

II. Besprechungen.

Der magmatische Ursprung einzelner Pegmatite und gewisser Quarzgänge.

Von Bruno Simmersbach (Wiesbaden).

Literatur.

- F. D. ADAMS, Nodular Granite from Pine Lake, Ontario. Bull. Geol. Soc. of America. 1898. IX. 163.
- E. C. ANDREWS, The Geology of the New England Plateau with special reference to the Granites of Northern New England. Records Geol. Survey New South Wales. 1905. Bd. 8. I. 108—152.
- BEAUMONT, ELIE DE, Note sur les émanations volcaniques et métallifères. Bull. Soc. Géol. de France. 4. Bd., II. Serie. 1847. S. 1249—1333. Auszug von C. RAMMELSBERG nach Ztschr. deutsch. Geol. Ges. 1850. Bd. 2. 388: Über die vulkanischen und metallischen Ausströmungen.
- E. S. BASTIN, Bull. 445 U. S. Geol. Survey 1911. Geology of the pegmatites and associated rocks of Maine, including feldspar, quartz, mica and gem deposits.
- RICH. BECK, Lehre von den Erzlagerstätten. 3. Aufl. Berlin 1904.
- BEYSCHLAG-KRUSCH-VOGT, Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine. Stuttgart 1912. Bd. 2.
- W. C. BRÖGGER, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Leipzig 1890.
- H. CREDNER, Die granitischen Gänge des sächs. Granulitgebirges. Ztschr. deutsch. geol. Ges. Berlin 1875. Bd. 27. S. 104—222.
- W. O. CROSBY und M. L. FULLER, Origin of Pegmatite. American Geologist. 1897. Bd. 19 Nr. 3. S. 145—180.
- CROSS, IDDINGS, PIRSSON und WASHINGTON, Quantitative classification of rocks. Chicago 1903.
- CHARPENTIER, Essai sur la constitution géognostique des Pyrenées. S. 158.
- J. F. L. HAUSMANN, Reise durch Skandinavien. V. 1818.
- P. HERTER, Über die Erzführung der Telemarkischen Schiefer. Ztschr. deutsch. geol. Ges. 1871. Bd. 23. S. 377.
- C. R. VAN HISE, Monograph 47 U. S. Geol. Survey. 1904. S. 720: A Treatise on metamorphism.
- C. R. VAN HISE, 16. Annual Report U. S. Geol. Survey. 1896. S. 686: Principles of pre-Cambrian North American Geology.
- A. W. HOWITT, Notes in the area of intrusive rocks at Dargo. Transact. Royal Soc. Victoria. 1887. Bd. 23. S. 127 ff.
- A. W. HOWITT, Notes on certain metamorphic and plutonic rocks at Omeo. S. 188. Transact. Royal Soc. Victoria. Bd. 24. II. S. 100 ff.
- T. STERRY HUNT, On some Points in Chemical Geology. Paper read before the American Associat. at Montreal, August 1857. Ref.: Quarterly Journal of the Geological Soc. London 1859. Bd. 15. 488.
- T. STERRY HUNT, Geology of Canada.
- T. STERRY HUNT, Notes on granitic rocks. 1863. Canadian Pegmatites.
- KALKOWSKY, Über den Ursprung der granitischen Gänge im Granulit in Sachsen. Ztschr. deutsch. geol. Ges. 1881. Bd. 33. S. 629—653.

- J. F. KEMP, The rôle of the igneous Rocks in the formation of veins. Trans. Am. Inst. Min. Eng. 1912. Bd. 31. S. 182.
- J. F. KEMP, Genesis of Ore Deposits. S. 693.
- G. KREISCHER, Über Pegmatolithe. Mitteilung an Geinitz. Neues Jahrb. f. Mineral. 1869. S. 209.
- KEILHAU, Gaea Norwegica. I. 58.
- A. C. LAWSON, The orbicular gabbro at Debesa. San Diego Cty. Calif. Bull. Departm. Geol. Univers. Calif. Bd. 13. S. 388.
- A. C. LANE, Geologic Activity of the Earth originally absorbed Gases. Bull. Geol. Soc. America. Bd. 5. S. 259—280.
- J. LEHMANN, Die Entstehung der altkristallinen Schiefergesteine. Bonn 1874.
- P. NIGGLI, Die Gase im Magma. Zentralbl. f. Mineralogie. 1912. S. 321—338.
- P. NIGGLI, Die gasförmigen Mineralisatoren im Magma. Geol. Rundschau. 1912. III. S. 472—482.
- P. NIGGLI, Forschungen im Gebiete der physikalisch-chemischen Eruptivgesteinskunde. Die Naturwissenschaften. IV. Heft. 43. Oktober 1916. S. 641/45. 663/67. 683/87.
- P. NIGGLI, Die physikalisch-chemische Bedeutung der Gesteinsmetamorphose. Antrittsvorlesung Univers. Leipzig, 5. Juni 1915. Berichte über die Verhandl. der Kgl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. zu Leipzig. 1915. Bd. 67. S. 223—269.
- OTTO NORDENSKJÖLD, Die geolog. Verhältnisse der Goldlagerstätten des Klondykegebietes. Ztschr. prakt. Geol. 1899. S. 71—83.
- Frhr. F. v. RICHTHOFEN, Über das Alter der goldführenden Gänge und der von ihnen durchsetzten Gesteine. Ztschr. deutsch. geol. Ges. 1869. Bd. 21. S. 723 bis 740.
- H. ROSENBUSCH, Elemente der Gesteinslehre. 3. Aufl. Stuttgart 1910.
- H. ROSENBUSCH, Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine. 4. Aufl. Stuttgart 1907.
- J. E. SPURR und G. H. GARREY, Bull. U. S. Geol. Survey. Nr. 260. 1905. S. 104: Prelim. report on the ore deposits of the Georgetown Mining Distr. Colorado.
- TH. SCHEERER, Beiträge zur Kenntnis norwegischer Mineralien. Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1845. S. 849.
- TH. SCHEERER, Über die Kupfererzgangformation Telemarkens. Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1863. S. 157.
- TH. SCHEERER, Kalkstein in Gneis und Schiefer Norwegens. Quarterly Journal Geol. Soc. London. Bd. 9. II. 4—13.
- J. E. SPURR, 18. Annual Report U. S. Geol. Survey. III. 1898. Geology of the Yukon gold district.
- J. E. SPURR, Ore deposits of the Silver Peak Quadrangle Nevada. Prof. Paper 55. U. S. Geol. Survey 1906.
- J. J. H. TEALL, British Petrography. 291.
- J. H. L. VOGT, Über die Bildung von Erzlagerstätten durch magmatische Differentiation: Fortschr. Min. Krist. u. Petrogr. Jena 1912. II. 24—40.
- J. H. L. VOGT, Zur Klassifikation der Erzvorkommen. Ztschr. prakt. Geol. 1895. S. 149.
- G. H. WILLIAMS, 15. Annual Report U. S. Geol. Survey. 1895. The general relations of the granitic rocks in the Middle Atlantic Piedmont Plateau. 651—684 (S. 675).
- G. WOITSCHACH, Ztschr. f. Kristallographie. 1890. Bd. 16. S. 221.
- G. A. WALLER und E. G. HOGG, The tourmaline bearing rocks of the Heemskirk district. Rep. Secretary for Mines of Tasmania. 1903.

Die mehr kieselsäurereichen Abarten der granitischen Gesteine stellen im allgemeinen spätere Phasen der Ausscheidung bzw. Verfestigung dar, als dies bei normalen Graniten der Fall ist, ein Umstand, der nicht stets mit der genügenden Klarheit erfaßt wurde. So sind besonders die grobkörnige Fazies, bekannt als Pegmatite, vielfach als Gangformationen angesehen, die granitischen Injektionen folgen, aber ganz verschiedenen Prozessen ihren Ursprung verdanken. Diese Annahme fand ihre Rechtfertigung in dem Umstande, daß man diese Pegmatite des öfteren vorfand als Übergänge in Gänge, die vorwiegend aus Quarz bestehen und weil sie andererseits verschiedene Anzeichen von Gängen aufwiesen, für welche eine ursprüngliche Absetzung aus zirkulierenden Wässern niemals geläugnet worden ist. Diese Auffassung vom wesentlichen Unterschied zwischen Pegmatiten und Graniten hing vor allem von dem falschen Grundgedanken ab, daß Granit ein einfaches vulkanisches Gestein sei, verfestigt aus einer geschmolzenen Masse, und zweitens von dem ebenfalls unrichtigen Ausgangspunkt, daß alle Gänge ihre Entstehung der Ablagerung aus Wässern verdanken müßten, die von allen Seiten die Grundgesteine durchziehen und welche nicht unbedingt notwendig in einem engen genetischen Verhältnis zu dem feurigen Magma stehen. Man hat auf Grund vielfacher wissenschaftlicher Fortschritte indessen heute längst erkannt, daß keine kritische Grenzlinie zwischen Graniten und bestimmten Quarzgängen gezogen werden kann, auch nicht zwischen den einzelnen Prozessen, denen sie ihre Entstehung verdanken. Zwischen Graniten und Quarzgängen bilden die Pegmatite oftmals nur eine Zwischenform. Die beiden vielgebrauchten Bezeichnungen »plutonisch« und »neptunisch« für die Prozesse, durch welche die zwei Endpunkte der Übergangsserien geformt worden sein sollen, sind recht irreführend; ebenso auch irreführend ist die Dreiteilung in die Begriffe »plutonisch«, »neptunoplutonisch« und »neptunisch«, da auch hiermit nicht eine absolute Richtigkeit zum Ausdruck gelangt, denn eine scharfe Grenzlinie zwischen den einzelnen in Betracht kommenden Gesteinsgruppen läßt sich einfach gar nicht ziehen. Einerseits ist die Reihe der ersten Granite nicht vollständig rein vulkanischer Natur und andererseits sind die Quarzgänge nicht alle aus wässriger Lösung entstanden. Die Bildungsprozesse, welche alle diese Gesteine in grauer Vorzeit formten, liegen jedenfalls viel näher zusammen, als die genannten drei Ausdrücke uns erkennen lassen, jedenfalls aber näher als sie bezeichnen sollen.

Bei seiner Betrachtung über den Ursprung der Pyrenäen gelangte im Jahre 1823 CHARPENTIER zu der Auffassung, daß die granitischen Pegmatitgänge Spaltengänge sind, die gleichzeitig oder wenigstens nur sehr wenig später entstanden, als die Verfestigung des sie einschließenden Granits erfolgte.

KEILHAU wiederum gab 1838 der Anschauung Raum, daß gewisse norwegische Pegmatitgänge nicht der Anfüllung von Gangspalten ihren

Ursprung verdanken, sondern gangartige Absonderungen jener syenitischen Gesteine bilden, innerhalb derer sie liegen. Zu dieser Auffassung vom Ursprung jener Pegmatitgänge bekannte sich später auch HAUSMANN.

In den Jahren 1846—47 veröffentlichte SCHEERER eine Abhandlung, in welcher er ausführte, daß die Verfestigung des Granits in gewisser Beziehung auch zur Theorie der Entstehung der Pegmatite zu bringen sei. Er beobachtete, daß sehr oft im Urgneis Höhlungen angetroffen wurden, deren Wandungen mit Kristallen verschiedener Herkunft bedeckt waren. Dieselbe Erscheinung beobachtete SCHEERER auch in einer gewissen Klasse von Gängen, die in granitischen und anderen Gesteinen auftreten. Diese Anfüllung der Hohlräume war seines Erachtens allgemein herbeigeführt durch die Ablagerungen aus Lösungen oder durch Ausscheidungen, Absetzungen, die von dem umschließenden Gesteine her ihren Weg nahmen. Darum heißen derartige Ausscheidungen auch Sekretionsgänge oder -spalten. Dem Beobachter solcher angefüllter Höhlungen in granitischen Gesteinsmassen kann dabei der Gedanke nicht entgehen, daß diese Gesteine eine bestimmte Flüssigkeit enthalten müssen, welche in die kleinen und kleinsten Höhlungen, Risse, Sprünge und Adern eindringt und deren Wandungen mit den gefundenen Kristallen bedeckt hat. Diese Flüssigkeit dringt mehr oder weniger intensiv in die geschichteten Gesteine ein, derart, daß der Granit an der Kontaktstelle in einen plastischen Zustand gerät und, indem die Flüssigkeit, die mineralische Lösung, dann diese Masse durchdringt, fördert sie deren Metamorphose und hat solchergestalt einen größeren oder geringeren Anteil an der Bildung von Kontaktzonenprodukten. Diese Flüssigkeit, welche die noch warme Masse des Granits durchsetzt, kann schwerlich etwas anderes sein als Wasser von allerdings recht hoher Temperatur jedoch nichtsdestoweniger in einem flüssigen Zustande erhalten und befähigt, tropfenweise unter enormem Druck in das Gestein einzudringen. Dieses Infiltrationswasser enthält eine gewisse Menge fester Mineralbestandteile, besonders aber Kieselsäure in Lösung.

Eine andere Anschauung, die lange Zeit sowohl in Europa wie auch in Nordamerika weit verbreitet war, suchte die Entstehung der Metallgänge durch die Lateralsekretionstheorie zu erklären, durch welche man sowohl den Ursprung der pegmatitischen Gesteine als auch der Erzgänge zu erklären glaubte. Die Anwendung dieser Theorie in Rücksicht auf die Erklärung der Entstehung der Pegmatite fand wohl zuerst 1863 in T. STERRY HUNT ihren Verfechter, der sich bei seinen Untersuchungen der kanadischen Pegmatite auf sie berief. Das Wesen der Lateralsekretionstheorie besteht kurz darin, daß das Material, welches heute auf der nutzbaren Lagerstätte sich anfindet, ursprünglich in sehr feiner Verteilung in dem unmittelbar daneben anstehenden Gestein enthalten war und zwar, wie man annahm, zumeist in der Form von kieselsaurer Verbindung. Diesem als primär angesehenen Vorkommen

wurde dann der Schwermetallgehalt durch Auslaugung entzogen und hiermit die Spalten dann ausgefüllt. Diese Anschauungsweise von der Entstehung der Erzlagerstätten ist heute wohl ziemlich allgemein wieder aufgegeben, da ihre Anwendung sich höchstens auf die Entstehung der Garnieritgänge und etwa noch der Asbolangänge rechtfertigen ließe. H. CREDNER gelangte 1875 (Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1875. Bd. 27. 104—223) zu einer gleichen Auffassung in bezug auf den Ursprung der pegmatitischen Gesteine Sachsens. Er untersuchte die granitischen Gänge des sächsischen Granulitgebirges betreffs ihrer Genesis und gelangte dabei zu dem Beobachtungsergebnis, daß das Material dieser granitischen Gänge nicht von unten zugeführt sein könne und ebenso nicht durch heiße Minerallösungen gebildet sei, sondern durch Sickerwasser, welches teilweise das Nebengestein zersetzte und auslaugte und die pegmatitischen Mineralien schuf. CREDNER schreibt (a. a. O. S. 152) über die Genesis der granitischen Gänge des sächsischen Granulitgebirges und analoge Ganggebilde aus anderen Gegenden, daß sie auf Grund aller geschehenen Beobachtungen hydrochemischen Ursprungs sind, ebensogut wie die Kalkspat-, Baryt- und Quarzgänge. Sie verdanken ihr Material der Auslaugung ihres Nebengesteins, denn sie sind an ganz bestimmte Gesteinsarten gebunden, und zwar an den echten Granulit, während andere Gesteine andere Gangausscheidungen erzeugen. Dann keilen sich ferner die granitischen Gänge nach allen Richtungen hin aus, sie können also in genetischer Beziehung zu den aus der Tiefe emporsteigenden Mineralquellen nicht gestanden haben. Ihre Bildung ist von den Wandungen der Spalten aus vor sich gegangen und zwar durch Auskristallisieren der in Lösung zugeführten Gangmineralien und deren nach der Mitte gerichtetes Wachstum, denn wir sehen alle Stadien dieses Ausfüllungsprozesses in Beispielen verkörpert. CREDNER fügt noch hinzu, daß uns viele Einzelheiten dieser Vorgänge dunkel sind, wie z. B. der Bildungsmodus der echt granitisch-körnigen Aggregate ebensowenig zu leugnen ist, wie der Mangel einer klaren Vorstellung von der Entstehungsweise lachtermächtiger grobkristallinischer Baryt- oder Kalkspatgänge, deren wässerigen Ursprung trotzdem kein Geologe bezweifeln dürfte.

Der oben schon kurz genannte T. STERRY HUNT beschreibt in seinen »Notes on granitic Rocks« zahlreiche, die laurentischen Gneise der neu-englischen Staaten und Kanadas durchsetzende Granitgänge, z. T. mit ausgezeichnet symmetrisch-lagenförmiger Anordnung ihrer Gemengteile. Manche derselben bestehen aus reinem, wasserhellem Quarz mit eingeprengten zollgroßen Orthoklaskristallen, andere an den Salbändern oder in der Zentralzone aus Quarz, während Orthoklas entweder eine mittlere oder zwei seitliche Lagen bildet. In ähnlicher Weise kommt Perthit mit Quarz vor. HUNT kommt, wie auch schon in seinem früheren Werk »Geology of Canada« zu dem Schlusse, daß diese granitischen Gänge wässerigen Ursprungs sind und wie die Erzgänge in Spaltenräumen durch allmähliche Auskristallisierung aus Lösungen zur Entstehung

gelangt seien. Zur Unterscheidung von den eruptiven Graniten nennt er sie »endogen«.

»In dem sächsischen Granulitgebirge treten Hunderte von granitischen, syenitischen und pegmatitischen Gängen auf, deren Mächtigkeit, nach CREDNER, unbedeutend ist; ihr Verlauf ist unregelmäßig, ihre Ausdehnung unbeträchtlich, ihre Streichrichtung gesetzlos. An ihrer Zusammensetzung nehmen viele Mineralien teil; einige dieser Gangminerale weisen außergewöhnliche oder sonst interessante Erscheinungen auf; manche sind Pseudomorphosen oder anderweitiger sekundärer Entstehung. Die mineralische Zusammensetzung der in den verschiedenartigen Gebirgsgliedern der Granulitformation aufsetzenden granitischen Gänge ist abhängig von der petrographischen Beschaffenheit des Nebengesteins.«

Im Jahre 1869 stellte G. KREISCHER für die Entstehung gewisser pegmatitischer Gesteine eine Erklärung ähnlich derjenigen HAUSMANNS auf, nämlich daß diese Pegmatite gleichzeitigen Ursprungs seien mit den sie einschließenden vulkanischen Gesteinen. Auch G. WOITSCHACH gelangte 1881 zu der gleichen Anschauung über die Genesis einiger deutscher Pegmatite, wie sie KREISCHER und HAUSMANN annehmen. Ähnliche Ansichten haben auch KALKOWSKY und TEALL verfochten. KALKOWSKY besonders wendet sich in seiner Abhandlung »Über den Ursprung der granitischen Gänge im Granulit in Sachsen« (Ztschr. deutsch. geol. Ges. 1881. Bd. 33. S. 629—653) gegen die vorhin angezogenen Ausführungen CREDNERS zu demselben Gegenstande. KALKOWSKY hat darin die genetischen Anschauungen und deren Begründung, welche CREDNER niederlegte, kritisch untersucht, und da er sie für nicht zutreffend befand, eine neue Theorie über die Entstehung der granitischen Gänge aufgestellt. Er untersuchte die gangartigen Gebilde der Lava vom Albaner Gebirge und ferner einen lichtgelblichen Eruptivgranit nahe bei Cham im bayrischen Waldgebirge. Der Granit von Cham mit seinen Gängen bildet nach KALKOWSKYS Untersuchungen offenbar ein Analogon zu der Leuzitbasaltlava des Albaner Gebirges; in beiden Fällen sind es gangähnliche Gebilde, die aus wesentlich denselben Mineralien bestehen, wie das Muttergestein. Es liegen entschiedene Gänge vor sowohl nach Form als auch Struktur, für deren Entstehung die Grundsätze der Kongenerationstheorie völlig ausreichend sind. KALKOWSKY kommt demnach zu dem Schlusse, daß für alle diese Gänge die syngene Entstehung mit dem Granite selbst durchaus zulässig ist, und hält es nicht für schwer, zu zeigen, daß für irgendeine andere Art der Erklärung genügende Beweise nicht vorhanden sind. KALKOWSKY kommt zu der Entscheidung, daß den drei Hauptgründen CREDNERS für die hydrochemische Entstehung der granitischen Gänge andere Verhältnisse und Erwägungen entgegenstehen, die von so hoher Bedeutung sind, daß sie die Theorie von der hydrochemischen Entstehung der granitischen Gänge als nicht mit allen unseren Erfahrungen im Gebiete der chemischen Geologie über-

einstimmend erscheinen lassen. Die massenhafte Bildung wasserfreier Silikate ohne alle Beimengung wasserhaltiger, ohne Beimengung von Karbonaten und ähnlichen Verbindungen durch hydrochemische Prozesse ist an und für sich schon nach dem Stand unserer Kenntnisse in der chemischen Geologie undenkbar, es muß somit bei der Bildung der granitischen Gänge wenigstens noch ein anderes Moment zugegen gewesen sein, welches die Abscheidung von Karbonaten, Sulfaten, Sulfiden u. a. verhinderte.

Die innige Verwachsung von Granit und Granulit im sächsischen Granulitgebirge ist nach KALKOWSKY Beweis dafür, daß beide relativ gleichzeitig entstanden sind. KALKOWSKYS genetische Theorie läßt sich wie folgt zusammenfassen: Durch Kontraktion der Erdkruste fand gegen Ende der Zeit der Granulitbildung, als die Granulitschichten bereits völlig kristallinisch und starr waren, aber noch immer eine sehr hohe Temperatur besaßen, eine Wölbung und damit Hand in Hand eine Zerstückelung derselben statt. Durch fortdauernde Kontraktion wurden diese Stücke aneinander gepreßt, auf ihren Spaltfugen setzte sich die Bewegung in Wärme um, welche das noch warme Metall der Granulitschichten verflüssigte. Durch mehr oder weniger langsame Erstarrung und Kristallisation desselben entstanden dann die granitischen Gänge. KALKOWSKY bezeichnet die Granulite mit ihren mannigfachen Einlagerungen als das Produkt einer Sedimentation klastischen Materials, welches unter dem Einfluß der damals hohen Temperatur der Erdkruste und der Meere eine kristallinische Struktur annahm. — Auch J. LEHMANN wendet sich in seinem Werk »Die Entstehung der altkristallinischen Schiefergesteine« (Bonn 1884) bei der Frage nach dem Ursprung der Pegmatite Sachsens gegen die Auffassung CREDNERS und nahm einen entschiedenen Standpunkt für die feurigflüssige und magmatische Entstehung dieser Gesteine ein. LEHMANN entwickelt ferner, daß die Quarzbänke oder Quarzgänge, welche mit den Pegmatiten vergesellschaftet auftreten, ebenfalls eine Phase des granitischen Magmas darstellen. Das Granitmagma ist seiner Ansicht nach ganz wesentlich verschieden von all denjenigen Magmen, welche die Erdoberfläche erreicht haben.

Im Jahre 1887 veröffentlichte A. W. HOWITT eingehende Studien über die pegmatitischen Gesteine in Victoria, Australien (Notes in the area of intrusive rocks at Dargo). Es ist dies ein Gebiet goldführender Quarzgänge, die charakteristischerweise nahe dem Kontakte von Massen intrusiver granitischer und dioritischer Gesteine auftreten, welche paläozoische Sedimente durchbrochen und metamorphisiert haben. HOWITT zieht einen Unterschied zwischen diesen goldhaltigen Quarzgängen und anderen Gängen von Quarz, denen er pegmatitischen Ursprung zulegt. Er gibt indessen keinerlei Merkmale der Unterscheidung dieser zwei Arten von Quarzgängen an, abgesehen davon, daß der eine Teil goldführend ist, während bei den anderen Gängen dies nicht der Fall ist. Beide Arten von Gängen treten im Gebiete von Dargo und Omeo in

Australisch-Victoria auf; die goldführenden Quarzgänge enthalten Pyrit, Arsenkies, Bleiglanz und Gold. Die von HOWITT als pegmatitischen Ursprungs bezeichneten Quarzgänge bestehen entweder aus milchfarbigem oder durchscheinendem Quarz allein, oder der Quarz enthält Turmalin, Feldspat oder Muskovit, oder zwei derselben oder alle drei Bestandteile zusammen in wechselnden Verhältnismengen, derart, daß diese Gänge einmal fast reine Quarznatur zeigen mit nur sehr geringer Beigabe anderer Mineralien oder sie sind derart mit diesen Nebengemengteilen versetzt, daß sie zu einer Abart von Pegmatit werden.

Bei der weiteren genaueren Untersuchung dieser Gänge fand HOWITT, daß die Turmalinkristalle häufig isoliert in der Mitte des Quarzes vorkommen; der Quarz ist völlig rund um den Turmalin herumgeschmolzen und füllt auch die Risse aus, welche infolge des Zerbrechens der Turmalinkristalle entstanden sind. Diese Isolierung des Turmalins zeigt somit an, daß der Quarz nicht aus einer Lösung stammen kann, sondern er bildete jedenfalls eine dichte plastische Masse, die unter dem nötigen Drucke noch einer — wenn auch vielleicht nur schwerfälligen — Bewegung fähig war. Nach HOWITTS Ansicht ist der Quarz in diese Risse und Sprünge in einem kolloidartigen Zustande eingedrungen. Er betrachtet diese Quarzgänge als die wahrscheinlichen Repräsentanten jener restlichen Menge Kieselsäure des plutonischen Magmas, aus welchem die gesteinsbildenden Mineralien alle bereits ausgeschieden waren, und daß dieser Quarzrückstand ausgequetscht wurde, während er sich noch in kolloidaler Form befand und somit die Möglichkeit besaß, in alle umliegenden Spalten und Trennungsflächen einzudringen. Um derartige gangartige Quarzvorkommen zu schaffen, war eine hohe Temperatur nicht notwendig erforderlich; denn die Ausscheidung der noch kolloidförmigen Kieselsäure konnte immerhin bei derjenigen niederen Temperatur vor sich gehen, welche das plutonische Magma schon zur Verfestigung brachte.

Für eine andere Gruppe von Gesteinen in derselben Gegend Australiens kommt im Jahre 1888 HOWITT zu dem gleichen Schlusse bezüglich ihrer Entstehung. Wenn man deshalb die Granite als Ganzes betrachtet, einschließlich all der vorhin genannten Beimengungen, so stellen sie eine Intrusion plutonischer Gesteine verschiedener aufeinander folgender Altersklassen, jedoch ein und derselben Periode plutonischer Invasion dar; die Reihenfolge ist in steigendem Maße sauer werdend, die letzten Ganggebilde sind vorwiegend Orthoklas (Mikroperthit) und Muskovit, oder Orthoklas und Quarz. Endlich hält HOWITT dafür, daß die Gänge und die eigentlichen Bänke von kristallinischem Quarz oder von Quarz und Turmalin, welche mit diesen Graniten vergesellschaftet auftreten, die letzten Bestandteile jenes noch-flüssigen, unkristallisierten Magmas bildeten.

Daß der Quarz nicht unbedingt flüssig gewesen sein muß, sondern in seiner Form als Kolloid in Spalten einzudringen vermochte, wurde schon von früheren Geologen anerkannt. So hat ELIE DE BEAUMONT im vierten

Bande der zweiten Reihe des Bull. de la Soc. géol. de France eine größere Abhandlung »Über die vulkanischen und metallischen Ausströmungen« veröffentlicht, welche in verschiedenen Perioden stattgefunden haben und welche wesentlich in die Theorie der Gangbildungen eingreifen. Chemische Verbindungen waren es, welche, im flüssigen und gasförmigen Zustande gemengt, durch die Abnahme der Temperatur gezwungen wurden, sich zu verfestigen, wobei dann das Strengflüssige und das Schwerflüchtige den Anfang machen mußten. Die Tätigkeit der Vulkane liefert den Beweis, daß das Innere des Erdkörpers einen Herd enthält, welcher gewisse Stoffe schmilzt und verflüssigt. Die vulkanischen Produkte sind teils flüssige, geschmolzene, also Laven, teils gasförmig hervortretende, welche sich an der Oberfläche verdichten, gewisse Salze und Säuren, Schwefel, Wasser u. a. Ist es nun in hohem Grade wahrscheinlich, daß die Wechselwirkung des Innern und der Oberfläche in früheren Perioden häufiger, großartiger und allgemeiner gewesen sei, so führt die Analogie zu dem Schlusse, jene beiden Klassen von Emanationsprodukten auch damals vorauszusetzen. So finden wir denn die Laven in den kristallinen Gesteinen, die gasförmigen Produkte in den Gangausfüllungen wieder. Bei jenen zeigt sich, daß sie, je älter, auch um so reicher an Kieselsäure sind; bei diesen, daß sie immer mannigfaltiger werden. Nach und nach entstanden die Eruptivgesteine und wurden immer ärmer an Kieselsäure; es schlugen sich gasförmige Verbindungen nieder, welche immer weniger Elemente enthielten. ELIE DE BEAUMONTS Bemerkung, daß die Feldspate der älteren und neueren vulkanischen Gesteine kaum jemals mit Kieselsäure gesättigt sind, wie die der granitischen, war vorher auch schon von ABICH gemacht worden. Wo dies aber, wie z. B. im Trachyt, ausnahmsweise der Fall ist, da tritt auch freie Säure in Gestalt von Quarz auf. Auf den Zinnsteinlagerstätten wies E. DE BEAUMONT eine merkwürdige Mannigfaltigkeit der Stoffe nach, er zählte auf ihnen 48 Elemente, während die gewöhnlichen Gänge d. h. die Blei-, Kupfer-, Silber- und Eisenerze führenden nur 43 Elemente aufzuweisen haben. Von diesen letzteren kommen 25 in den Mineralwässern vor. Indem er diese 25 mit den aus noch tätigen Vulkanen und Solfataren ausströmenden gasförmigen Stoffen vergleicht, findet er die größte Analogie beider auf nassem Wege entstandenen Produkte, so verschieden auch die Umstände sind, unter denen sie an die Oberfläche gelangen. Andererseits bietet sich hierdurch ein direkter Vergleich der Erzgänge und Mineralquellen dar; jene kommen in älteren, diese in neueren Eruptivgesteinen vor. Der Inhalt der Erzgänge aber ist gleichfalls der Absatz von Gewässern, welche freilich jetzt nicht mehr zirkulieren. Die Gänge selbst führen entweder einzelne Mineralien, metallische und nichtmetallische, oder Gebirgsarten. In jenen bemerkt man eine deutliche Symmetrie der Absätze, häufige Kristallbildung nach dem frei gebliebenen Innern zu; in diesen eine vollständige Ausfüllung. Man muß daher konkretionäre und Gesteins- oder Ausfüllungsgänge

unterscheiden. ELIE DE BEAUMONT ist der Ansicht, daß die Mehrzahl der metallischen Verbindungen der Gänge aus dem umschließenden Eruptivgestein herstamme, und daß die Stoffe, wie Schwefel, Arsenik, Chlor, Fluor, welche mit den Metallen flüssige Verbindungen bilden, das Mittel waren, die Metalle in die Gänge zu führen, während Wasserdämpfe gleichzeitig ihre Oxydation bewirkten. So sehen wir noch jetzt Eisenchlorid und Kupferchlorid an Vulkanen sich in Oxyde verwandeln, und die künstliche Darstellung von kristallisiertem Zinnoxid, Titansäure aus deren Chloriden mittels Wasserdampf unterstützt jene Annahme wesentlich. Somit wären die Gangbildungen allerdings unter Mitwirkung höherer Temperaturen entstanden, aber doch jedenfalls auf nassem Wege, und nicht bloße Sublimate, wie man wohl angenommen hat.

Die Entstehung der sogenannten Gangarten, also des Quarzes, Schwerspats, Flußspats und der Karbonate setzt aber den Zustand flüssiger Auflösung voraus. Das Material dazu lieferte das umgebende Gestein und die Atmosphäre, und die in ihnen aufgewachsenen Schwefelmetalle haben ohne Zweifel denselben Ursprung.

E. DE BEAUMONT verwirft mit vollem Rechte die Ansicht, daß die Kieselsäure und die Silikate der Gänge in geschmolzenem Zustande in dieselben eingedrungen seien und hebt die Beziehungen hervor, in welchen die Gänge zu der Natur des umgebenden Gesteins stehen. So treten die gewöhnlichen Gänge, als deren Typus die Bleiglanz führenden gelten können, in basischen Gesteinen auf; sie selbst sind charakterisiert durch die Gegenwart des Schwefels, Arseniks, Antimons, an welche die Metalle größtenteils gebunden sind, und durch die Abwesenheit wasserfreier Silikate. Sie führen überhaupt weniger Mineralien und in diesen eine geringere Anzahl von Elementen als die Zinnerzgänge, welche in granitischen, d. h. kieselsäurereichen Massen aufsetzen und eine viel größere Anzahl Elemente, besonders die Oxyde des Zinn, Wolfram, Molybdän, Tantal, Niob, Uran usw. enthalten, welche die Natur von Säuren haben und sich mithin der Kieselsäure nähern, an der ihre Umgebungen schon sehr reich sind. Viele von diesen Körpern erscheinen nie wieder in späteren Bildungen, so daß sie in dem ältesten Teil der Erdkruste gleichsam konzentriert wurden. Aber diese Konzentration hat mehr an der Grenze der granitischen Gesteine stattgefunden.

Für die eruptive Natur des Granits sprechen seine Gangbildungen und die von der Masse umhüllten Fragmente durchbrochener Gesteine. Aber die Art des Hervorbrechens muß doch verschieden von derjenigen anderer Steine gewesen sein. BEAUMONT hält es nicht für wahrscheinlich, daß Graniteruptionen aus großen Tiefen heraus erfolgt seien, denn dann sollte man glauben, müßten Granite verschiedenen Alters in gleichem Grade reich an Metallen sein, was aber nicht der Fall ist, da viele Metalle sich nur in den ältesten Graniten vorfinden. Später gaben die Graniteruptionen zur Bildung der quarzführenden Porphyre Anlaß,

in welchen der Kieselsäuregehalt schon etwas geringer ist und die kristallinische Struktur der ganzen Masse sich auf einzelne Teile beschränkt. Wenn man sieht, daß es zahlreiche Übergänge von Granit in Gneis und selbst in Glimmerschiefer gibt, so ist offenbar die Frage über die Entstehung dieser Gesteine innig miteinander verknüpft. So ist ELIE DE BEAUMONT der Ansicht, daß mancher Granit allerdings metamorphischen Ursprungs, d. h. ein in Schichten abgesetztes und kristallinisch gewordenes Gestein sei, aber daß es auch eruptiven Granit gebe. Die bekannte Erscheinung, daß der Quarz der Granite die Eindrücke der nebenliegenden Kristalle von Feldspat, Turmalin, Granat u. a. zeigt, so daß er also später als diese festgeworden sein muß, hat bei der Strengflüssigkeit der Kieselsäure, die größer ist als die aller übrigen Gemengteile des Granits, die plutonische Bildungsweise dieses Gesteins zweifelhaft gemacht. Da der Granit die Gesteine, die er durchbrochen hat, nicht samt und sonders schmolz, so kann er bei seinem Hervordringen keine hohe Temperatur gehabt haben. Ebenso wenig kann er diese in der Tiefe besessen haben, denn seine spätere Abkühlung würde ihn verhindert haben, enge, sich mannigfach verzweigende und auskeilende Spalten zu erfüllen. Befand sich nun der Quarz jedenfalls in weichem Zustande, um äußere Eindrücke anzunehmen, so braucht er darum noch nicht geschmolzen zu sein.

SCHEERER hat den kristallinischen Zustand der Granite in einer gänzlich anderen Weise zu erklären versucht. Durch zahlreiche Tatsachen, besonders durch die Gegenwart von pyrognomischen Mineralien, gelangt er zu der Ansicht, daß der Granit bei seinem Festwerden nur eine mäßig erhöhte Temperatur gehabt habe. Pyrognomische Mineralien sind aber jene Gadolinite, Orthite und Allanite, welche beim Erhitzen unter Licht- und Wärmeentwicklung ihre physikalischen Eigenschaften ändern, häufig auch ihre chemischen, wenngleich ihre Zusammensetzung unverändert bleibt. Sie sowohl als der Turmalin der Granite, was auch RAMMELSBERG bestätigt fand, erstarrten aber früher als der Quarz, und wäre dieser geschmolzen gewesen, so hätten sie nach ihrem Festwerden wohl noch lange in einer starken Hitze verweilen müssen, wobei sie unmöglich pyrognomisch bleiben konnten. Alle Turmaline z. B. werden bei starker Glühhitze bimssteinartig aufgebläht oder porzellanartig, was von einem Verlust an flüchtigen Fluorverbindungen herrührt. So stimmte denn auch E. DE BEAUMONT SCHEERERS Ansicht bei, daß die Hypothese eines ursprünglich feuerflüssigen Zustandes der Granitmasse, obwohl sie durch die Kontakterscheinungen unterstützt wird, durch die Natur der Masse selbst sich nicht rechtfertigt. Sie muß plastisch gewesen sein, jedoch ohne Hilfe einer sehr hohen Temperatur. DAUBRÉE hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß die Zinnerzlagerstätten neben dem vorwaltenden Quarz reich an Fluorverbindungen sind, und da das Fluorzinn eine flüssige Verbindung ist, so scheint das Metall in dieser Form aus der Tiefe emporgestiegen zu sein, gleich seinen Begleitern Wolfram und

Molybdän; auch Phosphor, Bor, Chlor, Schwefel und Wasser scheinen eine wichtige Rolle gespielt zu haben. Ebenso kann man der Elektrizität bei der Bildung metallischer Massen eine gewisse Wirkung nicht absprechen, denn der Zustand, in welchem wir gediegene Metalle, Gold, Kupfer, Silber finden, deutet nicht darauf hin, daß sie als geschmolzene Massen kristallisierten, sondern eher auf eine Art Abscheidung und Ansammlung, welche der galvanoplastischen ähnlich ist, und nach den Beobachtungen von FOX und REICH befinden sich ja die meisten Erzgänge noch jetzt in einem eigentümlichen elektrischen Zustande.

Im Jahre 1890 veröffentlichte W. C. BRÖGGER Untersuchungen über norwegische Pegmatite (Die Mineralien der Syenitgänge, Ztschr. f. Kristallogr. Bd. 16), in denen er schließt, daß die Pegmatite dieses Gebietes im wesentlichen intrusiver und magmatischer Natur sind und Ausscheidungen des sich verfestigenden Magmas bilden. Er weicht darin also von J. LEHMANN'S Ansicht über den Ursprung granitischer Quarzgänge ab. BRÖGGER erkennt den Übergang zwischen Quarzgängen und Pegmatiten zwar an, aber er betrachtet beide als verschiedenen Ursprungs. Die Pegmatite stellen nach seiner Ansicht die letzte Stufe der Festwerdung des granitischen Magmas dar. Der Übergang zwischen diesen und den ersten Graniten wird durch die vollständige Reihe: Granitite, Granophyre, Aplite und Pegmatite gebildet. Die Quarzgänge, in welche die Pegmatite übergegangen sind und welche bezüglich ihres Entstehungszeitpunktes den Pegmatiten folgen, gehören nichtsdestoweniger, nach BRÖGGER'S Anschauung, nicht zu dieser Serie, sondern sie stellen Gangfüllungen oder Spaltenfüllungen dar, welche nicht völlig oder nicht in allem der Präzipitation aus echten magmatischen Lösungen entstammen. Er teilt die Pegmatite in vier Arten ein. Die erste Periode, die Phase der magmatischen Festwerdung, enthält bestimmte Mineralien, unter denen die hervorragendsten Apatit, Titanit, Zirkon, Magnetit, Lithionglimmer, Fluorit und Feldspat sind, und sich etwa in der aufgeführten Reihenfolge abgesetzt haben. Die zweite Mineralperiode umfaßt die hauptsächlich durch den Einfluß von Minerallösungen oder durch Absetzung aus zirkulierenden Flüssigkeiten entstandenen. Diese Mineralien sind reich an Fluor, Bor, Schwefel, wie z. B. Fluorit, Turmalin, Molybdänit, Zinkblende, Schwefelkies, Bleiglanz, Kupferkies. Zirkon und Albit gehören ebenfalls zu diesen Mineralien der zweiten Periode. Als dritte Gruppe führt BRÖGGER die Bildungszeit der Zeolithe an und viertens jene der Fluorkarbonate und der Karbonate.

Die Pegmatite sind unter den Gesteinsgängen mit den aplitischen Gängen zunächst verwandt, sie gehen vielfach in diese über, insofern die Aplite pegmatitische Salbänder zeigen. Die nahen Beziehungen der Aplite und Pegmatite geben sich strukturell in der nicht geringen Verbreitung einer im großen granophyrischen Ausbildung kund. Die Verwandtschaft wird ferner dargetan durch die Verknüpfung beider in den Randbildungen von Tiefengesteinsmassiven und durch das oft beob-

achtete gemeinschaftliche Auftreten beider Gesteinsformen. Alle die vielen Beobachtungen an Pegmatiten haben gleichmäßig zu der Überzeugung geführt, daß bei der Bildung der Pegmatite pneumatolytische Vorgänge eine große Rolle gespielt haben, und BRÖGGER hat bei seinen Studien der Verhältnisse der südnorwegischen Pegmatitgebilde die Zugehörigkeit der Pegmatite zu den ersten eruptiven Ganggesteinen einwandfrei wieder dargelegt. BRÖGGER rechnet die eigentlichen Pegmatite noch zu den ersten Injektionsgängen, allerdings unter besonderer Betonung der außergewöhnlich starken Mitwirkung mineralisierender Agentien. Als wichtigstes Agens betrachtet er dabei das Wasser, daneben Fluor, Borsäure u. a. BRÖGGER zeigt auch, wie die Reihenfolge der Ausscheidungen verschiedene Generationen von Begleitmineralien schuf, teilweise unter Zerstörung älterer Bildungen, bis die letzte Füllung der Gänge nach Abschluß der pneumatolytischen Periode in der Thermalperiode der Gesteinsbildung statthatte.

A. C. LANE lenkte im Jahre 1894 die Aufmerksamkeit der Fachleute auf die Tatsache, daß eine fortlaufende Reihenfolge existiere von Pegmatiten zu Sekretionsgängen und eigentlichen Spaltengängen, angefüllt durch von unten aufsteigende Materie. Pegmatite hält LANE für eine bestimmte Form des Magmarückstandes und die Sekretion, die Ausscheidungsgänge, für einen weiteren Schritt in der Fortbildung. Auch G. H. WILLIAMS vertrat 1895 ähnliche Ansichten, als er den Ursprung der Pegmatite von Maryland schilderte; er hält viele dieser Pegmatite für intrusiver Natur und einen wesentlichen Bestandteil granitischer Intrusionen bildend. Eine andere Klasse von Pegmatiten indessen hält er nicht für bestimmt unterschieden von diesen intrusiven Pegmatiten, wenigstens in bezug auf die Zusammensetzung, aber er hält sie doch als von anderem Ursprung herrührend wegen ihres Übergangszustandes in typische Quarzgänge. WILLIAMS glaubt, daß diese letzteren Pegmatite durch Lateralsekretion aus den sie umgebenden Gesteinen entstanden wären; jedenfalls könne in keinem Falle ein Zweifel darüber bestehen, daß die Quarzgänge, in welche derartige Pegmatite übergegangen sind, dieses Ursprunges sind. Über die Umwandlung von Granit in Pegmatit und von diesem in Quarzgänge in den Black Hills bei Leadville in Colorado berichtete C. R. VAN HISE, der diese Pegmatite durch drei verschiedene Prozesse entstanden glaubt. In manchen Fällen war es vulkanische Injektion, in anderen wieder vulkanische Aktion gleichzeitig mit Wasserdämpfen oder endlich drittens reine Wasserzementation. In noch anderen Fällen hält VAN HISE die Einwirkung zweier oder gar aller dreier Prozesse für möglich. Die Umwandlung von Graniten in Quarzgänge, welche VAN HISE beobachtet hat, betrachtet er wohl als einen Markstein zwischen eigentlicher vulkanischer Injektion und wässriger Zementation. Das Wasser, welches bei diesen Prozessen mitgewirkt haben soll, schreibt er dabei nicht eigentlich dem Magma zu, sondern dem Untergrundwasser überhaupt, indem er annimmt, daß bei ge-

nügendem Druck und genügender Temperatur Magma und Wasser in allen Verhältnismengen miteinander mischbar seien.

Im Jahre 1897 erschien als eine der bedeutendsten Abhandlungen in der amerikanischen Fachliteratur (im *Am. Geologist*, Bd. 19 Nr. 3) die Arbeit von W. O. CROSBY und M. L. FULLER über Pegmatite. Die beiden Autoren beschreiben darin Pegmatitvorkommen in New Hampshire, wobei sie einen völligen ungestörten allmählichen Übergang in der Zusammensetzung zwischen typischem Pegmatit und Quarzgängen konstatieren konnten. Diese Quarzgänge sind stellenweise in die Pegmatite eingedrungen, sie sind daher jüngeren Alters; aber die Pegmatite sind nichtsdestoweniger wahrscheinlich doch substantiell gleichzeitig mit dem Quarz, welcher einen integralen Bestandteil des Pegmatits bildet. WILLIAMS vertrat früher die Ansicht, daß der Pegmatit, welcher in Quarzgänge übergeht, einen von dem übrigen Gestein verschiedenen Ursprung besitze; er hält daran fest, daß dieser Übergang eine einwandfreie und häufige Beziehung darstelle und daß diese Quarzgänge das Endprodukt desselben großen Differentiationsprozesses bilden, welcher auch die Pegmatite hervorgebracht hat. CROSBY und FULLER bringen nun folgende Theorie zum Ursprung der Pegmatite in Vorschlag, sie nehmen dabei zwei Bildungsmöglichkeiten an. Erstens kann Pegmatit entstehen durch normale magmatitische Differentiation in einer sehr großen Masse von Magma. In diesem Falle mag der Pegmatit, da wo er sich noch an dem ursprünglichen Platze seiner Differentiation befindet, ganz allmählich in normalen Granit umgewandelt worden sein; oder das pegmatische Magma unterliegt Mischungen, kristallisiert in Spalten in den Muttergranit oder das umgebende Nebengestein aus. Die zweite mögliche Art der Pegmatitbildung ist nach CROSBY und FULLERS Ansicht, daß Apophysen von normalem granitischem Magma in hocherhitzte, wasserhaltige Gesteine eindringen und daß dadurch ihr Magma selbst hydratisiert wird und pegmatitische Struktur erhält. J. E. SPURR beobachtete 1898 den Übergang von Quarzfeldspatgestein, dem er später den Namen Alaskit beilegte, zu Quarzgängen. Diese Quarzgänge enthalten Schwefelkies, silberhaltigen Bleiglanz und freies Gold. F. D. ADAMS beschreibt einige interessante Nieren und Gänge in Granit von Ontario. In diesem Granit treten kugelige oder ovalgeformte Quarznieren auf, welche Turmalin enthalten. An manchen Stellen sind diese Nieren in Reihen angeordnet und entlang gewisser Teile dieser Reihenordnung sind die Nieren derart dicht aneinander gelagert, so daß sie faktisch das Aussehen eines echten Ganges erhalten. Die hauptsächlichen Bestandteile dieser Nieren sind Quarz, Muskovit und Sillimanit. Manchmal auch sind Plagioklas und Orthoklas vertreten, auch wieder Turmalin, Eisenerz und Schwefelkies. ADAMS betrachtet dies als einen Fall von primärer magmatischer Differentiation und vergleicht diese Gänge mit Quarzgängen, die häufig mit Turmalin vergesellschaftet sind und ein Übergangsstadium vom Pegmatit bilden, welches in Verbindung mit

manchen Granitmagmen vorkommt. Im Jahre 1899 beobachtete OTTO NORDENSKÖLD im Klondykegebiete ebensolche Umwandlungen, wie sie J. E. SPURR aus der Umgebung des Fortymilebezirks in der Provinz Yukon beschrieben hat. Diese Umsetzungen erfolgten vom Granit zu Pegmatit und vielleicht auch in reine Quarzgänge. NORDENSKJÖLD fand indessen kein Gold oder keinen Schwefelkies in diesen Gesteinen (Ztschr. f. prakt. Geol. 1899). J. F. KEMP berichtet (Ore Deposits, 693), daß an der Nordküste des Long Island Sundes Pegmatite in weitem Maße in Verbindung mit Graniten entwickelt und alle Übergangsstadien bis zu völlig reinem Quarz zu beobachten sind. J. E. SPURR beobachtete ferner im Jahre 1903 bei Silver Peak in Nevada Übergänge von granitischen Gesteinen in Quarzgänge, eine Beobachtung, die unabhängig hiervon auch H. W. TURNER machte. SPURR beschreibt auch die Umwandlung von Quarzgängen in Granit an verschiedenen anderen Orten, so in der Nachbarschaft von Oro Grande am Mojavefluß in Südkalifornien, im nordwestlichen Nevada im Walkerflußgebirge und bei Randsburg in Kalifornien. Auffallende Quarzturmalingänge in Tasmanien schildern G. A. WALLER und E. G. HOGG 1903 in ihrer Beschreibung der turmalinhaltigen Gesteine des Heemskirk-Gebietes. In dieser Gegend ist Granit in metamorphisierte silurische Ablagerungen eingedrungen. Der Granit enthält überall Turmalin, gewöhnlich vergesellschaftet mit Quarz. Nieren von Quarz, welche Turmalin und etwas Feldspat enthalten, kommen in dem Granit vor, entweder einzeln, oder gesammelt in Massen. Wahrscheinlich entspricht dieses Vorkommen dem oben von D. ADAMS geschilderten in Ontario. In Verbindung mit den Graniten treten Turmalinaplite auf, die anscheinend ein Differentiationsprodukt des Granits darstellen. Diese Aplite enthalten Nieren von Quarz-Turmalin in reichem Maße als der Granit. Das Gestein des Heemskirker Gebietes besteht nicht selten vollständig aus Quarz und Turmalin. Solche Quarz-Turmalingänge bestehen aus Quarz und Turmalin, wozu als geringere Bestandteile noch Zinnstein und Schwefelkies hinzutreten, ferner noch Wismutglanz, Molybdänglanz, Pyrit, Chalcopyrit, Bleiglanz, Zinkblende und Fluorit. Diese Gänge sind teilweise infolge Ausfüllung von Spalten entstanden, teilweise aber auch durch Versetzung des Nebengesteins. Die großen eingedrungenen Massen (Gänge) bestehen aus einer gleichmäßig körnigen Mischung von Quarz und Turmalin, welche manchmal etwas Feldspat enthält. Der Turmalin ist älter als der Quarz. Diese Massendämme oder Gänge enthalten des öfteren kantige Bruchstücke des Nebengesteins eingeschlossen. An manchen Stellen ist der Quarz ausgeschieden, so daß der Gang dann aus reinem, weißem Quarz, völlig frei von Turmalin, besteht. Ganz offenkundig liegt hier ein Beispiel vor, daß der Turmalin einen ursprünglichen Bestandteil des Granitmagmas bildete, da er in dem ganzen Gestein überall in der Gegend anzutreffen ist. Die örtliche Anreicherung von Turmalin ist nach dem Berichte von WALLER und HOGG eine Folge magmatischer Differentiation, und

die Nieren von Quarz-Turmalin sind jedenfalls auch infolge eines ähnlichen Vorganges entstanden. Dieses Magma von Quarz und Turmalin hat in gemeinschaftlicher Arbeit die großen Massenbänke oder -gänge von Turmalinquarz geschaffen. Dagegen sind die Quarz-Turmalingänge durch einen weiteren Akt magmatischer Zersetzung entstanden, wodurch sich das stark wasserführende von dem weniger wasserhaltigen Magma trennte. Von dem ersteren Magma aus, welches häufig vielfach eine stark gesättigte Lösung darstellte, von hohem Hitzegrad und hohem Gehalte an Bor, Fluor und Schwefelwasserstoff, erfolgte wahrscheinlich die Entstehung der Quarz-Turmalingänge und auch die Metamorphose des Nebengesteins. Dasjenige Magma dagegen, welches die großen, in die geschichteten Gesteine eingedrungenen plutonischen Massen (Gänge) entstehen ließ, scheint in viskosem Zustande — also zähflüssig, gallertartig — gewesen zu sein.

Die amerikanischen Geologen CROSS, IDDINGS, PIRSSON und WASHINGTON berichten in ihrem Werke »Quantitative classification of igneous Rocks (Chicago 1903) über ein Umsetzungsprodukt vom Granit zu Quarzgängen und legen die Tatsache fest, daß diese Quarzgänge zur Kategorie der eruptiven Ganggesteine zu rechnen sind. Der Name »Dargase« wird hier — nach HOWITT — auf einen bestimmten Typus vom Übergangsgestein zwischen Granit und intrusiven Quarzgängen angewandt. Derartiges Übergangsgestein beschrieb erstmalig HOWITT aus der Gegend von Dargo in Victoria in Australien, er gibt allerdings keine Analyse solchen Gesteins an. Das Gestein selbst beschreibt HOWITT als Olivindiabas, der einen Gang im Quarzdiorit von Dargo (Orr's Creek) bildet und wahrscheinlich sicher zu den Lamprophyren gerechnet werden muß. Das Vorkommen neben Diorit ist zu erklären, daß die Diorite von Dargo mit hervorragend charakteristischem Keratophyr verbunden sind. Noch ROSENBUSCH zeigte Dargase in einer Handprobe idiomorphen Barkevikit und Diopsid, teilweise mit Ägirinmänteln nebst Ägirinmikrolithen und etwas Biotit in einer aus oftmals sphärolithisch geordneten Feldspatleisten und braunem Glase bestehenden Grundmasse. A. C. LAWSON beschreibt 1904 einen kugelartig gestalteten Gabbro von Dehesa in der kalifornischen Grafschaft San Diego. Gänge von Aplit durchdringen hier einen Hornblendegabbro. Es ist hier eine Entwicklungsform eines in Granit aufsetzenden Noritmassivs gegeben; die Hauptmasse besteht aus grobkörnigem Hornblendegabbro, welchem neben reichlich viel Hypersthen, merkwürdigerweise auch in einigen Abarten Olivin, beigemischt ist. Der Feldspat des Gesteins steht an der Grenze von Labrador und Bytownit, die Hornblende ist mit grüner Farbe durchsichtig, der Olivin hat eine Korrosionszone von sekundär grüner Hornblende. Als lokale Fazies erscheinen eisenerzreichere, reine und feinkörnige Hornblendegabbro, Olivinnorit und Forellenstein. Nahe dem Gipfel des Berges wird das Gestein von aplitischen Gängen durchbrochen. Diese Aplitgänge werden teilweise so sauer, daß sie praktisch Quarz-

gänge sind und andererseits gehen sie in Feldspatgänge über. Der an der Südseite des Berges, nahe der Grenze gegen den Granit auftretende Kugelgabbro geht allmählich in das normalstruierte Gestein über.

Betreffs der Entstehung der Pegmatite gibt VAN HISE (Monogr. U. S. Geol. Survey 47) folgende Ausführungen. Er stellt dabei fest, daß das an dem Prozesse der Pegmatitbildung beteiligte Wasser in manchen Fällen zu einem ansehnlichen Teile, manchmal sogar das meiste davon, aus dem Magma selbst stammen müsse. Jedoch bei der größeren Anzahl von Beobachtungen soll nach VAN HISE das Wasser aus dem umgebenden Nebengestein stammen. Der Autor vertritt — Seite 1048/49 — die Ansicht, daß die goldführenden Quarzgänge in keinem einzigen Falle eine endgültige Phase der granitischen Intrusionen bilden können, und er bezweifelt es auch, ob irgendwelche Metalle, ausgenommen Eisen und Aluminium, durch magmatische Ausscheidung gebildet worden sein könnten, schon wegen der enormen Massen, die an Ausscheidungen erforderlich gewesen wären. Ebenfalls als Phasen granitischer Intrusionen schildern SPURR und GARREY (Bull. U. S. Geol. Survey 260) einige Beobachtungen im Gebiete von Georgetown (Colo.), wo sie häufigen Übergang von Pegmatiten zu Quarzgängen vorfanden. Im Gebiete der Pikes Peak (Colo.) beschreibt WHITMAN CROSS verschiedene Fälle von Quarzgängen, die in Pegmatite übergehen, welche wiederum ihrerseits übergehen in den intrusiven Granit. Durch die Assoziation mit anderen alkaligranitischen Formen hat man feststellen können, daß am Pikes Peak Alkaligranitite vorkommen, welche teilweise kataklastische Bildungen zeigen. Manche dieser Alkaligranitite enthielten, nach ROSENBUSCH, als alleinige Feldspate Mikroklin, Mikroperthit und Albit und als farbige Gemengteile teilweise lithiumhaltigen Biotit allein, teils daneben Diopsid und Riebeckit, beide oft vom Ägirin umwachsen. Sie sind quarzreich und führen akzessorisch Flußspat. Nach EDW. B. MATTHEWS enthält das Gipfelgestein vom Pikes Peak neben Flußspat auch stets Topas und Zinnstein (Cassiterit). Den braunen Glimmer in den Pikes Peak-Graniten hält er zum Teil für Anomit. E. C. ANDREWS beschreibt aus Neusüdwaales (1905. Records Geol. Survey) Pegmatite und Quarzgänge, die ineinander übergehen und er schildert sie als Verfestigungsphasen granitischer Intrusionen. Seine Ansichten über die Entstehung dieser Pegmatite und der pegmatitischen Quarze schließen sich eng an jene an, die auch SCHEERER, LEHMANN, HOWITT, CROSBY und FULLER entwickelt haben.

In Norwegen liegt an der Westküste, an der Mündung des Hardanger-Fjordes die Insel Bömmel, oder auch Bömmelö genannt. Hier tritt Gold in Quarzgängen auf, die mit älteren Diabasgängen in Diabastuffen, dioritischen Gesteinen und Quarzporphyr aufsetzen. Das Hauptgestein der ganzen Gegend ist Gabbro, in welchem starke Gänge von Quarzporphyr in Granit übergehen und auch durch Druck stark veränderte dioritische Gänge angetroffen werden. Der Gabbro ist ein Saussurit-

gabbro, den diese Gänge von Quarzporphyr und Diorit durchbrechen. Südlich dieses Gebietes erstreckt sich ein breiter Streifen von Schiefeln, in welchem nichtgoldhaltige Quarzgänge vorkommen. Die den Saussuritgabbro durchbrechenden Gänge von Quarzporphyr und verändertem Diorit sind hier die Träger der Goldquarzgänge, besonders die ersteren. Die Mächtigkeit dieser Goldquarzgänge erreicht stellenweise 1 m; sie enthalten das Gold teils in Klümpchen, die mit dem bloßen Auge erkennbar sind, teils kaum sichtbar fein verteilt. Der Goldgehalt dieser Quarzporphyrgänge liegt zwischen 7 und 28 Gramm auf die Tonne. Diese Gänge gehören der kupferigen Golderzformation an, wie auch die meisten übrigen skandinavischen Golderzgänge hierzu gerechnet werden, denn ihre Füllung besteht neben Quarz, Kalzit und Chlorit aus Freigold, Kupferkies, Schwefelkies und Bleiglanz; selten auch trifft man gediegen Silber, nur zuweilen Tellurwismut. Die Goldquarzgänge sind nach den Beobachtungen gleichzeitig mit der Intrusionsperiode der Quarzporphyre und der Diorite entstanden. Das Gold ist hier mit dem Granit eng vergesellschaftet.

Die von L. VOGT und anderen beschriebenen goldhaltigen Kupfererzgänge mit Turmalin in südnorwegischen Telemarken enthalten neben etwas gediegenem Silber und Gold, Chalkopyrit, Bornit und Chalkogit und als Gangart Fluorit, Turmalin, Apatit, Muscovit sowie Kalzit. Die Gänge setzen hier teils in Granit, teils aber in Schiefer nahe an einem Granitmassiv auf, oder aber sie bilden Leitergänge innerhalb von Granitgängen in Quarzitschiefer oder Kontaktgänge an dem einen Salband solcher Quarzitschiefer. Diese Gänge sind aufzufassen als genetisch mit dem Granit verbunden, in welchem sie auftreten. Es ist ein normaler Biotitgranit mit Orthoklas, Mikroklin, Oligoklas, jedoch keinem Muskovit. Nahe diesen Kupfergolderzgängen ist der Granit in Muskovit, Quarz und Kalzit verändert, mit etwas Chalkozit, Fluorit und Chalkopyrit oder Bornit. Nicht im Granit setzen die Svartdal-Gänge auf, die neben dem Kupfererz auch Gold und Turmalin führen. Diese Svartdal-Gänge setzen in einem Quarzglimmerdiorit auf, der in ein greisenartiges Gesteinsmaterial umgewandelt ist.

Die kupferige Goldquarzformation wird in Schweden sehr gut vertreten durch das Vorkommen in Småland bei Ädelfors im Kirchspiel Alsheda, wo auf Quarzgängen, in dunklem Hornblendeschiefer, der eine Einlagerung zwischen granitartigem Gneis und rotem Granit bildet, oder in dichtem Glimmerschiefer das Gold auftritt. Das Nebengestein in Ädelfors ist ein sehr feinkörniger dunkelgefärbter schuppiger Glimmerschiefer, der stellenweise Hornblende zeigt und in dunkelgrüne bis dunkelgraue stark gefaltete chloritische Hornblendeschiefer übergeht. Die Goldquarzgänge von Ädelfors sind 30—40 cm stark und teils Lagergänge, teils ausgesprochene Quergänge. Das Gold ist gewöhnlich sehr fein eingesprengt in einen blaßgelben Eisenkies; seltener findet man schon dünne Goldblättchen oder zahnige Partien im Quarz. Auch in

der Gesteinsmasse findet man Gold mit Bleiglanz, Kupferkies, Magnet-eisenstein, Malachit und Kupferlasur. Der Goldgehalt ist je nach der lokalen Gesteinszusammensetzung starken Schwankungen unterworfen; er erreicht im Magnetkies kaum 30—40 Gramm auf die Tonne, während die reichsten Pyrite 600—1000 Gramm Gold enthalten. Die vielfach beobachteten Silikateinschlüsse haben RICH. BECK auf die Vermutung geführt, daß die Goldquarzgänge von Ädelfors schon in den unveränderten Schiefen vorhanden waren und an deren Metamorphose teilgenommen haben.

In der Nachbarschaft von Beresowsk am Ostabhang des mittleren Urals im Bezirke Jekatarinburg liegt das in der Literatur am meisten erörterte Beispiel der kupferigen Goldquarzformation. Die goldführenden Quarztrümmer in den Gängen von feinkörnigem Granit im Schiefergebirge von Beresowsk stellen ausgeprägte Leitergänge dar, nur sehr selten erstrecken sich die infolge von Abkühlung entstandenen Spalten ins Nebengestein hinein. Die stark zersetzten Ton-, Talk- und Chlorit-schiefer von Beresowsk werden bis zu großer Teufe hinab von ebenfalls stark zersetztem Mikrogranit durchsetzt. Dieser Mikrogranit trägt den Namen Beresit; der Beresit wird von goldführenden Quarzgängen durchsetzt. Die Granite bei Beresowsk enthalten fein verteiltes Freigold und daneben verschiedene sulfidische Erze. Die bei diesem Granit auftretenden Quarz-, Feldspat-, Muskovitgesteine bilden in ihrer Gesamtheit den Beresit genannten Mikrogranit. Die eigenartige Struktur und Zusammensetzung dieser Gesteine ist sehr analog jener ähnlichen Gesteine in der Mineralzone von Nevada, wie dies J. E. SPURR besonders für den Bezirk Belmont ausgeführt hat. Der russische Beresit gilt den uralischen Bergleuten als der eigentliche Träger des Goldes, und Freigold kommt im Gestein auch selbst vor. Das Gold wird somit als ein ursprünglicher Bestandteil des Beresits angesehen. Neben dem Freigold ist das andere Gold dieser Gänge an Schwefelkies gebunden. Die Mikrogranitgänge, oder Aplitgänge, welche die Goldquarztrümmer führen, stehen sehr wahrscheinlich in genetischem Zusammenhang mit dem Massiv von Granit an dem nicht weit von Beresowsk entfernten Schartaschsee. Die hier in einem Steinbruche gebrochenen Granitstücke enthalten bis 1 g Gold auf die Tonne. Das Hauptgestein der Goldgruben von Beresowsk, die übrigens schon seit 1754 ausgebeutet werden, ist also ein Talk- und Chloritschiefer. Das dort Listwänit genannte Gestein ist nach ПОШЕПНЫ wohl eine Metamorphose nach kristallinem Dolomit. Der Beresit ist nach G. ROSE vom normalen Muskovit-Granit durch gleichmäßiges Korn, gelblicher Farbe und seinen Gehalt an Eisenkies unterschieden; das Gestein ist in Beresowsk meist stark zersetzt. Der Talk- und Chlorit-schiefer wird also von dem Beresit gangförmig durchzogen und der Beresit wieder von goldführenden Quarzgängen durchsetzt. Der Goldgehalt beträgt im Mittel etwa 13 g pro t, steigt aber manchmal bis auf 250 g und fällt auch bis zu 2,5 g. Das Gold ist in Flittern, dünnen Blätt-

chen, kleinen Zähnen, unregelmäßig gestalteten Körnern, gewöhnlich nur erbsengroß, in Quarz, Eisenkies und Nadelierz eingewachsen. In zersetztem Eisenkies ist das Gold häufig so staubartig, daß es erst durch Pochen und Waschen erkennbar wird. Das Granitmassiv am nahen Schartaschsee gilt heute wohl als das Muttergestein der die Goldquarztrümmer führenden Mikrogranitgänge, und da dieser eigentliche Intrusivstock ebenfalls goldhaltig ist, so ist es ein Gesetz der Naturnotwendigkeit, daß auch die später erfolgenden Nachschübe dieses gleichen Magmaherdes in der Gestalt der Aplite einen Goldgehalt mit an die Oberfläche brachten, der in den Quarztrümmern sich dann anreicherte (R. BECK). Es kann für wahrscheinlich gelten, daß diese Quarztrümmer in gleicher Weise wie die Pegmatite entstanden sind. Bei der Erörterung von Goldquarzvorkommen in Nevada wird diese Frage näher behandelt. Die goldhaltigen Quarzgänge bei Beresowsk kommen in großer Zahl vor, OKLANDYCH (Russ. Bergjournal 4, 253) zählte 1862 127 einzelne Beresitgänge auf, mit besonderer Beschreibung der für die Goldführung wichtigsten. Im allgemeinen scheint das Gold in den obersten Teufen am reichlichsten zu sein und nach unten zu immer mehr abzunehmen. Auch wo die Goldgänge in den Schiefer übersetzen, sollen sie ebenso reich sein wie im Granit.

Ferner sind als Goldvorkommen in magmatischen Quarzgängen die ebenfalls vielfach beschriebenen von Eule in Böhmen zu erwähnen. Der Ort Eule-Jilové liegt südlich von Prag zwischen den Flußtäälern der Sazawa und des Libře; in seiner Nachbarschaft soll Gold schon in vorgeschichtlichen Zeiten gewonnen worden sein. Jedenfalls ist der Goldbergbau bei Eule schon uralte, sichere Nachrichten liegen schon vom Ende des achten Jahrhunderts vor. Zeitweilig fand hier die größte Goldgewinnung in ganz Böhmen statt. Östlich der Stadt sind Granite in Schiefer eingedrungen und auf Quarzgängen, seltener schon auf Kalkspatgängen, die teils in Tonschiefer, teils in Quarzporphyr aufsetzen, findet sich das Gold. Es tritt blechförmig, selten in Kristallen, auch eingesprenkt mit Eisenglanz und Eisenkies auf. In dem Schiefer sind zahlreiche Gänge vorhanden, die vorwiegend aus schiefriem Grünstein und schiefriem Porphyren bestehen. Der Granitkontakt hat die gleiche Richtung wie die Goldquarzgänge und wie auch manche der Intrusivgänge. Die in den Goldquarzgängen anstehenden Mineralien sind Quarz, Kalzit, Dolomit, Chlorit, teilweise auch Orthoklas, Pyrit, Arsenkies und dazu Freigold, gelegentlich auch Chalkopyrit und Molybdänit. In anderen Gangadern findet man toneisensteinhaltigen Granat, Epidot, Albit, Laumonit, Stilbit, Natrolit und Analzit. Nach den eingehenden Untersuchungen über das Goldvorkommen bei Eule, welche H. L. BARVIR veröffentlichte (Archiv f. naturwiss. Durchforsch. Böhmens 1901), ist es für die Beziehungen der verschiedenen Gesteine im dortigen Goldbezirke untereinander offenkundig, daß das Gold im südwestlichen Böhmen vorwiegend mit dem Granitmassiv von Kleinböhmen in Ver-

bindung steht, sowohl mit den Produkten seiner magmatischen Differentiation als auch in seinen weniger stark zur Geltung gelangten Entwicklungsphasen. Zum Teil war das Gold ein primärer Bestandteil des Granits, zum anderen Teil bildet es wahrscheinlich eine Ablagerung heißer Mineralquellen während der Zeit der Intrusionen und endlich kann es auch durch dieselben heißen Wasser aus den bereits fest konsolidierten Gesteinen ausgelaugt worden sein. Goldhaltige feine Quarzadern, die atmosphärischen Einflüssen ihre Entstehung verdanken, oder verdanken können, sind zwar auch vertreten, aber nur in sehr untergeordnetem Umfange. Heute ruht der Goldbergbau bei Eule-Jilové vollständig.

Dagegen ist in neuerer Zeit in der Gemeinde Borkowitz, 60 km südlich von Prag ein größerer Betrieb auf dem Goldvorkommen am Roudnyberge entstanden, etwa 15 km östlich der Station Wotitz. Das in der Gegend anstehende Gestein ist ein Biotitgneis, der im Grubengebiete von zahlreichen Stöcken und Gängen eines häufig pegmatitisch, noch häufiger aplitisch ausgebildeten Turmalingranites durchbrochen wird. P. KRUSCH hat dieses Goldvorkommen von Roudny neuerdings näher beschrieben (Ztschr. deutsch. geol. Ges. 54. 1902. Verh. 58). Danach liegt das Gebiet des Roudnyberges im Gebiete der Urgneisformation, welche den größten Teil des südöstlichen Böhmens bildet; der Roudnyberg selbst soll nach POŠEPNY aus Gneis bestehen, es ist aber kein typischer Gneis, sondern nach der Beobachtung KRUSCH-BEYSCHLAG Granit, der an den meisten Stellen flaserige gneisähnliche Struktur infolge von Druck angenommen habe. Zwar geht der Gneis stellenweise ganz allmählich in normalen Granit über, ohne daß irgendeine Schichtung erkennbar ist, aber man findet auch im gneisähnlichen Gestein Einschlüsse randlich resorbierten Amphibolits. Dieser Umstand ist nach KRUSCH aber maßgebend, denn so findet man trotz vollkommen abweichender Schichtung des Amphibolits und Gneisgranites allmähliche Übergänge beider Gesteine. Granit, Gneisgranit und Amphibolit werden von Gängen eines Aplites durchsetzt, der vorzugsweise aus bläulichem Plagioklas, fleischfarbenem Orthoklas und grauem Quarz besteht. Von ihnen aus hat eine nach beiden Seiten hin oft mehrere Meter mächtige Umwandlung des Granits stattgefunden, die meist in einer Imprägnation mit Quarz und Schwefelkies besteht. Es sind so richtige Quarz- und Kiesimprägnationszonen am Roudny entstanden, deren durch den Bergbau drei aufgeschlossen sind. Die Entstehung der Goldvorkommen, welche übrigens nicht auf diese drei Imprägnationszonen beschränkt sind, wird von KRUSCH in folgender Weise erklärt: »Die Kiesimprägnationszonen verdanken Mineralwassern ihre Entstehung, welche auf den Spalten emporstiegen und gleichzeitig Kieselsäure, Eisen und Gold führten. Sie zersetzten den Granit, indem sie den Biotit und Feldspat zerstörten und an Stelle dieser Mineralien den feinkristallinen, goldhaltigen Schwefelkies und z. T. goldhaltigen Quarz absetzten. Die innige Vergesellschaf-

tung von Quarz, Schwefelkies und Gold, welche keine Altersfolge erkennen läßt, deutet auf gleichzeitige Entstehung der drei Mineralien hin. Die Mächtigkeit der Imprägnationszone ist abhängig von der Menge der auf den Spalten zirkulierenden Mineralwässer und der größeren oder geringeren Widerstandsfähigkeit des Granites. Die Wässer konnten so lange zirkulieren, bis sie sich ihre Spalten selbst mit Mineralien verschlossen hatten. Bei dieser Mineralbildung kann man zwei Perioden unterscheiden, von denen die erste in der angegebenen Weise verlief, während später reiner Quarz abgesetzt wurde. Man findet nämlich häufig an den Seitenrändern der Gangspalten Kies und Quarz in massiger Verwachsung, während die Mitte lediglich von Quarz angefüllt ist, der auch kleinere Hohlräume auskleidet. Der geringe Goldgehalt im grobkristallinen Kies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß das Gold schon aus der höher konzentrierten, feinkristalline Kies-Quarzaggregate bildenden Lösung ausfiel, während sich die größeren Kieskristalle aus der verdünnteren, schon goldärmeren Lösung bildeten. In ähnlicher Weise erklärt sich die Goldarmut des zuletzt abgesetzten reinen Quarzes. Der Amphibolit muß den Mineralwässern größeren Widerstand entgegengesetzt haben als der Granit, da er nur geringe Mineralisierung erfahren hat und so gut wie kein Gold enthält. Über das Alter der Imprägnation läßt sich nur angeben, daß sie älter ist als das Empordringen des Aplites, welcher die Imprägnationszone durchsetzt, und älter als das System von im allgemeinen nordsüdlich streichenden Spalten, welches kein Erz führt. « —

Um Licht in die physikalisch-chemischen Verhältnisse der Eruptivgesteine zu bringen, hat man im Laufe der neueren Zeit recht ansehnliche Fortschritte erzielt, über welche, neben seinen eigenen Untersuchungen, P. NIGGLI berichtet (Naturwissenschaften IV. 1916, Ges. d. Wissensch. zu Leipzig 67. 1915) (vgl. Literaturnachweis), besonders aus dem Grundsatz heraus, daß die Kenntnis der Zusammensetzung und Struktur der anorganischen Erdrinde gemeinsames Ziel der Mineralogen, Geologen und Petrologen sein müsse. Besondere Anziehungskraft für wissenschaftliche Untersuchungen übte stets das Magma aus, denn etwa 95% der 16 km mächtigen äußersten Erdrinde, über welche wir eine annähernde Vorstellung ihrer Beschaffenheit besitzen, sind von magmatisch entstandenen Eruptivgesteinen gebildet. Dieses Erstarren und Festwerden des Magmas ist unter sehr verschiedenen äußeren Bedingungen und bei recht wechselnden Temperaturen erfolgt. NIGGLI gibt zunächst eine Übersicht über den Aufbau der magmatischen Gesteine, an welchem nur verhältnismäßig wenige chemische Elemente beteiligt sind.

Während der Gewichtsprozentgehalt der Kieselsäure in dieser äußersten Erdrinde von etwa 30—85 % schwankt, treten andere Oxyde nur äußerst selten mit einem Gehalt von mehr als 30 % auf. Es liegen hier jedoch gewisse Gesetzmäßigkeiten vor, die analytisch nachgewiesen

werden können. Die chemischen Gesetzmäßigkeiten reichen aber noch weiter, denn wir wissen, daß die verschiedenen Typen der Eruptivgesteine sich nicht regellos vermischt vorfinden, sondern daß auch die Gesteinsassoziation ihren besonderen Charakter besitzt. Die ursächlichen Zusammenhänge hierbei reichen jedenfalls sehr weit, so werden granitische und syenitische Gesteine fast stets von pegmatitischen Gängen durchbrochen, deren Intrusion sich direkt an die Erstarrung des Hauptstocks anschließt. Der Begriff der Gesteinsassoziation konnte zuerst an Hand der Zugehörigkeit gewisser Erzlagerstätten zu bestimmten Eruptivgesteinen dargelegt werden und tritt am augenfälligsten in der Gangfolge tiefenmagmatischer Gesteine oder in der Sukzession der Laven ein und desselben Vulkans zutage. NIGGLI stellt für solche Gesteinsassoziationen Gleichgewichtsverschiebungen nach bestimmten chemischen Gleichungen auf, die auf Grund zahlreichen Analysenmaterials berechnet sind. A. OSANN hat in seinen Petrochemischen Untersuchungen (I. Teil, Heidelberg 1913) mittels der Statistik bestimmte molekulare Verhältnisse berechnet, deren er vier aufstellt, außerhalb deren für normale Eruptivgesteine irrationale Werte vorkommen. Die Eruptivgesteine nehmen sonach nur einen bescheidenen Raum im Gesamtkonzentrationsgebiet ein. Zwar lassen sich von den etwa tausend bekannten Mineralien rein rechnerisch sehr viele finden, die in irgendwelcher Kombination den chemischen Zustand eines Gesteins ergeben könnten, aber in Wirklichkeit treten doch nur sehr, sehr wenige derselben in größerem Maße als eruptivgesteinsbildend auf. Alkalien finden sich z. B. niemals in der Form reiner Alkalisilikate, und von den reinen Oxyden ist nur die Kieselsäure als Quarz gesteinsbildend; während Tonerde, als Korund, schon zu den Seltenheiten gehört, abgesehen zwar von ihrem Auftreten in solchen Gesteinen, die nicht mehr als normale Eruptivgesteine angesehen werden können. Man erhält somit nur sehr wenige ursprüngliche Mineralien magmatischer Gesteine mit Ausschluß der pegmatitischen Bildungen, und der Menge nach sind Feldspat, Augit, Hornblende, Quarz und Glimmer die hauptsächlichsten.

In welcher Weise das Magma als solches charakterisiert ist, steht für uns nicht fest, denn die Gesteinsuntersuchung im physikalischen und chemischen Sinne bietet uns immer nur ein Bild von Kristallisationsrückständen des Magmas, wenn auch zugegeben wird, daß diese einen quantitativ überwiegenden Teil dieses Magmas darstellen. Der Verlauf der Schmelzerstarrung, zumal bei der tiefmagmatischen Erstarrung, wird in seinen Einzelercheinungen wesentlich kompliziert durch den Umstand, daß viel feste Phasen veränderliche Zusammensetzung besitzen. Auch die Grenzen der Mischbarkeiten unter verschiedenen Bedingungen und die Beziehungen in den Konzentrationen zwischen Schmelzlösungen und gleichzeitig vorhandenen Mischkristallen bedürfen noch der Aufklärung. Wohl können wir bei der tiefmagmatischen Erstarrung Kontakterscheinungen sowie pneumatolytische und hydrothermale Bildungen

erkennen, doch ist damit das magmatische System als Ganzes noch nicht gelöst. Bei der magmatischen Kristallisation kommt jedenfalls den leichtflüchtigen Bestandteilen, wie dem Wasser und anderen, eine doppelte Bedeutung zu. Erfolgt die Erstarrung des Magmas unter starkem Druck, so werden sich diese bei der Restlösung anreichern, während schwerflüchtige Stoffe ausscheiden. Infolge dieser Anreicherung steigt aber die Innenspannung während des weiteren Abkühlens enorm, und schließlich bleiben bei 900° bis 400° flüssige hochgespannte mineralisatorenreiche Lösungen zurück, die jede Gelegenheit des Entweichens wahrnehmen, wozu Klüfte oder Spalten ihnen dienen müssen. Die an Wasser, Chlor, Fluor und Bor reichhaltigen pegmatitischen Bildungen finden nach NIGGLI so ihre Entstehungserklärung. Es könne jedoch auch der Fall vorliegen, daß beim Abkühlen, von einem bestimmten Punkte an, der Druck des Magmas ein so großer geworden ist, gewissermaßen ein Absieden dieser leichtflüssigen Bestandteile oder ihrer Lösungen, in die durchlässigen Nebengesteine erfolgt. Dann sind jedenfalls Kontaktwirkungen zu erkennen oder die pneumatolytischen Erscheinungen der Injektion. Man kann, mit NIGGLI, den Gesamtkomplex der vielen Vorgänge so zusammenfassen, daß flüssig-magmatische Gesteinsbildung, Pneumatolyse und hydrothermale Vorgänge notwendig aufeinander folgende Prozesse eines einzigen Systems unter wechselnden Bedingungen sind. N. L. BOWEN (Journal of Geology. Suppl.-Bd. 23. 1915. 1) hat dem DARWINSchen Gedanken, daß eine magmatische Differentiation direkt mit Kristallisation im großen verbunden sein müsse, eine neue Grundlage gegeben. Im Verlaufe des in der Tiefe im Magma langsam vor sich gehenden Prozesses einer Kristallisation bestimmter Teile, werden Schmelzlösungen in verschiedenen Zeitläuften abgequetscht, sie intrudieren dann und bei der rascheren Erstarrung liefern sie die normalen magmatischen Gesteine. So ist, nach BOWEN, der überaus verbreitete Kreis gabbroider Gesteine, dioritische Gesteine, Granite, Aplite und Pegmatite in seiner Entstehung mit einer derartigen Vorstellung wohl vereinbar und zugleich würde man damit auch die Anreicherung an Mineralisatoren im granitisch-pegmatitischen Magma, als der Restlösung erklären können. Allerdings hält wiederum NIGGLI dafür, und es berührt dies auch unsere eigene Ansicht, daß, so wahrscheinlich die Mitwirkung solcher Kristallisationserscheinungen sein mag, sie doch unmöglich für die überaus komplizierten Vorgänge der magmatischen Differentiation allein maßgebend sein kann. Die Bildung basischer Teile von Magma, gewisse anders verlaufende Differentiationsfolgen und noch manche andere Erscheinungen lassen sich damit noch keineswegs erklären und müssen daher noch des weiteren untersucht werden, ehe man in ihre Entstehungsursache Licht bringen kann.

Alle Eruptivgesteine, wobei wir besonders die kieselsäureärmeren hier hervorheben wollen, bringen bei ihrem Heraufdringen aus der Tiefe des Magmas in die darüber gelegenen Schichten der Erdrinde vielfach Mengen

von gediegenen Metallen oder Metallverbindungen mit sich, wenn auch zumeist nur in sehr kleinen Mengen. Der Gehalt der betreffenden Gesteine an solchen primären Metallen oder Erzen ist demnach nur ein geringer und verleiht dem Gesteine daher auch niemals den Charakter eines bergbaulich abbauwürdigen Erzes. Man hat in den eruptiven Gesteinen an solchen aus der Tiefe primär mit heraufgebrachten Metallen folgende angefundene: Gold in Graniten, Dioriten, Kiesen und in Basalt, Kupfer bisher nur in Syenit, Eisen wieder in Basalten, nickelhaltiges Eisen in Olivinfels und besonders in Serpentin, Platin in Olivingesteinen und in Pyroxenfelsen. Von all diesen Metallen hat man nur das Eisen in beachtenswerteren Mengen im Urgestein angefundene, allerdings auch noch nicht bergbaulich nutzbar. Dagegen fand man Nickeleisen, Kupfer, Gold und Platin nur in ganz geringen Mengen in den Tiefengesteinen. Nickeleisen hat man in kleinen Partikelchen eingewachsen in Tiefengesteinen, wie Olivinfels, als Awaruit nachgewiesen, Platin vom Ural mit Olivin, Serpentin und Pyroxen verwachsen. Magmatische Ausscheidung von gediegenem Kupfer kennt man von einem 100 m mächtigen Syenitgang im Zululand bei Coopers Store am Umzhlatusifluß. Dieser Syenit durchsetzt hier kristalline Schiefer. Sehr zahlreich sind dagegen die Beobachtungen, wo Gold als primärer Bestandteil von Eruptivgesteinen sich anfindet, so in dem frischen gneisartig-primär gestreckten Gabbrodiorit Madagaskars, der nach J. KUNTZ bei dem Dorf Sahova im östlichen Teile der Insel nahe bei der Quelle des Nosivoloflusses in der Nordhälfte von Madagaskar. Das Gesteinsmaterial besteht hier aus dunkelgrüner Hornblende feinkörniger Textur, dichroitischem Diallag, dunklem Glimmer und anderen Begleitbestandteilen. Das gediegene Gold ist in sichtbaren Körnchen vorhanden und zwar besonders als Einschlüsse in der primären Hornblende. In Amerika hat man an zahlreichen Punkten das Vorkommen gediegenen Goldes in Graniten und anderen saueren Eruptivgesteinen feststellen können, doch haben all diese Vorkommen nur wenig Aussicht darauf, jemals von praktisch-wirtschaftlichem Wert zu sein.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie](#)

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: [10](#)

Autor(en)/Author(s): Simmersbach Bruno

Artikel/Article: [Der magmatische Ursprung einzelner Pegmatite und gewisser Quarzgänge 158-182](#)