

Ueber homogene Deformation von Quarz und Piezokristallisation.

Von **L. Milch.**

Mit 4 Textfiguren.

Breslau, Februar 1904.

In seinem Aufsatz: »Ueber die Plasticität der Gesteine« (dies. Centralbl. 1902, p. 161—171) sagt E. WEINSCHENK (p. 168):

»Die Veränderung der Form, welche beim Kalkspath wohl als Gleitung in weitestem Maasse möglich ist, führt beim Quarz zur Aufhebung des Zusammenhangs, zum Bruch. Eine Streckung und Auswalzung der einheitlichen Krystalle von Quarz, wie sie von FUTTERER z. B. zur Erklärung der sogenannten Kaulquappenquarze von Thal unfern Eisenach in Thüringen als wahrscheinlich betrachtet wird, widerspricht allen Beobachtungen, welche wir an diesem Mineral sonst machen«. In demselben Sinne führt er in seinem Buche: »Grundzüge der Gesteinskunde I« aus: »dass vollends einzelne Individuen von Quarz, so z. B. die Einsprenglinge in gewissen Quarzporphyren oder die Quarzkörner in Sandsteinen, unter den Einwirkungen von Zug oder Druck eine innere homogene Deformation erleiden können, ohne dass gleichzeitig eine völlige Zertrümmerung derselben eintritt, wie dies z. B. für die langgestreckten, nach ihrer Form als Kaulquappenquarze bezeichneten Individuen im Quarzporphyr von Thal in Thüringen, für die länglichen Quarzkörner gewisser »gestreckter« Sandsteine behauptet wurde, steht in unvereinbarem Gegensatz zu dem Verhalten desselben Minerals an Tausenden von Punkten, wo sich dasselbe als durchaus spröde und nicht deformirbar erweist« (p. 134).

In dieser allgemeinen Form ist die Behauptung jedenfalls nicht richtig und konnte nur bei völliger Vernachlässigung der über Umformungen von Quarzen in Sedimentgesteinen veröffentlichten Beobachtungen aufgestellt werden.

Ich beabsichtige nicht, in eine Discussion über die Möglichkeit einer bruchlosen Faltung der Gesteine einzutreten, und ebenso-

wenig die Entstehung paralleler Structuren in richtungslosen Gesteinen hier zu behandeln, sondern will nur zeigen, dass eine »Streckung und Auswalzung« einheitlicher Körner beim Quarz thatsächlich vorkommt, dass auch der Quarz unter der Einwirkung des Gebirgsdruckes kryptomorphe Componenten liefert. Dass es sich in den von mir studierten Fällen nicht um krystallographisch begrenzte, authigene Quarze, sondern um allothigene und allothimorphe, dabei aber durchaus homogene Körner handelt, ändert natürlich am Wesen des Vorgangs garnichts.

Die Beispiele entstammen dem Verrucano der Glarner Berge, dessen Untersuchung ich zum Theil in der Absicht unternommen hatte, die Einwirkung des Gebirgsdruckes auf Gesteine unter Verhältnissen kennen zu lernen, in denen die Form der Gemengtheile unter keinen Umständen auf Vorgänge bei der Erstarrung zurückgeführt werden kann; gerade die verschiedenen Ansichten über die Ursache der Gestalt der Kaulquappenquarze von Thal bei Eisenach legten eine Untersuchung der Einwirkung des Gebirgsdruckes auf die Gestalt der Componenten von Sedimentgesteinen nahe. Die »Beiträge zur Kenntniss der Verrucano« (Leipzig 1892—1896), besonders der zweite Theil, enthalten zahlreiche Angaben über bruchlose Streckung und Auswalzung von Quarzkörnern; auf diese Verhältnisse bin ich ausserdem im Zusammenhange in dem Aufsatz: »Beiträge zur Lehre von der Regionalmetamorphose« (Neues Jahrb. Beil. Bd. IX, p. 101—128, 1894) eingegangen (l. c. passim, spec. p. 105, 111—112 etc.) Da WEINSCHENK diese Angaben zwar nicht widerlegt, aber, ohne sie zu berücksichtigen, bei Formveränderung des Quarzes Bruch als nothwendige Folge erklärt, sehe ich mich genötigt, auf diese Ausführungen, besonders auf die Schilderung der kryptomorphen Quarze in dem »krummlaserigen Gneiss« des Vorderrheinthals (l. c. p. 111—112) nachdrücklich hinzuweisen und ein für Streckung und Auswalzung des Quarzes besondere Beweiskraft besitzendes Vorkommen etwas ausführlicher zu schildern.

Das Conglomerat des Murgthales, südlich vom Wallensee, enthält neben sehr verschieden grossen Bruchstücken von Porphy und Granit nahezu isometrische Quarzkörner von 2—3 mm Durchmesser, die ihrem Habitus nach zum grössten Theil dem Porphy entstammen; die genannten Gemengtheile sind verkittet durch einen mittel- bis feinkörnigen Sandstein mit eisen-schüssig thonigem Caement. In einem hierher gehörigen Gestein beobachtet man nun die in der Figur 1 dargestellten Verhältnisse; ich verdanke diese und die folgenden Abbildungen der Freundlichkeit des Herrn Professor Dr. W. VOLZ, dem ich auch an dieser Stelle meinen besten Dank ausspreche.

An ein Porphygeröll, das im Dünnschliff in einem Durchschnitt

von 3 mm Länge und 1,3 mm Breite auftritt, stösst ein Quarz, der sich dem Porphyrgeröll vollständig angeschmiegt hat und sich in seiner Gestalt durchaus von dem Geröll beeinflusst erweist. An der convexen Aussenseite des Gerölls liegt eine concave Begrenzung des Quarzes; die Krümmung des Quarzes verläuft parallel der Krümmung des Gerölls und ist ziemlich erheblich; die Enden des langgestreckten Gebildes sind 2 mm von einander entfernt und der

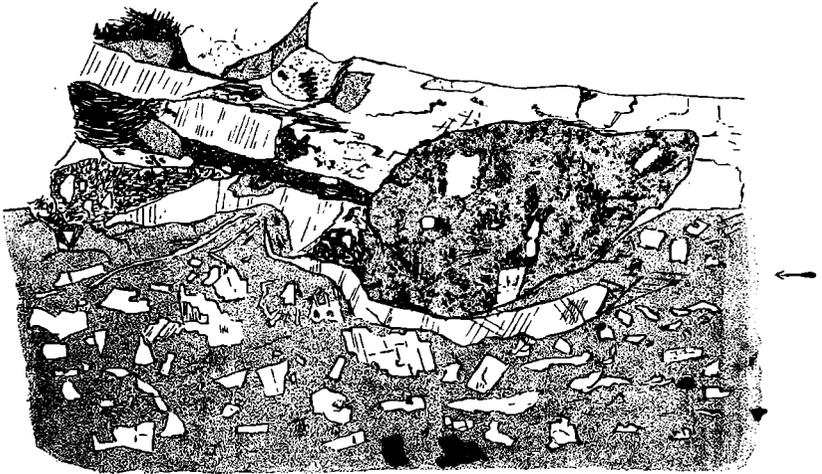


Fig. 1. Vergr. appr. 1:25.

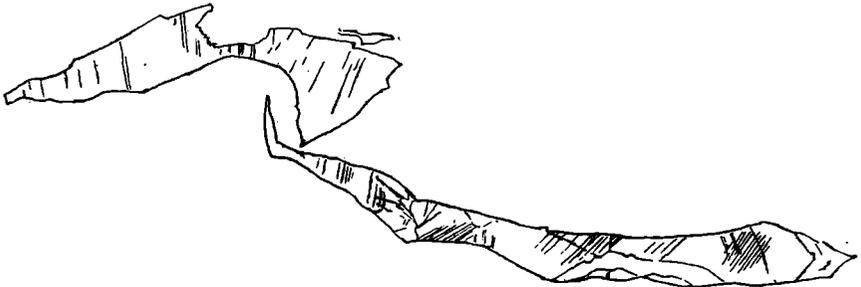


Fig. 2. Vergr. appr. 1:40.

innere Rand des Kornes weicht bis zu 0,3 mm von der Verbindungslinie der Endpunkte ab. Die grösste Breite des Kornes (ziemlich nahe an dem einen, in der Zeichnung rechts liegenden Ende) beträgt 0,2 mm.

Eine Untersuchung des Quarzkornes bei stärkerer Vergrößerung und zwischen gekreuzten Nikols zeigt, dass ein Bruch nur an

einer Stelle zu erkennen ist, nämlich dort, wo sich der innere Rand des Kornes am weitesten von der Verbindungslinie der Endpunkte entfernt; aber auch hier ist der Zusammenhang des Kornes möglicherweise nicht völlig unterbrochen. In Fig. 2, die das Quarzkorn bei stärkerer Vergrößerung wiedergibt, ist diese Stelle deutlich zu erkennen; auf eine Darstellung der vielleicht die Verbindung herstellenden Streifen wurde verzichtet, da ihre Deutung nicht ganz sicher ist. Eine Beschreibung des Kornes erübrigt sich durch die Zeichnung; es soll nur auf die eigentümlichen Linien, die sich in ihrem Verlaufe von der Drehung des Kornes abhängig erweisen und vielleicht Spaltungsrichtungen entsprechen, sowie besonders auf die intensive und dabei völlig bruchlose Krümmung des linken Endes aufmerksam gemacht werden, das in Fig. 3 in vergrößerter Maassstabe dargestellt ist und zu deren Zustandekommen das darüber liegende Quarzkorn Veranlassung giebt.

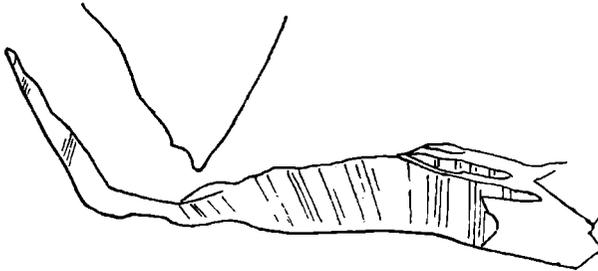


Fig. 3. Vergr. appr. 1:110.

Eine optische Untersuchung des Kornes lehrt folgende Verhältnisse kennen:

Das Korn zerfällt optisch in eine grosse Anzahl von schmälereu und breiteren Streifen, die aber auch nicht homogen, sondern un-
dulös auslöschen und teilweise wieder sich in Streifen zerlegen lassen; eine scharfe Grenze ist nur an einer Stelle, dem Bruch vorhanden. Immerhin lassen sich für einzelne Complexe Stellen finden, bei denen der grösste Theil eines derartigen Complexes zwischen gekreuzten Nikols annähernd gleichzeitig dunkel, bei Anwendung des Gypsblättchens annähernd gleichmässig roth, resp. mehr oder minder einheitlich mit eingelagerten Zwillingslamellen erscheint. Die Grenzen derartigen Complexes sind fast nie scharf, sondern gewöhnlich durch Uebergangszonen verwischt. Es wird daher von der Wiedergabe der im Einzelnen studirten optischen Verhältnisse Abstand genommen und nur in Fig. 4 auf einer Linie, die ungefähr der Gestalt des Kornes im Schliff folgt, die Abweichung der Auslöschungsrichtungen in den einzelnen Complexen in Graden angegeben. Als Nullpunkt wurde die Lage der Auslöschungsrichtungen eines Complexes gewählt, von der die Aus-

lösungsrichtungen aller anderen Complexe in demselben Sinne abweichen.

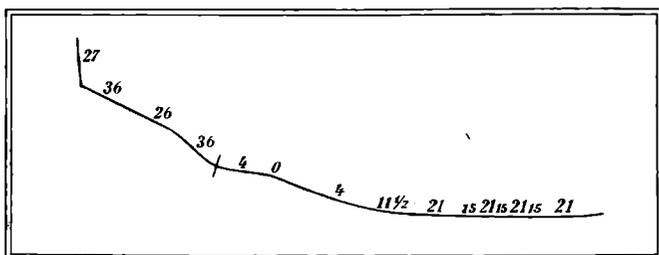


Fig. 4.

Es ist somit unabhängig von jeder Theorie nachgewiesen, dass ein Quarzkorn eine »innere homogene Deformation« erlitten hat, »ohne dass gleichzeitig eine völlige Zerkümmerung derselben eintritt«. Da sich derartige Veränderungen in einem typischen mechanischen Sediment abgespielt haben, so sind sie ausschliesslich den »Einwirkungen von Zug oder Druck« zuzuschreiben; es vermag somit auch der Quarz unter der Einwirkung des Gebirgsdruckes kamptomorphe Componenten krystalliner Schiefer in dem früher von mir entwickelten Sinne (Neues Jahrb. B. Bd. IX p. 108, 109) zu liefern.

Die von WEINSCHENK an verschiedenen Stellen der erwähnten Arbeiten geltend gemachten Gründe gegen die Möglichkeit einer homogenen Deformation des Quarzes kommen immer in der Hauptsache auf die unbestrittene und unbestreitbare Thatsache heraus, dass sich dieses Mineral »an Tausenden von Punkten . . . als durchaus spröde und nicht deformirbar erweist«. (Allgem. Gesteinskunde p. 134.) Dieser Beweis, der vor dem Studium der Translationsverhältnisse mit dem gleichen Recht für die Sprödigkeit und Undeformirbarkeit des Steinsalzes und des Kalkspathes hätte geltend gemacht werden können, ist durch den Nachweis eines einzigen, mechanisch gebogenen Quarzkornes endgültig widerlegt. Aber auch aus theoretischen Gründen erscheint mir die Möglichkeit einer homogenen Deformirbarkeit für Quarz besser zu begründen als die Annahme absoluter Sprödigkeit: auf Grund seiner bekannten Untersuchungen gelangt F. AUERBACH zu dem Satze, dass die Definitionen für plastische und spröde Körper nur für die beiden Extreme gelten; »in Wahrheit ist Plasticität eine quantitative Eigenschaft der Stoffe und ein absolut spröder Stoff stellt den Specialfall eines Stoffes von der Plasticität null dar«. (Kanon der Physik, p. 121, Leipzig 1899, vergl. auch F. AUERBACH, Plasticität und Sprödigkeit, Ann. d. Phys.

u. Chemie, N. F., 45, p. 277 ff. spec. 278—281, 1892), und MÜGGE hat durch seine sehr zahlreichen experimentellen Studien nachgewiesen, »dass unter den Krystallen, besonders auch den natürlichen, nicht wenige plastisch sind, dass es durch besonders grosse Plasticität ausgezeichnete Richtungen giebt und dass dadurch eine Reihe von Cohäsionseigenschaften der Krystalle, nämlich bruchlose Biegungen, Torsionen . . . verständlicher werden«. (Ueber Translationen und verwandte Erscheinungen in Krystallen, N. Jahrb. 1898, I, p. 71.) Es ist somit wohl kaum ein unberechtigter Analogieschluss, die Plasticität als eine allen krystallisirten Körpern innewohnende Eigenschaft zu betrachten, die in verschiedenen Substanzen nur in verschiedenem Grade entwickelt ist. Die von WEINSCHENK (dies. Centralblatt 1902, p. 162 ff.) beschriebene Beobachtung, dass im Kalk von Wunsiedel unter der Einwirkung der gleichen Spannung Quarkörner zertrümmert, Kalkspathkörner homogen verbogen wurden, ist nur ein schöner Beweis für die nie bestrittene grössere Translationsfähigkeit des Kalkspathes gegenüber der des Quarzes; wenn sich der Quarz durch experimentelle Untersuchungen bisher als eine sehr spröde Substanz erwiesen hat, so giebt auch WEINSCHENK zu, dass die in den tieferen Theilen der Erdrinde herrschenden physikalischen Verhältnisse der Entstehung von Translationen und Biegungen günstiger sind als die Verhältnisse im Laboratorium. Seine als Grund gegen die Wirksamkeit dieser günstigeren Verhältnisse geltend gemachte Annahme: »Aber es giebt für die Möglichkeit der homogenen Deformation, welche diese Art von Plasticität bedingt, ebenso sicher einen je nach der in Betracht kommenden Substanz verschiedenen kritischen Punkt, etwa wie für Schmelz- und Siedetemperatur, eine feste Grenze, jenseits deren der weiter gesteigerte Druck unter jeder denkbaren Belastung zu einer Lösung des inneren Zusammenhangs des Krystalles führt« (dies. Centralblatt 1902, p. 168), ist vorläufig völlig unbewiesen und die Berechtigung, hier dem Schmelzen und Sieden entsprechende Verhältnisse voraus zu setzen, steht keineswegs ausser jedem Zweifel. Wollte man aber auch zunächst die Berechtigung dieser Behauptungen zugeben und einen derartigen kritischen Punkt annehmen, so könnte sein Vorhandensein für die Frage nach der homogenen Deformation des Quarzes nur dann herangezogen werden, wenn nachgewiesen würde, dass der zur Deformation des Quarzes erforderliche Druck jenseits dieser festen Grenze liegt — und hierfür fehlt jede, auch die schwächste Andeutung. Umgekehrt lässt WEINSCHENK's Annahme von der völligen Sprödigkeit und Undeformirbarkeit des Quarzes jede Erklärung für die so oft beobachtete und vielfach beschriebene »eigenthümlich striemige«, bisweilen an Plagioklas erinnernde Beschaffenheit unregelmässig umrandeter Quarkörner vermissen, die »als eine mit der undulösen Auslöschung zusammenhängende und wohl auf secundäre Zwillingslamellirung zurückzuführende Wirku

Druckes gilt« (ZIRKEL, Petrographie I, p. 196). Dass es übrigens überhaupt nicht zulässig ist, die Beantwortung der Frage nach der Plasticität eines Stoffes unter der Einwirkung des Gebirgsdruckes von den Ergebnissen der Laboratoriumsversuche bei gewöhnlichem Druck abhängig zu machen, beweist sehr deutlich das Verhalten des Kalkspathes, dessen hervorragende Fähigkeit, unter der Einwirkung des Gebirgsdruckes sich homogen zu deformiren, auch WEINSCHENK zugiebt, während der Laboratoriumsversuch zeigte, »dass dieses Material, wenn es sich auch noch als spröde charakterisirt, doch eine gewisse Mittelstellung einnimmt« (AUERBACH, Plasticität und Sprödigkeit, p. 290).

Schliesslich ist nach unserem gegenwärtigen Wissen vom physikalisch-chemischen Standpunkt aus kein theoretischer Grund gegen die Annahme einer Plasticität fester Körper unter Druck geltend zu machen, wie die Angabe OSTWALD's beweist, »dass bei hohen Drucken fast alle Körper sich als plastische verhalten« und sein sich unmittelbar anschliessender Satz: »Nicht weniger häufig beobachtet man plastische Umformungen an krystallinischen Gesteinen durch die sehr langsam, aber intensiv wirkenden Druckkräfte bei geologischen Vorgängen«. Aus dem von SPRING nachgewiesenen Zusammenfliessen krystallisirter Stoffe durch starken Druck folgert er: »Unter solchen Umständen zeigen also die festen Körper die Eigenschaft, ebenso wie die Flüssigkeiten den ihnen gebotenen Raum völlig auszufüllen und keine eigene Gestalt zu haben« (Lehrbuch der allgemeinen Chemie II, 2, Verwandtschaftslehre I, Erster Theil, p. 391 resp. 392, Leipzig 1896—1902).

Aus dem Nachweis, dass Biegungen beim Quarz unter der Einwirkung des Druckes entgegen WEINSCHENK's Annahme tatsächlich vorkommen, folgt natürlich nicht unmittelbar, dass alle unregelmässig krummflächig begrenzten, optisch anomalen Quarzkörner in entsprechender Weise entstanden sind. Lehnt man die Erklärung späterer mechanischer Beeinflussung ab, so sehe ich allerdings keine Möglichkeit, derartige Bildungen in Sedimentgesteinen zu erklären, da diese Gebilde mit den von TSCHERMAK erklärten, gedrehten Bergkrystallen ihrem ganzen Verhalten nach in keiner Weise verglichen werden können; für entsprechende Bildungen in Eruptivgesteinen kann man zunächst, wie es WEINSCHENK thut, an eine primäre Entstehung unter besonderen Verhältnissen denken. Aber auch hier macht die Vorstellung, dass durch einen der Krystallbildung entsprechenden Vorgang primäre Gebilde von der Beschaffenheit der bekannten »Kaulquappenquarze« entstehen sollen, erhebliche Schwierigkeiten. Nach keiner der jetzt allgemein angenommenen Definitionen sind derartige Körper als »Krystall« oder als »krystallisirt« zu bezeichnen: das optische Verhalten ist an verschiedenen Theilen einer und derselben Graden, auf parallelen Linien und auf parallelen Ebenen durchaus

ungleich, somit ist die Anordnung der Molekeln um jede derselben herum nicht die gleiche wie um jedes andere, das Gebilde ist demgemäss kein homogener fester Körper mit regelmässiger Molekularstruktur, mithin kein Krystall. Wollte man aber auch zunächst die völlig unbewiesene Annahme machen, dass unter der Wirkung eines einseitigen Druckes bei der Ausscheidung von Krystallmolekeln aus Schmelzfluss die Wirkung ihrer anziehenden Kräfte bis zur Aufhebung der Homogenität der entstehenden Gebilde beeinflusst wird, so kommt man immer noch nicht über die Schwierigkeit hinaus, dass ein orientirter Druck sich überhaupt nur in schon sehr zähflüssig gewordenen Theilen des Magmas geltend machen kann, in denen gerade die Zähflüssigkeit die Wirkung der das Krystallwachsthum veranlassenden Anziehung der Molekeln aufeinander schwächen oder völlig aufheben muss, in jedem Falle sicher die Bildung grösserer Individuen verhindert.

Nun hat zwar O. LEHMANN (Zeitschrift f. Kryst. I p. 484, 485) gezeigt, dass gerade zunehmende Viscosität zur Krümmung der sich ausscheidenden Gebilde führen kann, aber diese Angaben beziehen sich sämmtlich auf überaus dünne Nadeln und Blättchen, die sich beim Dickenwachsthum strecken und krystallographisch begrenzte Körper liefern. Ihnen entsprechen unter den natürlichen Bildungen die Trichite in glasigen Grundmassen; Componenten von Tiefengesteinen und Einsprenglinge von Ergussgesteinen wie die Kaulquappenquarze von Thal bei Eisenach können schon ihrer Grösse wegen nicht mit diesen Bildungen verglichen werden; ihre Dimensionen schliessen den Gedanken an eine Ausscheidung aus einem die normale Auskrystallisation durch Viscosität verhindernden Magma von vorn herein aus. Ein orientirter Druck, dessen Einfluss WEINSCHENK die unregelmässige Umgrenzung und den unregelmässigen Aufbau der sich ausscheidenden Bildungen zuschreibt, müsste aber in einer zähflüssigen Masse — soweit eine Krystallisation noch möglich sein sollte — offenbar im gleichen Sinne richtend auf das bereits ausgeschiedene, im Wachsen begriffene Gebilde und ordnend auf die herbeieilenden Krystallmolekeln wirken; er würde mithin dem von LEHMANN zur Erklärung der unregelmässigen Bildungen aus zähflüssigen, unter normalem, resp. gleichmässigem Druck stehenden Mutterlaugen angenommenem Vorgang (die Molekeln treffen unregelmässig auf und können sich wegen der Zähflüssigkeit der Mutterlauge nicht mehr parallel ordnen) gerade entgegen wirken. Es ist vorstellbar, dass eine derartige Zuführung anschliessender Molekeln vielleicht eine Bevorzugung einer krystallographischen Fläche vor den übrigen bewirkt, mithin die Ausbildung tafelförmiger Krystalle begünstigt; eine Entstehung unregelmässig begrenzter und unregelmässig gebauter, gekrümmter Ausscheidungen von erheblichen Dimensionen erscheint unter den entwickelten Verhältnissen schwer verständlich.

Entsprechende Einwürfe lassen sich, von der Lehre vom Wachstum der Krystalle ausgehend, auch gegen WEINSCHENK's Erklärung der Einschlüsse von Klinozoisit, Granat, Kaliglimmer und Sillimanit in den Plagioklasen der zentralalpiner Granite geltend machen. Nach seiner Auffassung »stand die ganze erstarrende Masse unter ungemein bedeutender Spannung, welche das unter den gegebenen Verhältnissen denkbar kleinste Molekularvolumen der krystallisirenden Mineralien hervorzubringen bestrebt ist. Ein Theil des Wassers, mit dem der Schmelzfluss gesättigt ist, tritt in die Konstitution einzelner Mineralien ein, welche unter normalem Druck im Schmelzfluss nicht bestandfähig sind; die Plagioklase zerfallen im Moment ihrer Krystallisation in specifisch schwere Kalkthonerdesilicate, welche von dem Rest des Feldspaths umhüllt werden« (Grundzüge der Gesteinskunde, I, pag. 52). Die Discussion soll die Frage, ob die genannten Minerale sich unter hohem Druck primär als Gemengtheile von Eruptivgesteinen bilden können, nicht berühren, sondern sich nur auf die behauptete Entstehung aus Plagioklas-Molekeln gewissermassen in statu nascendi beschränken. Nach der Vorstellung WEINSCHENK's müssten sich die zur Bildung eines grösseren Krystalls erforderlichen Plagioklas-Molekeln schon im schmelzflüssigen Zustand zusammengefunden und vor ihrer Verfestigung dem übrigen Magma gegenüber eine Einheit gebildet haben, die sich als solche sogar bei dem plötzlich »im Moment ihrer Krystallisation« eintretenden Zerfall ihrer Molekeln hätte behaupten können. Schwierigkeit bereitet ferner die Annahme, dass sich in dem unter hohem Druck stehenden Schmelzfluss Plagioklas-Molekeln zusammen finden sollen, die sich bei der Auskrystallisation unter gleichem (jedenfalls nicht höherem) Druck als nicht bestandfähig erweisen, und schliesslich der Umstand, dass nicht alle Plagioklas-Molekeln eines und desselben, in der Bildung begriffenen Krystalls unter den »im Moment der Krystallisation« völlig gleichen Verhältnissen das gleiche Schicksal des Zerfalls in specifisch schwere Kalkthonerdesilicate erfahren sollen.

Zu dieser Auffassung gelangt WEINSCHENK, weil es ihm unmöglich erscheint, durch die Annahme secundärer Veränderungen zu erklären, »wie in einem sonst durchaus unverletzten und wohlumgrenzten Plagioklaskrystall ohne Erschütterung seines Gefüges die Unmasse winziger, regellos angeordneter, aber krystallographisch oft gut begrenzter Klinozoisit-Individuen sich entwickeln konnte«. (Grundzüge der Gesteinskunde, p. 52). Ich vermag mich zunächst nicht davon zu überzeugen, dass diese Einschlüsse in den Plagioklasen zwingend einer anderen Erklärung bedürfen, wie die beispielsweise bei der Saussuritisierung, Sericitisierung und Epidotisierung sich secundär entwickelnden, winzigen und sehr oft regellos angeordneten Neubildungen, die auch mehr oder weniger gut begrenzt sich in grosser Zahl in einem älteren Mineral ein-

stellen, ohne dessen Gefüge zu erschüttern. Sollte jedoch ein Unterschied zwischen diesen Gruppen von Einlagerungen bestehen, so wäre es immer noch theoretisch denkbar, dass dieser Vorgang durch Einschlüsse von agents minéralisateurs beschleunigt oder in bestimmter Richtung beeinflusst wird; ebenso kann man sich vorstellen, dass die Menge dieser gasförmigen, resp. flüssigen Einschlüsse event. von dem Druck, unter dem die Krystallisation stattfindet, abhängig ist, so dass vielleicht ein indirekter Zusammenhang zwischen Druck bei der Bildung des Krystalls und der Beschaffenheit der sich im Krystall secundär entwickelnden Neubildungen vorhanden sein kann¹.

Wäre aber ein derartiger primärer oder secundärer Zerfall von Plagioklas-Molekeln eine Folge der Krystallisation unter Druck, so wäre es unbegreiflich, dass diese Art der Ausbildung auf centralalpine Granite beschränkt wäre; entsprechende Bildungen müssten in zahlreichen Plagioklas-führenden Tiefengesteinen auftreten, von denen sich wenigstens ein erheblicher Theil gleichfalls unter hohem Druck verfestigt hat. So lange die für die Krystallisation »unter ungemein bedeutender Spannung« charakteristischen Eigenschaften auf Gesteine in intensiv gefalteten Gebirgen beschränkt bleiben, können sie meines Erachtens nicht als Beweise für Piëzokrystallisation und gegen Dynamometamorphose anerkannt werden.

¹ Vergl. auch die Anmerkung BECKE's über diese Frage in der mir erst nach Drucklegung dieser Arbeit zugänglich gewordenen Abhandlung: I. Ueber Mineralbestand und Struktur der krystallinen Schiefer. (Denkschriften Kais. Akad. Wissensch. Math.-naturw. Cl. 75. p. 5 des Abdruckes. 1903.)