

Ueber magmatische Resorption und porphyrische Struktur.

Von

L. Milch in Breslau.

Eingehende Untersuchungen über die Ganggesteine des Riesengebirgsgranites, über deren vorläufige Ergebnisse ein Vortrag auf der Versammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft zu Breslau im September 1904 berichtete (vergl. Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 56. - 150-), lenkten immer von neuem die Aufmerksamkeit auf eine bekannte, aber in ihrem Zusammenhange theoretisch wohl noch nicht genügend untersuchte Erscheinung, die Häufigkeit magmatischer Korrosion bei Individuen sämtlicher in dem Gestein als Einsprenglinge auftretender Mineralarten in der Reihe der granitporphyrischen Ganggesteine.

Die zur Erklärung dieser Tatsache angestellten Erörterungen vereinfachten und erweiterten das Problem zu der Frage: Unter welchen Verhältnissen kann überhaupt bei Ganggesteinen eine Resorption mineralogisch verschiedener Komponenten eintreten? — die auf Grund der petrographisch-geologischen und physikalisch-chemischen Verhältnisse sich ergebende Antwort führte unerwartet zu einer bisher nicht berücksichtigten, bei allen Arten von Erstarrungsgesteinen möglichen Entstehungsweise porphyrischer Strukturen.

I.

Die meisten in der speziell petrographischen Literatur bisher für Resorptionsvorgänge angegebenen Gründe berücksichtigen entweder die Verhältnisse der Tiefengesteine, soweit sie die Korrosion der Störung des Gleichgewichts zwischen den älteren Mineralbildungen und der durch ihre Ausscheidung veränderten Mutterlauge zuschreiben, oder die Verhältnisse der Ergußgesteine, insofern die Veränderungen, welche in der Effusionsperiode durch das Entweichen der Gase und Dämpfe oder durch Aufheben des bis zum Ausbruch auf dem Magma lastenden hohen Druckes eintreten, als Ursachen der Resorption gelten. Zu ihnen trat in jüngster Zeit eine von J. H. L. VOGT in seinem Werke: „Die Silikatschmelzlösungen“ gegebene Erklärung (II. p. 156 ff. 1904), die ohne Rücksicht auf spezielle geologische Verhältnisse lediglich die allgemein für Silikatschmelzflüsse geltenden Gesetze zugrunde legt. Im folgenden soll zunächst der Nachweis geführt werden, daß keine dieser Erklärungsweisen für sich allein oder in Verbindung mit einer anderen bisher gegebenen für die bei granitporphyrischen Ganggesteinen beobachteten Verhältnisse ausreicht. Zu diesem Zweck müssen in erster Linie die Beobachtungen, welche diese Untersuchungen angeregt haben, in ihrer einfachsten Form kurz geschildert werden, sowie Bedenken, welche überhaupt gegen die Erklärung der Deformation von Einsprenglingen durch magmatische Resorption ausgesprochen wurden, auf ihre Richtigkeit und allgemeine Gültigkeit geprüft werden.

An dem „Schärfe“ genannten, in das Tal des Zackenflusses hineinragenden Bergsporn zwischen Petersdorf und Hermsdorf im Riesengebirge, nur durch das Tal des Heidewassers von dem die gleichnamige bekannte Burgruine tragenden Kynast getrennt, tritt ein bis über 15 m mächtiger Granitporphyrgang auf, der sich weit in das Gebirge hinein verfolgen läßt. Das Gestein ist ein normaler Granitporphyr mit deutlich entwickelten Salbändern gegen den Granit.

Die Grundmasse des Hauptgesteins besteht aus

Feldspat und Quarz, deren Individuen um appr. 0,05 mm Durchmesser schwanken, in wesentlich autallotriomorpher Anordnung mit Übergängen teils in die poikilitische, teils in die granophyrische Struktur; die Grundmasse der Salbänder erscheint auch bei stärksten Vergrößerungen, von zweifellos neugebildeten glimmerähnlichen Blättchen abgesehen, dicht und wenig durchsichtig, so daß eine primär glasige Beschaffenheit weder behauptet noch bestritten werden kann. Die Einsprenglinge von Plagioklas, Kalifeldspat und Quarz, die mit einem mittleren Durchmesser von 1—2 mm in diesen Grundmassen liegen, besitzen verhältnismäßig sehr selten Kristallgestalt, sondern erscheinen ganz unregelmäßig oder in bekannter Weise rundlich bis zum Fehlen jeder Andeutung einer Kristallfläche und schließlich durch tiefe Einschnitte geradezu lappig begrenzt; besonders auffallend sind diese Erscheinungen wie gewöhnlich beim Quarz entwickelt.

Die mehrfach ausgesprochenen Bedenken gegen die Annahme höheren Alters der Einsprenglinge gegenüber der Grundmasse veranlassen zu der Feststellung, daß hier die Einsprenglinge sich in der dichten Grundmasse des Salbandes und in der relativ grobkörnigen Grundmasse des Hauptgesteins quantitativ und qualitativ ganz gleich verhalten. Hieraus folgt, daß die Einsprenglinge in einer früheren Periode der Entwicklung, vor Herausbildung der abweichende Entwicklung des Salbandes bedingenden Verhältnisse im Schmelzfluß entstanden sein müssen.

R. KÜCH ist bekanntlich geneigt, „ohne die Existenz von Korrosionserscheinungen in bestimmten Fällen und an bestimmten Mineralien ganz in Abrede zu stellen, . . . die bei weitem größere Menge dessen, was so genannt wird, auf andere Faktoren zurückzuführen, und zwar im allgemeinen auf Wachstumsdeformitäten, bezüglich des Quarzes speziell auch noch auf mechanische Einflüsse“. (R. KÜCH in: W. REISS und A. STÜBEL, Reisen in Südafrika. Geologische Studien in der Republik Colombia. I. Petrographie. 1. Die vulkanischen Gesteine. Berlin 1892. p. 61.) Die freiwillige Bildung von Einbuchtungen beim Wachsen der Kristalle erscheint an sich

unwahrscheinlich, besonders wenn man die starke Neigung zum raschen Ausheilen von Verletzungen zur Beurteilung dieser Hypothese heranzieht; auch die Gestalt der als magmatisch korrodiert angesprochenen Bildungen zeigt gar keine Ähnlichkeit mit echten Wachstumserscheinungen, so daß von einer Erörterung dieser Annahme KÜCH'S hier wohl Abstand genommen werden kann.

Nicht so einfach liegen die Verhältnisse für die von R. KÜCH herangezogenen mechanischen Einflüsse: tatsächlich erscheinen eine Reihe von Quarzeinsprenglingen auch in den vorliegenden Gesteinen bei gewöhnlichem Licht einheitlich, zerfallen aber zwischen gekreuzten Nicols in zwei mehr oder weniger optisch verschiedene Teile, die durch einen deutlich erkennbaren Sprung getrennt sind. Diese Beobachtung zwingt zur Prüfung der Frage, inwieweit in diesem Gestein die Abwesenheit einer kristallographischen Begrenzung beim Quarz nach dem Vorgange von R. KÜCH (l. c. p. 63, vergl. auch Taf. III) durch Auseinanderlösen der Kristalle nach Zerberstungsflächen zu erklären ist, da eine Zurückführung dieser Grenzen auf subparallele oder Zwillingsverwachsung sich durch die Gestalt der Grenzen und durch das Vorhandensein wirklicher Trennungsflächen von selbst verbietet.

Zweifellos haben auch bei dem Granitporphyr der Schärfe an Zerberstungsflächen Verschiebungen der Teile eines Kristalls stattgefunden, die gelegentlich sogar zur Entstehung schmaler, aber deutlich klaffender, jetzt von Grundmasse erfüllter Spalten geführt haben; trotzdem ist die Erklärung KÜCH'S, die für eingebuchtete und lappige Formen wohl ganz allgemein versagt, auch für die rundlichen Quarzeinsprenglinge der vorliegenden Gesteine für sich allein unanwendbar: Gestalten, die einerseits von Kristallflächen, andererseits von konkaven Zerberstungsflächen begrenzt werden, oder die überhaupt irgend ein konkaves Begrenzungselement aufweisen, fehlen gänzlich, und gerade derartige Formen müßten in großer Zahl vorhanden sein, wenn durch Abspringen der äußeren Teile von Kristallen rundliche Kerne übrig bleiben sollten. In Verbindung mit magmatischer Korrosion und Resorption, welche möglicherweise die abgesprungenen und mit verhältnismäßig großer Oberfläche versehenen Splitter besonders wirk-

sam beeinflußt hat, kann das Zerspringen der Einsprenglinge, wie wohl nie bezweifelt wird, an der Ausbildung der unregelmäßigen Gestalt auch „der magmatisch korrodierten“ Einsprenglinge in größerem oder geringerem Grade mitwirken, bisweilen sogar den Charakter der Gestalten bedingen; wo aber die Splitter fehlen, oder wo Einbuchtungen und lappig gestaltete Durchschnitte auftreten, ist die Annahme chemisch auflösender Vorgänge unabweislich. Für die Frage nach der Ursache dieser lösenden Vorgänge ist es dann aber unerheblich, ob einer magmatischen Lösung ein Zerspringen von ausgeschiedenen Kristallen etwas häufiger oder seltener vorangeht. Es müssen somit die Resorptionsvorgänge auf chemisch-physikalischem Wege erklärt werden.

Eine rein chemische Einwirkung der Mutterlauge auf Kristalle, die sich aus ihr ausgeschieden haben, ist ohne Änderung der Temperatur oder des Druckes oder beider theoretisch undenkbar: Nach Ausscheidung der durch Übersättigung der Lösung bei bestimmtem, im weiteren Verlauf gleichbleibendem Druck und gleichbleibender Temperatur hervorgerufenen Kristalle ist das Gleichgewicht erreicht, da n Stoffe (die als Einsprenglinge ausgeschiedenen Minerale) in $n + 1$ Phasen (n kristallisierte Substanzen und schmelzflüssige Lösung) vorliegen — weitere Veränderungen der Mutterlauge sind unmöglich.

Veränderung der Mutterlauge und Möglichkeit der Resorption infolge dieser Veränderungen tritt, wie ROSENBUSCH gezeigt hat, ein bei sinkender Temperatur und gleichbleibendem Druck, also unter den Erstarrungsverhältnissen der Tiefengesteine; für granitporphyrische Gesteine ist diese Möglichkeit ausgeschlossen, da eine Mutterlauge, aus der sich bei weitersinkender Temperatur ohne Änderung des Druckes Quarz und Feldspat ausscheiden, unmöglich Quarz und Feldspat angreifen kann, die sich aus ihr bei dem gleichen Druck und bei höherer Temperatur gebildet haben.

Zur Erklärung der Resorptionsphänomene bei porphyrisch strukturierten Gesteinen hat man nun den Druck herangezogen, unter Berufung auf die Ergebnisse physikalisch-chemischer Studien, die gelehrt haben, daß mit dem Druck sowohl die

Löslichkeit wie der Schmelzpunkt kristallisierter Körper sich ändert.

Von den Beziehungen zwischen Druck und Löslichkeit der Minerale in den Magmen, aus denen sie sich entwickelt haben, wissen wir nichts (vergl. R. BRAUNS, Chemische Mineralogie. p. 92); da hier der Nachweis geführt werden soll, daß jedenfalls eine große Gruppe dieser Resorptionsphänomene, soweit sie sich auf die Korrosion der Einsprenglinge von Quarz und Feldspat in granitporphyrischen Gesteinen beziehen, auf den bisher eingeschlagenen Wegen sich nicht erklären lassen, möge die für die Erklärung der Korrosionserscheinungen durch Änderung des Druckes günstigste Annahme gemacht werden. Zweifellos besteht die Änderung des Druckes für einen Schmelzfluß, aus dem sich ein porphyrisch struiertes Gestein bildet, in den weitaus meisten Fällen — normal wohl ausnahmslos — in einer Verringerung des Druckes; es möge daher auch hier angenommen werden, wie es seit den Ausführungen von LAGORIO gewöhnlich geschieht, daß die Gemengteile der Eruptivgesteine sich aus dem Magma unter Kontraktion ausscheiden, daß mithin nach dem Gesetz von SORBY die Löslichkeit der ausgeschiedenen Kristalle im Magma durch Abnahme des Druckes wächst. [Die entgegengesetzte, jetzt besonders unter Berufung auf die vielfach bestrittenen, von NIES und WINKELMANN an Metallen ausgeführten Untersuchungen gemachte Annahme, welche den gesteinsbildenden Gemengteilen beim Auskristallisieren eine Ausdehnung zuschreibt, und die bekanntlich STÜBEL seiner Theorie der vulkanischen Eruptionen zugrunde legt, kann hier unberücksichtigt bleiben: von ihr ausgehend könnte man Resorption ausgeschiedener Gemengteile durch Veränderung des Druckes nur bei Druckzunahme erklären; eine Zunahme des auf ein aufsteigendes Magma wirkenden Druckes läßt sich aber geologisch nur schwer und keinesfalls als Regel konstruieren.]

Die bekannten Ausführungen von LAGORIO und IDDINGS, welche die Resorption von Einsprenglingen auf die Abnahme des Druckes durch die Eruption zurückführen, beziehen sich auf Ergußgesteine; beide Forscher können also eine beim Aufsteigen auf Spalten oder bei explosionsartigem Durchschlagen der über dem Magma lastenden Massen in gleicher Weise

zur Wirkung gelangende sehr starke Druckerniedrigung zugrunde legen. Bei der Entstehung granitporphyrischer Ganggesteine kann jedoch die Verminderung des Druckes nur sehr gering gewesen sein: die unmittelbar unter dem erstarrten Tiefengestein liegenden, noch mehr oder weniger schmelzflüssigen Massen sind in Spalten emporgepreßt worden, welche sich in dem Tiefengestein selbst, infolge weiterer Abkühlung der festen Masse, gebildet haben und gar nicht oder nur wenig in das Nebengestein und das Hangende eingedrungen sind. Die Abnahme des Druckes entsprach somit im günstigsten Fall der vertikalen Mächtigkeit des Tiefengesteins und konnte unter keinen Umständen so starke Resorptionsvorgänge hervorrufen, wie sie in granitporphyrischen Gesteinen weit verbreitet sind. Hierzu kommt, daß die relativ geringe Druckabnahme jedenfalls in dem der Beschreibung zugrunde gelegten Fall von erheblicher Temperaturabnahme begleitet war: das dichte Salband des grobkörnigen Ganges kann sich nur infolge von erheblicher Wärmeabgabe der randlichen Partien an die Wände der Spalte gebildet haben.

Der gleiche Grund, die relativ geringe Abnahme des Druckes bei der Intrusion des Ganggesteins, spricht auch gegen den Versuch, die durch die Verkleinerung des Druckes hervorgerufene Erniedrigung des Schmelzpunktes, wenn man diesem überhaupt einen Einfluß auf die Ausscheidung resp. Resorption der Kristalle zuschreiben will, für die Granitporphyre heranzuziehen. Nun haben die Untersuchungen TAMMANN'S gelehrt, daß es für jede kristallisierte Substanz eine Grenze der Schmelzpunktssteigerung durch Druck gibt, und daß jenseits dieser Grenze mit zunehmendem Druck der Schmelzpunkt sinkt, und ferner hat J. H. L. VOGT in seinem kürzlich erschienenen Werke „Die Silikatschmelzlösungen II“ gezeigt, daß der von BARUS gefundene, den bisherigen Rechnungen zugrunde gelegte Wert für die Schmelzpunktssteigerung ($0,025^{\circ}$ pro Atmosphäre) wahrscheinlich ungefähr fünfmal zu groß ist (l. c. p. 55—70, 209—210). Hieraus folgt ganz allgemein eine erhebliche Einschränkung des Gebietes, in dem sich eine Erniedrigung des Schmelzpunktes durch Druckabnahme überhaupt geltend machen kann und innerhalb dieses Gebietes für die Schmelzpunkte der gesteinsbildenden Minerale

eine Verringerung auf ungefähr den fünften Teil der bisher angenommenen Veränderungen. Nach den Rechnungen J. H. L. VOËR'S (l. c. p. 120) ergibt sich für Feldspat oder Augit (mit dem Schmelzpunkt 1200° bei Atmosphärendruck) eine Schmelzpunktserniedrigung von $13\frac{1}{2}^{\circ}$ bei einer Druckentlastung um 2700 Atmosphären, die einem für ein Ganggestein jedenfalls sehr bedeutenden Aufsteigen um 10 km entspricht; selbst wenn man eine Einwirkung des Schmelzpunktes auf die Ausscheidung der Gemengteile aus dem Magma anerkennt, kann eine derartig geringe Veränderung die Ausscheidungs- und Lösungsverhältnisse nicht erheblich verschieben.

Die für Resorption günstigste Wirkung bringt ein Nachlassen des Druckes offenbar dadurch hervor, daß infolge der Erniedrigung des Druckes die gasförmigen Bestandteile des Schmelzflusses, besonders Wasserdampf, leichter entweichen können; es ändert sich somit sowohl die chemische Zusammensetzung des schmelzflüssigen Restes, worauf ROSENBUSCH die Resorption der Einsprenglinge in Ergußgesteinen zurückführt, wie auch das Gleichgewicht zwischen Bodenkörpern und Lösung. [Die gegen ROSENBUSCH'S Auffassung von LAGORIO (Min. u. petr. Mitt. N. F. 8. 510. 1887) geltend gemachten Gründe sind hinfällig, da sie das Wasser nicht als Bestandteil des Magmas, sondern als mechanisch absorbierten Wasserdampf betrachten¹. Auch nach LÖWINSON-LESSING, der sich für die Frage der Resorption im allgemeinen an IDDINGS anschließt, ist das Entweichen des Wassers „am Schluß der intratellurischen Phase und besonders in der effusiven Phase“ „ein höchst wichtiger Faktor . . . : es ist sehr wahrscheinlich, daß die Reihenfolge der Resorption in einem von Wasser durchtränkten intratellurischen Magma und im effusiven Magma ganz verschieden, ja entgegengesetzt sein

¹ Im Gegensatz zu LAGORIO leitet E. BAUR (Zeitschr. f. phys. Chem. 42. 567—576. 1903; dies. Jahrb. 1903. II. -329-) die Bildungsbedingungen und Existenzgrenzen für Feldspat und Quarz in Porphyren und Graniten aus dem Verhalten wässriger Lösungen bei Verdampfung des Lösungsmittels resp. Abkühlung ohne Entweichung des Lösungsmittels her. Seine Erklärung der magmatischen Resorption (p. 574, 575) bezieht sich auf partielle Auflösung eines Gemengteils jenseits seiner Beständigkeitsgrenze, also unter Verhältnissen, die eine Neubildung der betreffenden Substanz ausschließen, und kommt daher für die hier behandelte Frage nicht in Betracht.

kann⁴. (Studien über die Eruptivgesteine. Compt. rend. de la VII session du Congrès Géol. Internat. 1897. p. 339. Petersburg 1899.)] Für Granitporphyre und ihre Verwandten ist jedoch die Druckentlastung und somit deren Wirkung offenbar zu gering — die Gesteine erstarren ja noch unter dem Druck, unter welchem die Hauptmasse als Tiefengestein sich ausgebildet hat —, um eine Zurückführung der überaus starken Resorptionsvorgänge auf die geringe Druckdifferenz zu gestatten.

Eine Auflösung bereits ausgeschiedener Kristalle kann ferner durch ausreichendes Ansteigen der Temperatur im Magma herbeigeführt werden; als einzige Quelle für eine nach Ausscheidung eines Teiles der Substanz eintretende Temperatursteigerung kam bisher stets die durch schnelle Auskristallisation eines Teiles des Schmelzflusses freiwerdende Wärme in Betracht.

Ein Ansteigen der Temperatur bringt zweifellos eine Änderung des Gleichgewichtes zugunsten der flüssigen Phase auf Kosten der Bodenkörper hervor, wenn es auch schwer ist, sich für den Fall der Gesteinsverfestigung eine Vorstellung von dem quantitativen Wert zu machen. Eine reine Hitze Wirkung, besser vielleicht Schmelzung, darf beispielsweise als sicher nachgewiesen gelten, wenn ein randlich mineralogisch veränderter Einsprengling mit völlig unveränderter Gestalt ganz oder teilweise von holokristalliner Grundmasse umgeben ist, wie dies KÜCH überzeugend von colombianischen Daciten beschreibt: in Glas liegende Amphiboleinsprenglinge erscheinen randlich unverändert, in mikrofelsitischer Grundmasse ist das gleiche Mineral von einem Opacitrant umgeben; dasselbe Individuum zeigt, teils von Glas, teils von Mikrofelsit umgeben, nur an der Grenze gegen Mikrofelsit den dunklen Rand (l. c. p. 55—58, vergl. auch Taf. V Fig. 6).

Diese Art der Einwirkung muß aber mit aller Bestimmtheit für ausgeschlossen gelten, wenn Einsprenglinge und Grundmasse aus den gleichen Mineralen bestehen. Die Kristallausscheidung, welche die Temperaturerhöhung hervorruft, muß gerade durch das Ansteigen der Temperatur jedenfalls zum Stillstand kommen, bevor früher

ausgeschiedene Bodenkörper der gleichen Substanz nicht mehr bestandfähig sind. Zu den sehr zahlreichen Gesteinen, in denen Einsprenglinge und Gemengteile der Grundmasse mineralogisch gleich sind, gehören auch die Granitporphyre, von denen diese Untersuchung in erster Linie ausgeht.

Auf die gleiche Ursache, Temperaturerhöhung durch plötzliche Ausscheidung von Kristallen, führt auch J. H. L. VOGT den Hauptteil der Resorptionserscheinungen zurück; die Erniedrigung der Schmelzpunkte mit abnehmendem Druck kommt nach seinen Ausführungen nur in geringem Grade in Betracht.

In seinem großen Werke „Die Silikatschmelzlösungen“ kommt er zu dem Ergebnis, daß die Eruptivmagmen Silikatschmelzlösungen, d. h. „kristalloide gegenseitige Lösungen stöchiometrischer Verbindungen, nämlich derjenigen Verbindungen, die bei genügender Abkühlung (und genügender Abkühlungszeit) auskristallisieren“, sind, „deren Erstarrung zu Gestein im allgemeinen unter hohem Druck bei sehr langsamer Abkühlung und häufig oder immer unter Einwirkung von aufgelöstem Wasser, Kohlensäure, Fluorid usw. stattfindet“ (II. p. 200, resp. 201).

Für alle Silikatschmelzlösungen gelten die allgemeinen Lösungsgesetze; für den hier behandelten Fall kommt hauptsächlich die Anwendung der Gesetze für eutektische Mischungen und die hieraus sich ergebende Erklärung der Resorptionsvorgänge in Betracht. „Für mehrere aus zwei oder beinahe nur aus zwei Komponenten bestehenden Gesteine läßt sich nachweisen, daß die Kristallisationsfolge von der Zusammensetzung der ursprünglichen Lösung, verglichen mit der des Eutektikums, abhängt“ (II. p. 202).

Es können nun infolge von Übersättigung durch Unterkühlung in einem wesentlich aus zwei Komponenten bestehenden Gestein beide Komponenten, also auch der ursprünglich nicht im Überschuß vorhandene Bestandteil, vor der Verfestigung des Eutektikums auskristallisieren (l. c. II. p. 156—188); tritt die Auskristallisation des zweiten Gemengteils in der für ihn übersättigten Lösung plötzlich ein, so kann der Rest der Lösung infolge der Temperaturerhöhung teil-

weise resorbierend auf die zuerst ausgeschiedenen Individuen des anderen Gemengtheils einwirken. Während die entsprechende ältere Auffassung die Ursache der Temperatursteigerung ausschließlich in der Auskristallisation der Grundmasse erblickt, scheiden nach der Auffassung Voet's die Gemengtheile der Grundmasse hierfür völlig aus: „überblicken wir die Quarzporphyre, Felsitporphyre, Ryolithe, Dacite usw. mit hinab zu etwa 60 bis hinauf zu etwa 80 % SiO_2 , so zeigt sich, daß das Verhältnis zwischen den Einsprenglingen Feldspat und Quarz¹ sehr großen Variationen unterworfen ist — von nur Feldspat in den relativ basischen bis überwiegend Quarz nebst etwas Feldspat in den sauren Extremen —, während dagegen die Grundmasse, bei genügend weit vorgeschrittener Kristallisation, überall annähernd dasselbe Verhältnis zwischen Feldspat und Quarz ergibt. Dies beruht darauf, daß dieses Verhältnis die eutektische Mischung zwischen Feldspat und Quarz (oder zwischen Feldspat und Quarz unter Beimischung von einer in relativ geringer Menge vorhandenen Komponente No. 3 Mg-, Fe-, Ca-Silikat) repräsentiert“ (l. c. II. p. 177).

Da sich die Temperatur während der Verfestigung der eutektischen Mischung nicht ändert, so ist die Ausscheidung der jüngeren Einsprenglinge die einzige zur Verfügung stehende Ursache einer Temperaturerhöhung; auf diesem Wege kann somit niemals die Resorption aller Arten von Einsprenglingen eines Gesteins erklärt werden, da diejenigen Kristalle, welche durch ihre Ausscheidung die Temperaturerhöhung hervorrufen, in keinem Falle durch diese Temperaturerhöhung ältere Kristalle der gleichen Art angreifen können.

Auch die Verbindung dieser Erklärung der Entstehung der Einsprenglinge mit der Schmelzpunktniedrigung infolge von Druckverminderung beim Emporsteigen eines Magmas vermag die Resorption sämtlicher Arten von Einsprenglingen im günstigsten Fall nur unter der Annahme überaus gekünstelter und innerlich unwahrscheinlicher

¹ Die kleinen Mengen von Mg-, Fe-, Ca-Silikaten werden hier nicht berücksichtigt.

Voraussetzungen zu erklären. Man müßte annehmen, daß das Emporsteigen des Magmas zu einem Zeitpunkt erfolgt, in dem die durch Ausscheidung der zweiten Komponente aus der für sie übersättigten Lösung freiwerdende latente Schmelzwärme bereits die Resorption eines Teiles des ersten Bodenkörpers bewirkt hat, während sich infolge von verschiedener Schmelzpunktserniedrigung für die beiden Komponenten die Zusammensetzung des Eutektikums in dem Sinne ändert, daß eine teilweise Auflösung des zweiten Bodenkörpers eintritt. Sieht man auch von der Unwahrscheinlichkeit ab, daß das Empordringen in den zahlreichen Fällen, in denen alle Arten von Einsprenglingen Resorptionserscheinungen aufweisen, immer gerade in einem und demselben relativ kurzen Stadium der Gesteinsentwicklung stattgefunden haben soll, legt also einen einzigen Fall zugrunde, so ist nach den Untersuchungen VOGT's die in Frage kommende Änderung des Eutektikums viel zu gering, um mehr als theoretische Bedeutung zu haben. Selbst für die größten, bei der Gesteinsverfestigung nach den von ihm angenommenen Grundlagen möglichen Druckerniedrigungen leitet er theoretisch ab, „daß die eutektische Zusammensetzung zweier Mineralien nur ziemlich wenig vom Druck verschoben werden kann“ (I. c. II. p. 212). Nach Feststellung an Gesteinen „ist die Zusammensetzung des Feldspat-Quarz-Eutektikums (bei überwiegend Or im Feldspath) in Tiefen-, Gang- und Deckengesteinen — und zwar auch in Tiefengesteinen, die von verschiedenen Lokalitäten herrühren und somit ziemlich sicher unter variablem Druck erstarrt sind — konstant oder beinahe konstant; die Verschiebung ist jedenfalls so gering, daß es mir nicht gelungen ist, eine solche sicher festzustellen“ (p. 212).

Für Ganggesteine vollends handelt es sich überhaupt um nur geringen Aufstieg und somit geringe Druckerniedrigung, die praktisch gar nicht in Frage kommen kann, auch wenn man der Rechnung nicht die niedrigeren VOGT'schen Werte für Schmelzpunktsänderungen durch Druck (II. p. 210), sondern die älteren höheren, oder auch die von VOGT an einer früheren Stelle seines Werkes (II. p. 159—161) benützten relativ hohen Werte zugrunde legt.

II.

Diese Darlegungen beweisen, daß keiner der bisher angeführten Gründe die Korrosion von Feldspat- und Quarzeinsprenglingen in einer Feldspat-Quarz-Grundmasse zu erklären vermag und zwingen somit zu der Annahme, daß noch eine andere, die magmatische Resorption der Einsprenglinge in Granitporphyren bedingende Ursache vorhanden sein muß, als man bis jetzt annahm.

Einen Hinweis auf eine derartige Ursache liefert der Zeitpunkt des Eintritts der die Korrosion hervorruhenden Umstände, der sich für den vorliegenden Fall genau feststellen läßt: der Vorgang muß sich abgespielt haben selbstverständlich nach Ausscheidung der Einsprenglinge, aber auch vor der Verfestigung des Hauptteiles der Grundmasse, da die Einsprenglinge des dicht erstarrten Salbandes die gleichen Deformationen zeigen wie die des ziemlich grobkörnigen holokristallinen Hauptgesteins; er muß mithin zusammenfallen mit dem Emporsteigen resp. Emporgepreßtwerden des granitporphyrischen Magmas.

Als wirkungsvollste Ursache der teilweisen Resorption der bereits ausgeschiedenen Kristalle erscheint mir die Vermischung der obersten, schon in der Kristallisation begriffenen Schichten des unmittelbar unter dem völlig erstarrten eigentlichen Granitmassiv befindlichen Magmarestes mit tiefer gelegenen und daher noch heißeren, falls Differenzierung eingetreten ist, auch chemisch abweichenden Partien des gleichen Magmarestes; die Vermischung tritt dadurch ein, daß der auf den noch nicht erstarrten Massen lastende Druck beim Aufreißen einer Spalte die höheren und tieferen Schichten gleichzeitig und gemeinsam in die Höhe preßt.

Theoretisch bietet diese überaus einfache Vorstellung gar keine Schwierigkeiten: sie steht völlig im Einklang mit den Anschauungen über die Erstarrungsvorgänge der Tiefengesteine und die Bildungsweise der Ganggesteine.

In jedem Stadium der Gesteinsverfestigung eines Tiefengesteins muß, sobald die Kristallisation in den oberen Teilen

der intrudierten Masse begonnen hat, in Folge der nach der Tiefe hin zunehmenden Temperatur in dieser Richtung die Menge der ausgeschiedenen Substanzen immer geringer werden; ist der obere Teil völlig erstarrt, so muß die Auskristallisation unmittelbar unter dem schon völlig auskristallisierten oberen Teil der intrudierten Masse nahezu vollendet sein, nach der Tiefe zu müssen infolge der höheren Temperatur schrittweise Partien mit immer weniger Kristallen folgen und zu unterst können noch völlig schmelzflüssige Massen liegen.

Es besteht mithin der mehr oder weniger schmelzflüssige Rest des Tiefengesteins, der als Ganggestein durch den hydrostatischen Druck in aufreißende Spalten der erstarrten Hauptmasse hineingepreßt wird, aus Schichten von verschieden weit fortgeschrittener Verfestigung und von verschiedener Temperatur, die durch das Hineinpresse in die Spalten mehr oder weniger miteinander vermischt werden; aus der Einwirkung der wärmeren und daher weniger weit erstarrten Massen auf die Kristalle der kühleren und daher an Ausscheidungen reicheren oberen Schichten des schmelzflüssigen Restes erklären sich die Resorptionsvorgänge.

Nimmt man zunächst den einfachsten Fall an, daß nämlich die höheren und die tieferen Schichten chemisch übereinstimmen, so bewirkt die Beimischung der heißeren Massen für die kühleren ein Zurückfallen in Bedingungen, wie sie in einer für diese zeitlich zurückliegenden Bildungsperiode herrschten: das Verhältnis zwischen Bodenkörper und Lösung verschiebt sich infolge der Temperaturerhöhung zugunsten der letzteren und gleichzeitig stellt sich in dem flüssigen Mischprodukt beider Schichten eine Lösung von einer Zusammensetzung her, in welcher die jüngeren Ausscheidungen der höheren Schicht sich noch nicht bilden konnten, in der sie mithin auch nicht bestandfähig sind. Diese Erwägung erklärt, weshalb gerade die Quarze der Resorption in besonderem Maße anheimgefallen sind.

Ist der Bildung des Ganggesteins eine chemische Differenzierung im vertikalen Sinne vorangegangen, so kann die Vermischung der flüssigen Anteile verschiedener Schichten dazu führen, daß die charakteristischen Ausschei-

dungen jeder Schicht unbeständig werden; es können mithin auch Ausscheidungen der ursprünglich tiefer liegenden Partien teilweise oder gänzlich resorbiert werden, obwohl sie durch den Aufstieg in eine Lösung von niedriger Temperatur gelangen.

Schließlich kann noch darauf hingewiesen werden, daß die Annahme der Vermischung kühlerer, Kristalle enthaltender Schichten mit heißeren auch das von КӦЧН besonders betonte Zerspringen sehr gut erklärt: die ausgeschiedenen Kristalle werden plötzlich erwärmt und unmittelbar darauf infolge Emporsteigens des Schmelzflusses in die Spalten abgekühlt — die Temperaturdifferenz, die eventuell ein Zerspringen der Kristalle veranlassen kann, ist mithin für den einzelnen Kristall erheblich größer, als wenn das Empordringen ohne vorangegangene Temperatursteigerung erfolgt.

III.

Die Gründe, welche für die Richtigkeit der hier entwickelten Erklärung der magmatischen Resorption zunächst bei Ganggesteinen sprechen, werden erheblich verstärkt durch die Tatsache, daß diese Annahme in überraschender Weise eine Reihe sonst schwer deutbarer und scheinbar unter sich ebensowenig wie mit der magmatischen Resorption in Zusammenhang stehender Beobachtungen der gleichen Gesteinsgruppe erklärt. Diese Erfahrungen beziehen sich sowohl auf die Beobachtungen über Gesteinsstruktur und Mineralbestand einzelner Gesteine wie auch auf die Verknüpfung verschiedener Gesteinsvarietäten in einem und demselben Gangsystem und schließlich auf die chemischen Beziehungen der sehr verschiedenen Gänge des ganzen Gebietes; für die Ganggesteine des Riesengebirges werden sie in einer zusammenfassenden Darstellung später ausführlich geschildert werden — in dem Rahmen dieser Arbeit muß es genügen, auf einige dieser Verhältnisse kurz hinzuweisen.

Eine Struktureigentümlichkeit tritt schon in dem seiner überaus einfachen Verhältnisse wegen diesen Erörterungen zugrunde gelegten Gang von der Schärfe bei Hermsdorf auf: in der granitporphyrisch struierten Hauptmasse finden

sich Stellen, in denen eine Anzahl von Einsprenglingen zusammentreten und durch ihr Gefüge erkennen lassen, daß sie nicht zusammengeschwemmt sind, sondern daß ihr Verband primär ist. Am charakteristischsten ist wohl eine im Schriff unregelmäßig streifenartig erscheinende Partie, vorwiegend bestehend aus Feldspaten von verschiedener Größe, verbunden mit Biotiten und Quarz in typisch hypidiomorph-körniger Anordnung; mehrere derartige kleine Partien liegen, durch schmale, unregelmäßige Streifen von Grundmasse voneinander getrennt, in unmittelbarer Nähe und haben ursprünglich offenbar eine zusammengehörige Masse gebildet. Die Umgrenzung dieses Gebildes, die Übereinstimmung seiner Komponenten mit den isolierten Einsprenglingen des Gesteins schließt jeden Gedanken an einen granitischen Einschluß aus; seine hypidiomorph-körnige Anordnung spricht ebenso bestimmt gegen die Annahme einer mechanischen Zusammenschwemmung wie seine Gestalt gegen den Versuch, diese Erscheinung durch eine in dem sonst homogenen Schmelzfluß entstandene, nur durch die Struktur der Komponenten von der Hauptmasse unterschiedene Nestbildung zu erklären.

In die gleiche Gruppe von Erscheinungen gehört die launenhafte Verteilung der Einsprenglinge im Gestein überhaupt, ferner ihre häufige Vergesellschaftung unter Beeinflussung der Gestalt wenigstens eines Gemengteiles, sowie besonders die eigentümlichen Kombinationen zweier Individuen der gleichen oder verschiedener Art, die, gegeneinander gesetzmäßig begrenzt, nach außen unregelmäßig abgebrochen sind.

Alle diese Beobachtungen erklären sich zwanglos durch die Annahme, daß in dem Gestein eine Mischung verschieden weit entwickelter, bei dem Emporgepreßtwerden vereinigter Schichten vorliegt und somit ein großer Teil der Einsprenglinge den ursprünglich höher gelegenen und dadurch weiter entwickelten Schichten mit zahlreichen Ausscheidungen entstammt: in den oberen Teilen war die Ausscheidung der Komponenten ziemlich weit vorgeschritten, aber eine gänzliche Verfestigung des Gesteins noch nicht erreicht, so daß einzelnen Teilen zwar ein gewisser Zusammenhang den aus tieferen Lagen emporgepreßten heißeren Massen gegenüber gegeben

war, im allgemeinen aber für den Schmelzfluß doch die Möglichkeit der Überwältigung des ganzen Komplexes noch bestand.

Zu der gleichen Deutung führt ein Vergleich der mineralogischen und chemischen Zusammensetzung mancher Gesteine des Riesengebirges, besonders der Nachweis, daß verhältnismäßig recht basische Gesteine unter den Einsprenglingen zahlreiche große Quarze von der normalen Beschaffenheit der Porphyrquarze enthalten.

Als Beispiel diene das Vorkommen von dem Gipfel des Kräberberges, der zwischen Arnsdorf und Seidorf gelegenen nördlichsten Höhe eines vom Haupt Rücken des Riesengebirges nach Norden hinziehenden Spornes, der in seinem südlicheren Teile, näher dem Kamm, die bekannte Kirche Wang trägt. Über den Gipfel dieses Kräberberges hin zieht ein schmaler Gang (nicht zu verwechseln mit dem viel mächtigeren Granitporphyrgang, der am Nordwestabhang des Kräberberges die große, als Aussichtswarte dienende Felsgruppe der Kräbersteine bildet), der in einer dunklen, dichten Grundmasse Einsprenglinge in sehr wechselnder Menge enthält. Eine in diesem Gange auftretende Varietät ist nicht sehr reich an Einsprenglingen; ziemlich gleichmäßig enthält sie zahlreiche glänzende Biotitblättchen und spärlichere Plagioklase, außerdem aber unregelmäßig verteilt große Kalifeldspate, deren Durchmesser 1 cm bisweilen nicht unerheblich übersteigt, und ziemlich häufige, bisweilen auch 1 cm erreichende, gewöhnlich aber etwas kleinere Quarze, kristallographisch von + R und - R begrenzt, die gern zu mehreren zusammenliegen und oft mit den großen Kalifeldspaten zusammen auftreten. Schon die mikroskopische Untersuchung zeigt, daß jedenfalls der Quarz, wahrscheinlich auch der Kalifeldspat, in diesem Gestein eine eigentümliche Stellung einnimmt: Quarz tritt nur in den erwähnten großen Kristallen einsprenglingsartig auf; wenn sie fehlen, fehlt dieses Mineral dem Gestein wohl gänzlich, da die Grundmasse ausschließlich aus Feldspatleistchen und -körnchen mit zahllosen Biotitblättchen besteht — Quarz konnte ich nicht in ihr beobachten. Dieses Verhalten spricht von jedem Stand-

punkt aus; von dem man die Ausscheidung der Gemengteile aus einem Magma betrachtet, gegen die Bildung der Quarze aus demselben Schmelzfluß, der sich zur Hauptmasse des Gesteins verfestigt hat.

Vergleicht man nun mit dem mineralogischen Aufbau die Ergebnisse der chemischen Analyse, so kommt man zu der sicheren Überzeugung, daß sich Quarzeinsprenglinge in einem Gestein von der gefundenen Zusammensetzung normal nicht bilden konnten. Als Material wurden absichtlich Gesteinsbrocken ausgewählt, die reich an Quarz und Kalifeldspat waren, so daß jedenfalls ein Abweichen von der Durchschnittszusammensetzung zugunsten von SiO_2 und K_2O stattfindet; trotzdem ergab die von Herrn Privatdozent Dr. W. HERZ freundlichst ausgeführte Analyse Werte, welche die Möglichkeit der Bildung von zahlreichen Quarzeinsprenglingen nahezu ausschließen.

Kräberberg, Gipfel (quarz- und kalifeldspatreiche Partien).

SiO_2	63,8
Al_2O_3	19,2
Fe^2O^3	4,5
FeO	1,3
MgO	2,0
CaO	2,6
Na_2O	3,5
K_2O	3,0
H_2O	<u>0,6</u>
Sa.	100,5

Anal.: W. HERZ.

Ganz entsprechend erweisen sich große, kristallographisch oft sehr gut entwickelte Einsprenglinge von Kalifeldspat in Gesteinen, die sehr wenig Kali enthalten, als dem Hauptgestein ursprünglich fremd; besonders schön zeigt dieses Verhalten ein Ganggestein von der Kolonie Dürre Fichte bei Glausnitz (zwischen Erdmannsdorf und Seidorf) mit Einsprenglingen von Plagioklas und Biotit in einer dunklen dichten Grundmasse, das bei sehr niedrigem Kaligehalt mehrere Zentimeter große Kalifeldspate als auffallenden Gemengteil enthält. Die vorzügliche Kristallumgrenzung spricht hier ebenso wie in dem oben beschriebenen Beispiel die Idiomorphie der Quarze gegen die Auffassung, daß diese Gebilde etwa

aus dem durchbrochenen Granit aufgenommene Bestandteile seien ¹.

Zahlreiche Beobachtungen lehren ferner, daß in dem Granitmassiv des Riesengebirges neben weithin gleichartig erfüllten Gesteinsgängen andere auftreten, die in der gleichen Gangspalte oder besser dem gleichen System von injizierten Spalten und Klüften teils chemisch verschiedene, teils petrographisch ungleich entwickelte Gesteine enthalten. Im Rahmen dieses Aufsatzes sollen die Verhältnisse an einem einzigen Vorkommen entwickelt werden, an dem schon 1877 durch LIEBISCH bekannt gewordenen Gang, der an der Höhe der von Erdmannsdorf nach Stonsdorf führenden Straße unmittelbar südlich von diesem Wege in einem langen Graben aufgeschlossen ist. In diesem Aufschluß wechselt die Gesteinsbeschaffenheit nicht nur quer zum Streichen, sondern auch im Streichen auf engem Raum und bisweilen plötzlich.

Die wichtigste Erscheinung, ein überaus starker Größenunterschied zwischen den Einsprenglingen der Gangmitte und des Salbandes, wurde von LIEBISCH beschrieben (Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 29. 726. 1877); er hebt hervor, daß das holokristallin-porphyrische Gestein der Gangmitte „in grauer Grundmasse weiße und grünlichweiße Orthoklas- und Plagioklaskristalle bis zur Größe von mehreren Zentimetern, ferner graue Quarzkristalle und grünlich schwarzen Biotit“ führt, während das Gestein des Salbandes „in schwarzer dichter Grundmasse . . . nur wenige Millimeter große Einsprenglinge“ enthält.

Zur Klärung der aus dieser einfachen Beobachtung sich

¹ A. HARKER erklärt in seinem Aufsatz: On Porphyritic Quartz in Basic Igneous Rocks (Geol. Magazine. III. 9. 485—488. 1892) die Anwesenheit von Quarzkörnern in Lamprophyren durch die Annahme, die Quarze hätten sich in den oberen saureren Teilen einer Magmamasse gebildet und seien dann infolge des höheren spezifischen Gewichtes der Kristalle in die tieferen basischeren Partien eingesunken. Gegen diese Auffassung spricht der gleiche Grund, den Verf. gegen die von IDDINGS für das Vorhandensein von Quarz in den Quarzbasalten gegebene Erklärung geltend macht: „The exceptional nature of the phenomenon to be explained seems to preclude such general considerations“ (p. 487).

entwickelnden Fragen müssen mehrere Möglichkeiten in das Auge gefaßt werden.

Sieht man von allen prinzipiellen Anschauungen über das Wesen von Einsprenglingen und Grundmasse ab, so muß zunächst ohne jede Voraussetzung die Frage geprüft werden, ob die Einsprenglinge im vorliegenden Falle sich in der Spalte selbst gebildet haben können. Gegen eine derartige Möglichkeit spricht nun mit aller Bestimmtheit die Beschaffenheit der großen Einsprenglinge, wie sie in den inneren Teilen der Gangmasse auftreten. Feldspate und Quarze sind, obwohl die Grundmasse sich aus den gleichen Komponenten aufbaut, sehr stark resorbiert, was bei einer Entstehung in situ nach den oben auf p. 5 ff. ausgeführten Gründen in normalen Verhältnissen unmöglich der Fall sein kann; die Quarze sind häufig zersprungen, wobei sich bisweilen ganze Netze von parallelen und subparallelen Rissen bilden, was lediglich durch Einwirkung von großen Temperaturunterschieden nach Analogie des „Schreckens“ zu erklären ist -- derartige Temperaturunterschiede können aber unmöglich während des Auskristallisierens eines Schmelzflusses ohne Ortsveränderung eintreten — und schließlich treten neben kristallographisch gut begrenzten Individuen und solchen, deren äußere Umgrenzung durch die Vorgänge der Resorption bedingt sind, sehr häufig größere Gebilde besonders unter den Feldspaten auf, deren unregelmäßig eckige Gestalt sich nur durch mechanische Zertrümmerung erklären lassen und die lokal dem Gestein geradezu ein breccienartiges Aussehen verleihen. Die großen Einsprenglinge müssen somit vor der Intrusion gebildet worden sein; der abweichende Charakter des Salbandes kann daher nicht als eine einfache Abkühlungserscheinung betrachtet werden.

Sodann könnte das Vorkommen als gemischter Gang aufgefaßt werden. Von den beiden bisher anerkannten Wegen, die zur Entstehung gemischter Gänge führen, kommt hier nur das wiederholte Aufreißen einer Gangspalte in Betracht; die Annahme der Intrusion eines homogenen Magmas mit nachfolgender chemischer Differentiation ist wegen des Fehlens der großen Einsprenglinge in den randlichen Teilen ausgeschlossen: das Magma hätte, wie oben gezeigt wurde, die

Einsprenglinge schon enthalten müssen und irgend ein Grund für eine spontane Trennung der ausgeschiedenen Gemengteile nach der Korngröße und somit für die Bildung zentraler Teile mit vielen großen Einsprenglingen und randlicher Partien, denen diese fehlen, ist nicht aufzufinden. Die Erklärung der Verhältnisse des Ganges durch wiederholtes Aufreißen der Spalte führt zu folgenden Betrachtungen.

Das Gestein des Salbandes müßte bei der zugrunde gelegten Annahme älter sein als die zentralen Teile; es müßte somit sein Material aus der zur Zeit des ersten Aufreißens der Spalte unmittelbar unter dem verfestigten Granit liegenden, noch nicht erstarrten Schicht bezogen haben. Hier stellt sich sofort für das Verständnis eine große Schwierigkeit ein: die oberste Schicht des noch nicht verfestigten Restes muß zwischen auskristallisiertem Tiefengestein und Schmelzfluß vermitteln, also reich an großen ausgeschiedenen Kristallen sein — das Salband enthält nur spärliche und sehr kleine Einsprenglinge. Ein derartiges Verhalten wäre vielleicht bei chemisch durchaus verschiedenem Charakter des Tiefengesteins und des Ganggesteins möglich; die chemische Zusammensetzung des Salbandes weicht aber von der zum Vergleich daneben gestellten Durchschnittszusammensetzung des Riesengebirgsgranites (vergl. des Verf. Beiträge zur Kenntnis der granitischen Gesteine des Riesengebirges, zweiter Teil, dies. Jahrb. Beil.-Bd. XV. p. 195) zwar merklich, aber doch durchaus nicht so stark ab, daß aus der chemischen Verschiedenheit sich der überaus geringe Grad der Kristallisation erklären ließe.

Gestein vom Salband des Ganges südlich von der Höhe des Weges Erdmannsdorf—Stonsdorf.	Durchschnittszusammensetzung des normalen Granites des Riesengebir- ges (aus 9 Analysen berechnet).
Si O ² 67,1	72,4
Al ² O ³ 13,6	14,6
Fe ² O ³ 2,1	1,6
Fe O 1,2	1,1
Mg O 2,1	1,4
Ca O 4,9	2,3
Na ² O 3,2	2,3
K ² O 2,6	2,9
H ² O 2,1	1,4
CO ² 0,5	—
Sa. 99,4	100,0

Anal.: HERZ.

Andere Erwägungen verstärken diese Bedenken. Das Salband ist zu beiden Seiten des Ganges gleich entwickelt; betrachtet man es als Rest des schmalen ersten Ganges, so muß dieser bei der Erweiterung der Spalte in seinem zentralen Teil der Länge nach wieder aufgerissen sein — diese Partie müßte dann ein locus minoris resistentiae gewesen sein, konnte sich also mit anderen Worten noch nicht völlig verfestigt haben, als die Spalte sich erweiterte und neuem aufsteigendem Material Raum gewährte. Die zwischen Intrusion und Verfestigung verstreichende Zeit kann bei einem schmalen Gange nicht sehr erheblich angesetzt werden: es bleibt daher unerklärlich, weshalb das Magma des jüngeren, den zentralen Teil des erweiterten Ganges einnehmenden Nachschubes in dem relativ kurzen Zeitraum zwischen der ersten, das Salband liefernden Intrusion und seinem Empordringen eine so hohe kristalline Entwicklung erreichen konnte. Die chemische Zusammensetzung kann auch hier nicht zur Erklärung herangezogen werden; wie besonders der charakteristische Ca O-Gehalt zeigt, stellt sich das Gestein der zentralen Gangmasse chemisch zwischen Salband und Granit.

Gestein aus der Mitte des Ganges südlich von der Höhe des Weges
Erdmannsdorf—Stonsdorf.

Si O ²	70,6
Al ² O ³	15,1
Fe ² O ³	1,9
Fe O	1,1
Mg O	1,4
Ca O	3,7
Na ² O	2,7
K ² O	2,9
H ² O	0,7
CO ²	Sp.
Sa.	100,1

Anal.: HERZ.

Sieht man von dem Verhältnis zum Salband völlig ab und berücksichtigt nur die Beschaffenheit des Gesteins der Gangmitte, so sprechen all die Erscheinungen an den Einsprenglingen, die bei dem Granitporphyr der Schärfe geschildert wurden, hier in verstärktem Maße gegen die Annahme, daß die großen, vor der Intrusion gebildeten Kristalle seit ihrer Entstehung nur die den relativ geringen Aufstieg begleitenden

Einwirkungen erfahren haben sollen. Zu den oben auf p. 20 geschilderten Erscheinungen tritt noch eine sehr auffallende Beobachtung am Quarz hinzu, der wohl erhebliche Beweiskraft zukommt; sie bezieht sich auf das Verhältnis der Quarzeinsprenglinge zur Grundmasse.

„Schriftgranitartige Durchdringungen von Quarz und Feldspat“ in der Grundmasse des Gesteins der Gangmitte erwähnt schon LIEBISCH (l. c. p. 726); zusammen mit mikrogranitisch striierten Partien bilden derartige Verwachsungen, gewöhnlich regellos angeordnet, seltener als gleichfalls von LIEBISCH beobachtete Pseudosphärolithe entwickelt, die von den Einsprenglingen scharf geschiedene, nicht durch Übergänge verbundene Grundmasse des Gesteins. Es fällt nun auf, daß sehr oft um gerundete Quarze, jedenfalls stets nur um diese und nicht um andere Einsprenglinge, sich teilweise recht dicke Kränze von mehr oder weniger radial angeordneter Granophyrs substanz, bisweilen mit einzelnen homogenen Feldspatleistchen oder Quarzkörnchen, einstellen, die sich deutlich von der übrigen Grundmasse abheben; gelegentlich enthalten derartige, eine strukturelle Einheit bildende Massen zwei rundliche, wie das optische Verhalten zeigt, durchaus parallel liegende Quarzkörner. Da sich derartige Kränze nur um Quarze, und zwar nur um gerundete Körner finden, kann die Erklärung, die älteren Körner hätten der Granophyrs substanz lediglich mechanisch als Ansatzstellen gedient, nicht genügen; es muß jedenfalls eine chemische, im Quarz liegende Ursache zur Erzeugung der Erscheinung mindestens mitgewirkt haben.

Die Erscheinung erklärt sich sehr einfach durch die oben dargelegte Theorie der Mischung verschieden hochliegender und daher verschieden entwickelter Schichten. Die Substanz der ursprünglich tieferen, heißeren und basischeren Schicht, die sich bei der Intrusion mit der höheren, saureren und beträchtlich auskristallisierten Schicht mischte, hat die Quarzkristalle dieser Schicht teilweise aufgelöst; da die Massen zu einer homogenen Mischung schon zu zähflüssig waren, oder durch das aufgelöste Siliciumdioxid zähflüssig wurden, verhielt sich die nächste Umgebung des Kornes, die den Quarz lösend beeinflusste und hierdurch selbst chemisch beeinflusst wurde,

dem übrigen noch nicht erstarrten Rest gegenüber als Einheit. In dieser Einheit schied sich zunächst der über die eutektische Mischung von Feldspat und Quarz hinausgehende Bestandteil aus; sodann erstarrte die Hauptmasse selbst ziemlich gleichzeitig granophyrisch als Eutektikum.

Daß ein Granophyrkranz bisweilen zwei gleich orientierte Kerne umschließt, kann sowohl durch die Vorstellung erklärt werden, daß die Trennung nur scheinbar durch eine in das ursprüngliche Quarzkorn tief einschneidende Bucht erfolgt ist, der Schnitt also durch zwei außerhalb der Schnittebene noch zusammenhängende Teile eines einzigen Korns geführt wurde, wie auch durch die Annahme, daß eine wirkliche Trennung eines ursprünglich einheitlichen Korns durch Einschmelzen längs eines Sprunges oder durch Zusammentreffen zweier Einbuchtungen erfolgt ist, ohne daß die jetzt isolierten Reste in der zähflüssigen Masse ihre Lage gegeneinander veränderten. Bisweilen liegen eine größere Anzahl von rundlichen Quarzkörnern gleich orientiert, aber sonst mehr oder weniger selbständig und nicht durch einen Granophyrkranz verbunden im Gestein, so daß von einem Zufall gar nicht die Rede sein kann.

IV.

Es liegt nun keine Veranlassung irgendwelcher Art vor, die durch Beobachtungen an Ganggesteinen notwendig gewordene Annahme der Mischung verschieden heißer und demgemäß verschieden weit entwickelter Magmenteile bei dem Emporgepreßtwerden schmelzflüssiger Massen auf die Ganggesteine zu beschränken, um so weniger, als die zu der oben dargelegten Erklärung führende Erscheinung, die Resorption von Individuen jeder Art von Einsprenglingen in einer aus den gleichen Komponenten aufgebauten Grundmasse, auch bei Ergußgesteinen häufig und stark ausgeprägt sich findet.

Nachdem die zur Erklärung der chemischen Zusammensetzung der Gesteine aufgestellte Mischungstheorie BUNSEN'S und ihre Abänderung durch SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN verlassen worden ist, wurde die Mischung chemisch verschiedener Schmelzflüsse nur vereinzelt zur Erklärung

von auffallenden Mineralassoziationen in Eruptivgesteinen herangezogen, so besonders von ROSENBUSCH zur Erklärung der Quarze in den Quarzbasalten, dessen Auffassung sich J. E. HIBSCH später für die kaukasischen Quarzbasalte anschloß (Min. u. petr. Mitt. N. F. 17. 285, 286. 1897). Die hier vertretene Anschauung, daß eine Mischung durch ihre Temperatur unterschiedener Magmenteile von gleicher oder abweichender Zusammensetzung aus dem Mechanismus der Intrusion und Effusion ganz allgemein gefolgert werden muß, erklärt Veränderungen an den Einsprenglingen porphyrisch struierter Ergußgesteine, entfernt gleichzeitig gewisse Schwierigkeiten für die Erklärung der porphyrischen Struktur im allgemeinen und fügt schließlich zu den beiden bekannten Entstehungsmöglichkeiten der gemischten Gänge eine dritte hinzu.

Während allerdings bei Ganggesteinen die Mischungshypothese als einzige die Resorptionsphänomene in genügender Weise erklärte, so steht für die Deutung der Resorptionsphänomene an Einsprenglingen von Ergußgesteinen eine ganze Reihe von chemisch-physikalischen Gründen zur Verfügung. In erster Linie kommt, wie im Gegensatz zu LAGORIO (vergl. oben p. 8) betont werden muß, die vom chemisch-physikalischen Standpunkte aus überaus erhebliche Änderung des ganzen Systems durch schnelles Entweichen der Gase und Dämpfe während der Effusion in Betracht; ferner muß, worauf wohl noch nicht die Aufmerksamkeit gelenkt wurde, sich chemisch in der Zusammensetzung des Schmelzflusses schon während des Aufsteigens eine Änderung geltend machen, da mit dem Sinken der Temperatur nach ARRHENIUS auch die bei hohen Temperaturen dem Wasser eigene Säurewirkung schnell abnimmt. Die von LAGORIO in der oben erwähnten Arbeit als Hauptursache angenommene Druckentlastung scheint andererseits durch die neueren Untersuchungen an Wirksamkeit verloren zu haben (vergl. oben p. 7); damit die Druckentlastung einen irgend erheblichen Einfluß auf das System gewinnen könnte, müßte die Kristallbildung in so bedeutender Tiefe vor sich gegangen sein, daß diese Annahme wieder mit geologischen

Gründen und den physikalisch-chemischen Untersuchungen TAMMANN'S in Widerspruch geraten würde. Die Tendenz, Resorptionen anzuregen, tragen zweifellos alle diese Begleiterscheinungen des Aufsteigens eines Magmas in sich; ebenso sicher arbeitet ihnen die gleichfalls notwendige Temperaturabnahme entgegen — wie stark Wirkung und Gegenwirkung allgemein oder in einem speziellen Fall sein werden, entzieht sich vorläufig jeder Schätzung. In diesem Sinne bedürfen wohl auch die Vorstellungen von IDDINGS über Einwirkung von Druckabnahme und Temperaturabnahme auf ein aufsteigendes Magma einer Revision.

Es kann somit ein zwingender Grund zur Annahme der Mischungshypothese aus den Resorptionsverhältnissen der Ergußgesteine, im Gegensatz zu den Verhältnissen bei den Ganggesteinen, nicht hergeleitet werden; doch liefert sie jedenfalls auch hier eine sehr einfache Erklärung, die mit keiner der anderen Erklärungen im Widerspruch steht, also mit ihnen zusammen wirksam sein kann. Für ihre Annahme nicht als einzige, wohl aber überaus wirksame Ursache spricht, daß sie die zwangloseste Erklärung für das nach Art und Grad überaus starke Wechseln der Resorptionsphänomene in chemisch und mineralogisch sonst ganz gleichen Gesteinen liefert; man könnte dann Ergüsse mit wenig Resorptionserscheinungen an den Einsprenglingen auf vor dem Aufsteigen mehr horizontal ausgedehnte Magmamassen, solche mit starken Resorptionen auf Magmamischungen aus verschiedenen Niveaus zurückführen.

Es gibt aber auch bei den Einsprenglingen von Ergußgesteinen Erscheinungen, welche direkt auf derartige Mischungen hinweisen; es sind dies Phänomene, die schon seit langer Zeit durch Temperaturerhöhung nach Ausscheidung eines Teiles der Gemengteile erklärt wurden. Während diese Erscheinung in kristallisierten Grundmassen durch freiwerdende Wärme infolge der Kristallisation erklärt werden kann, so weisen Biegungen und Schmelzungen von Einsprenglingen in glasigen Grundmassen, wie sie MÜGGE von Feldspatbasalten des Massai-Landes (Über einige Gesteine des Massai-Landes, dies. Jahrb. Beil.-Bd. IV. p. 576 ff. 1886) schilderte,

auf eine nicht dem Magma selbst angehörige Wärmequelle hin, können also direkt für die Mischungstheorie verwertet werden. Die Struktur dieser Gesteine „ist meist normal basaltisch, Glasmasse ist in der Regel, aber nur spärlich, vorhanden. In einem Gestein kamen Schlieren von auffallend abweichender Zusammensetzung vor; das Glas ist hier in größerer Menge vorhanden und dunkler, die Fluidalstruktur deutlicher und das Erz in feinen Körnchen verteilt, vielleicht auch reichlicher. Sie führen den Olivin in kleinen Kriställchen und sind im ganzen basischen olivinführenden Andesiten ähnlicher als Basalten, wie denn diese glasreichen Schlieren wirklich öfter in glasarme, durchaus andesitisch aussehende, anscheinend eingeschlossene Bröckchen übergehen. Merkwürdig ist, daß größere Augitkriställchen, wo sie von solchen Schlieren getroffen werden, stark verbogen und an den Enden schlecht begrenzt sind, so daß man annehmen muß, sie seien durch diese glasreichen Teile wieder erweicht worden (im Original nicht gesperrt) und hätten so der Strömung nachgeben können“ (l. c. p. 606). Auf die zahlreichen Angaben von Schmelzerscheinungen in Vesuvlaven in dem Aufsatz von C. W. C. FUCHS: Die Veränderungen in der flüssigen und der erstarrenden Lava (Min. u. petr. Mitt. 1871. p. 65 ff.) kann hier trotz ihrer sehr bestimmten Form („Wurde der Leucit in stark erweichtem Zustande durch die Bewegung des Stromes fortgerissen, so wurde er gänzlich formlos und man sieht dann eine dünne, durchsichtige, firnisartige Schicht von Leucitsubstanz über der dunklen Lava.“ p. 68) nur kurz hingewiesen werden.

Bedeutungsvoller erscheint die Mischungstheorie für die Erklärung der porphyrischen Struktur.

Von den gegen die Auffassung der Einsprenglinge als Bildungen der intratellurischen Periode geltend gemachten Gründen erscheinen mir zwei besonders wichtig, da sie wenigstens nach meiner Auffassung der Lehre von der Bildung der Gemengteile porphyrischer Gesteine in zwei geologisch und zeitlich geschiedenen Entwicklungsperioden ernste Schwierigkeiten bereiten können. Zunächst bedarf die nicht seltene Erscheinung einer Be-

sprechung, „daß die in den porphyrischen Gesteinen wahrnehmbare Reihenfolge der Ausscheidungen sich nicht mit der bei Tiefengesteinen im großen und ganzen hervortretenden Kristallisationsfolge deckt“ (ZIRKEL, Lehrbuch der Petrographie. I. p. 744).

Da für Magmen in gleicher Tiefe der Erdrinde zweifellos die gleichen chemisch-physikalischen Verhältnisse die gleichen Wirkungen hervorrufen müssen, unbekümmert, ob das Endprodukt ein Tiefengestein oder ein Ergußgestein wird, so steht die Tatsache, daß auch in einsprenglingsarmen Quarzporphyren große Quarze als Gemengteile der ersten Generation herrschend auftreten, zunächst mit der Erfahrung in einem gewissen Widerspruch, daß der Quarz in den Graniten der jüngste Gemengteil ist. Das Mengenverhältnis der Einsprenglinge zur Grundmasse läßt in diesem Fall eine Erklärung durch Übergreifen der Kristallisationsperioden wohl nicht als genügend erscheinen. Die gleiche Schwierigkeit bereiten Gesteine, die als Einsprenglinge nur farblose Gemengteile enthalten, während farbige Gemengteile auch in der Grundmasse auftreten (ZIRKEL, l. c. p. 743). Alle diese Schwierigkeiten bestehen jedoch nur unter der Voraussetzung, daß das gesamte Material eines Ergusses während seiner intratellurischen Periode sich gleichmäßig entwickelt — sie verschwinden mit der Annahme, daß sich während des Emporgepreßtwerdens höhere, daher kühlere und kristallographisch weiter entwickelte Schichten eines Magmabassins mit tieferen, heißeren und somit weniger entwickelten mischen¹.

¹ Man könnte zur Erklärung dieser Verhältnisse zunächst auch an die von LÖWINSON-LESSING in seinen Studien über die Eruptivgesteine (1899) gegen „die verschiedene Ausscheidungsfolge des Orthoklases und des Quarzes in den Graniten und den Quarzporphyren“ gerichteten Ausführungen denken (l. c. p. 336—340). Nach seiner Auffassung ist es zur Feststellung der Ausscheidungsfolge im effusiven Magma „nicht zulässig, nach der Anwesenheit bestimmter Gemengteile und der Abwesenheit anderer unter den porphyrischen Ausscheidungen die Kristallisationsfolge festzustellen, da man hier in vielen Fällen das Resultat nicht allein einer bestimmten Kristallisationsfolge, sondern auch einer mitspielenden Resorptionsfolge hat.“ Die durch Resorption bedingte scheinbare Kristallisationsfolge bezeichnet er bekanntlich als „tektische“ Ausscheidungsfolge. Von diesem Standpunkte aus betrachtet er in Quarzporphyren, die als Einsprenglinge nur Quarze

Der zweite Einwurf gegen die intratellurische Entstehung der Einsprenglinge beruht auf der gleichfalls nicht seltenen Beobachtung, „daß ihr Vorhandensein oder ihre Natur in Teilen der Effusivmasse örtlich geregelt ist“, besonders auf der Tatsache, „daß in oberen Teilen von Porphyrgängen die Ausscheidungen z. B. von Quarz und Feldspat auf die Gangmitte beschränkt sind, an den Salbändern fehlen“ (ZIRKEL, l. c. p. 740), ein Verhalten, für das auch die Verteilung der Gangfüllung des Granitporphyrs zwischen Erdmannsdorf und Stonsdorf als Beispiel dienen kann (vergl. oben p. 19).

Für Effusivmassen hatte schon 1844 CH. DARWIN die Erklärung gegeben, daß in schmelzflüssigen Massen ausgeschiedene „Kristalle oder Körner ihrem spezifischen Gewicht entsprechend steigen oder sinken werden“ und hieraus nicht nur das Fehlen oder die größere Häufigkeit von Einsprenglingen an der Oberfläche oder auf der Unterseite von Lavaströmen erklärt, sondern auch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß auf diesem Wege aus einem und demselben Magma verschiedene Gesteine entstehen können (Geologische Beobachtungen über die Vulkanischen Inseln, nach der 2. Ausgabe übersetzt von J. V. CARUS, Ges. Werke. 11. p. 120—126. 1877).

Für den gleichen Unterschied zwischen Hauptmasse und Salband von Gängen legt FR. FOUQUÉ eine entsprechende Vorstellung zugrunde; in seinem großen Werke: Santorin et ses éruptions. Paris 1879, führt er, von der Voraussetzung ausgehend, daß das zuerst in die Spalte eindringende Material die Wände der Spalte überzieht, zur Erklärung der

enthalten, diese „nicht als Kristalle, die sich vor dem Feldspat ausgeschieden hätten, sondern als Kristalle, die von der Korrosion verschont geblieben sind.“

Eine Verallgemeinerung dieser Erklärung erscheint mir nicht angezeigt: der sich stets in gleicher oder wenigstens sehr ähnlicher Weise vollziehenden Veränderung der chemisch-physikalischen Verhältnisse beim Übergang der intratellurischen in die Effusivperiode müßte jedenfalls bei chemisch identen Magmen eine gleiche Wirkung entsprechen; als ihre Folge wäre somit eine gesetzmäßige tektische Ausscheidungsfolge zu erwarten, die tatsächlich nicht vorhanden ist, wie beispielsweise Art und Mengenverhältnis der Quarzporphyreinsprenglinge zueinander und zur Grundmasse beweisen.

glasigen, einsprenglingsfreien Salbänder in porphyrisch struier-
ten basischen Gängen von der Insel Thera (p. 303—305,
vergl. auch das Referat von ROSENBUSCH, dies. Jahrb. 1880.
II. - 305—319-, speciell - 314-) folgendes aus:

La matière des salbandes est l'écume solidifiée du foyer
souterrain; la lave de la partie centrale du dyke provient
d'une zone profonde de ce même foyer.

N'est-il pas naturel de supposer qu'une différence con-
sidérable dans la cristallinité ait signalé les différentes couches
du bain igné dont les produits ont constitué le dyke? La
matière amorphe des toutes les laves de Santorin est plus
riche en silice que tous les cristaux qu'elle renferme. Cette
composition jointe à son état vitreux lui assure maintenant
un poids spécifique inférieur à celui des cristaux. A fortiori
en était-il de même lorsqu'elle possédait encore l'état liquide.
Il est donc probable que, dans l'intérieur de la matière fondue
souterraine, des phénomènes de liquation se produisaient
comme dans tout liquide hétérogène, susceptibles de donner
naissance à des composés définis différents les uns des autres;
les couches supérieures devaient être riches en matière amorphe
et pauvres en cristaux.

Par conséquent, il n'est pas étonnant que la matière
éjaculée d'abord ait été essentiellement vitreuse, tandis que,
consécutivement, le même orifice ait donné issue à des laves
cristallines.

Während die Erklärung DARWIN'S auf alle Effusivmassen
angewendet werden kann und tatsächlich vielfach angewendet
worden ist [so von C. W. C. FUCHS, Über Veränderungen in
der flüssigen und der erstarrenden Lava (Min. u. petr.
Mitt. 1871. p. 72. 1872), von LÖWINSON-LESSING, Studien über
Eruptivgesteine (l. c. p. 344—351)], so kommt die Erklärungs-
weise FR. FOUQUÉ'S selbstverständlich nur in Betracht, wenn
mit der Änderung der Struktur auch eine chemische Änderung
verbunden ist, mithin bei gemischten Gängen. Aber auch in
diesem Spezialfalle könnte man sich der Deutung FOUQUÉ'S nur
bedienen, wenn das Salband saurer ist als die Gangmitte,
während die Anordnung gewöhnlich umgekehrt ist; tatsächlich
hat FOUQUÉ seine Erklärung nur für die Gänge von Thera
gegeben, ohne sie zu verallgemeinern.

Alle ungleichmäßigen Verteilungsarten der Einsprenglinge erklären sich nun, ohne daß man zur Annahme ihrer Entstehung *in situ* greift, durch die hier vertretene Mischungstheorie.

Zweifellos sind die heißeren, unter den kristallreicheren liegenden Magmaschichten dünnflüssiger als die oberen; sie können daher infolge des auf sie wirkenden Druckes die oberen, zähflüssigeren Massen durchbrechen und vor diesen eine entstehende Spalte im ersten Stadium ihres Aufreißen erfüllen. In den durch ununterbrochene Erweiterung der Spalte geschaffenen Raum dringen dann die zäheren, ursprünglich höher liegenden Magmaschichten, die nach der Verfestigung als einsprenglingsreiche Gangmitte einen auffallenden Gegensatz zu dem einsprenglingsarmen oder -freien Salband bilden.

Schließlich darf wohl noch darauf hingewiesen werden, daß diese Mischungstheorie geeignet ist, zu den beiden bisher bekannten Entstehungsmöglichkeiten für gemischte Gänge eine dritte hinzuzufügen, die für die Bildungsweise von Tiefengesteinen ihr Analogon in der von DEECKE für die Verknüpfung der verschiedenen Granite im „Granitstock des Elsässer Belchen in den Südvogesen“ (Zeitschr. Deutsch. geol. Ges. 43. p. 839 ff., speziell p. 866) findet. Gemischte Gänge müssen entstehen, wenn eine aufreißende Spalte von ursprünglich unter einander angeordneten, chemisch differenzierten Magmaschichten erfüllt wird, von denen die zunächst eindringende, die nicht die ursprünglich höchstgelegene zu sein braucht, infolge ununterbrochener Erweiterung der Spalte die randlichen, die nachfolgenden Massen die mittleren Teile der endgültig gebildeten Spalte einnehmen. Schlierige Anordnung der verschiedenen Gesteinsmassen innerhalb derselben Spalte, wie sie der Gang zwischen Erdmannsdorf und Stonsdorf zeigt, bisweilen begleitet von gegenseitiger, stofflicher Beeinflussung der beiden Gesteinsarten, wie sie G. VOM RATH in den von Granitporphyr und Diorit erfüllten Spalten der Landschaft Ogliastra, besonders am Kap Bellavista an der Ostküste von Sardinien schildert (Vortrag über Sardinien, Sitzungsber. d. Niederrh. Ges. 1885. p. 191—192), sind sichere Anzeichen für eine derartige Entstehung, nicht aber notwendige Begleiterscheinungen.

Die zum Verständnis der Resorptionsphänomene in granitporphyrischen Ganggesteinen notwendige Hypothese von der gegenseitigen Beeinflussung höherer und tieferer Magmaschichten durch Mischung während des Emporgepreßtwerdens erweist sich mithin als durchaus geeignet, auch zahlreiche andere Erscheinungen der Ganggesteine und Ergußgesteine in befriedigender Weise zu erklären.
