientierung der Albitsäume zumeist schwerer zu erkennen und in diesem Fall sind sie bereits durch Granulierung gestört. Vgl. S. 126. — 70x.

Photo: Abb. 1 und 2: Bors & Müller, alle anderen Abbildungen: G. Fraschl.

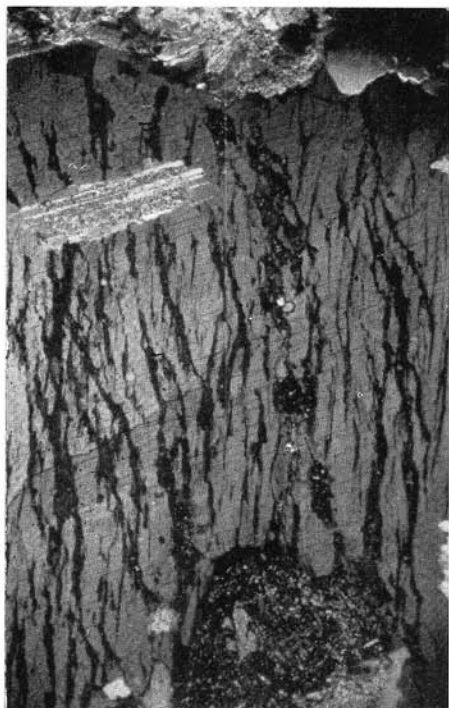


Abb. 12

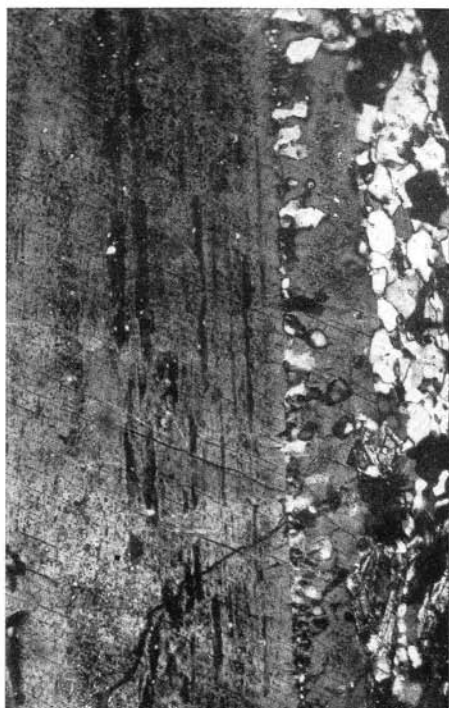


Abb. 13

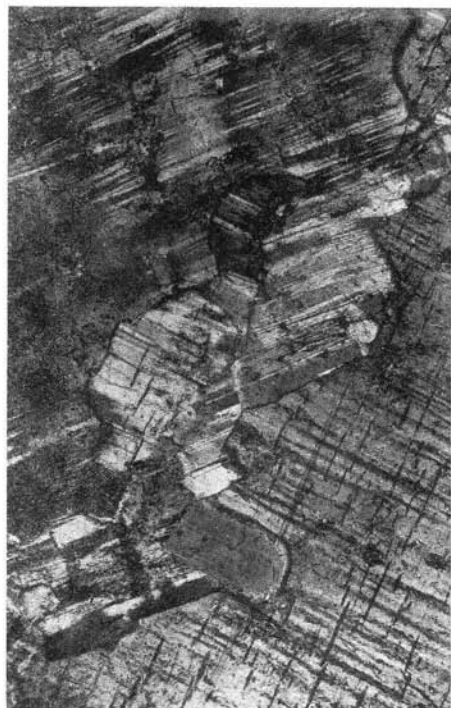


Abb. 14



Abb. 15