

GRANULIT UND GRANULITFACIES

A. WATZNAUER (*)

RÉSUMÉ

L'auteur procède à une analyse des notions de « granulite » et de « faciès granulitique » ; il se préoccupe d'élargir la notion de « granulite » en la rattachant à celle d'une famille de roches, constituant un corps géologique défini. Dans cette optique, par analogie avec les roches granitoïdes, il propose le terme de « roches granulitoïdes » pour désigner un ensemble de roches, qui peuvent différer entre elles, mais qui sont associées dans l'écorce terrestre où elles forment une entité propre.

Ces granulitoïdes sont des roches métamorphiques qui présentent les caractères suivants. Leur matrice est formée d'une mosaïque feldspathique à grain fin, blastomylonitique ou granoblastique, et de quartz. Le quartz présente la forme soit de disques, auquel cas la roche a un débit massif, soit de lamelles, auquel cas la roche a un débit plaqueté ou schisteux. Les roches sans quartz ou à quartz en grains sont qualifiées de « granoblastiques » ; elles présentent souvent une texture ocellée. Les minéraux et associations de minéraux des granulitoïdes indiquent des conditions de formation de haute température et de haute pression. Le feldspath alcalin est le plus souvent perthitique et peut atteindre la composition d'une mésoperthite. Le plagioclase est généralement acide et souvent antiperthitique. Le grenat Fe-Mg peut renfermer une certaine quantité de pyrope et de grossulaire ; la teneur en grossulaire est la plus élevée lorsqu'il existe un clinopyroxène. Le rapport molaire MgO/FeO peut atteindre 1. Il existe de l'orthopyroxène et du clinopyroxène. L'orthopyroxène est d'ordinaire un hypersthène pouvant tenir jusqu'à 10 % Al_2O_3 . Le clinopyroxène est un diopside-hédenbergite vert pâle renfermant Na, Fe^{III} et Al. Le silicate d'Al existe sous forme de disthène ou de sillimanite. Le spinelle (hercynite) est rarement absent. Les phases hydratées, telles que la hornblende verte ou brune, la Mg-biotite et la muscovite, font défaut ou sont présentes en quantité subordonnée. Elles témoignent de conditions de déséquilibre. L'analyse chimique indique, dans de nombreux cas, et notamment dans les roches leucocrates, un excédent d' Al_2O_3 . La fabrique du quartz est orthorhombique dans les variétés granoblastiques et lenticulaires ; elle est monoclinique à triclinique dans les variétés lamellaires.

D'après la composition minéralogique, on peut distinguer des granulitoïdes felsitiques, intermédiaires et mafiques. Les granulitoïdes sont souvent associés à des roches ultrabasiques, à des éclogites, à des charnockites.

Les notions de « granulitoïde » et de « faciès granulitique » ne sont ni comparables, ni interchangeables : la première désigne concrètement une unité géologique ; la seconde désigne une catégorie dans une classification.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wird der Versuch gemacht, die Begriffe Granulit und Granulitfazies nomenklatorisch zu analysieren. Es wird dabei von den Vorstellungen ausgegangen, den Begriff Granulit auf eine geologische Einheit zu beziehen und dadurch den geologischen Aussagewert des Begriffes Granulit zu erhöhen.

(*) Postschließfach 30, D.D.R. 9030, Karl-Marx-Stadt.

EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Bei vielen Exkursionen, die ich das Vergnügen hatte mit P. Michot machen zu dürfen, lief die Diskussion oft auf das Problem hinaus, zwischen der petrographischen Definition eines Gesteins und der angestrebten geologischen Aussage einer solchen Definition eine Verbindung zu finden. Das Ziel der Erforschung des Kristallins ist ja letzten Endes eine geologische Analyse der durch erhöhte Werte der Parameter Druck und Temperatur charakterisierten tieferen Teile der Erdkruste. Einige Gedankengänge zu dieser Problematik seien Herrn Prof. Dr. P. Michot zu seinem Jubiläum gewidmet.

Die zur Zeit herrschende Tendenz geht auf die Erarbeitung ungenetischer Definitionen hinaus. Diese dienen vor allem dem Zweck, phänomenologisch gleichartige Gesteine mit dem gleichen Namen zu belegen. Dadurch wird zweifellos eine wissenschaftlich notwendige und sprachlich sinnvolle Vereinheitlichung und Systematik erzielt. Aber die sich daraus ergebende Nomenklatur hat einen statischen, vom Einteilungsprinzip abhängigen Charakter, und zwar auch dann, wo man dem so geprägten Gesteinsbegriff, etwa Granulit u.ä., eine gewisse Variationsbreite zubilligt. Einen dynamischen, vom phänomenologischen Gliederungsprinzip unabhängigen Charakter erhält ein Begriff erst dann, wenn er genetisch interpretierbar ist. Erst dann wird er geologisch im Sinne einer zeitlichen und räumlichen Entwicklung brauchbar. So ist die Substanzdefinition eines Granites als einer Phasengemeinschaft von Quarz, Glimmer und Feldspat u.a. geologisch erst dann auswertbar, wenn der Vorgang, der zu dieser Paragenese geführt hat, erkannt ist, d.h. der phänomenologisch-statisch-petrographische Begriff durch den dynamisch-petrologischen ersetzt bzw. erweitert wird. In dem als Beispiel genannten Falle dann, wenn die Frage, ob der Granit intrusiver, metasomatischer o.a. Natur ist, geklärt erscheint. Diese Forderung ist keine unbillige. Die neuerdings üblich werdende Angabe der Granitalter auf der Karte zeigt, daß die Erfüllung eines solchen oder ähnlichen Wunsches möglich und nützlich ist.

Einen Versuch, phänomenologisch-statische und genetisch-dynamische Aspekte in einem System zum Ausdruck zu bringen, hat P. Eskola (1921) mit seiner Facieslehre unternommen. Für die Systematik s.str. hat dieser Versuch nicht viel gebracht. Eskola erkannte wohl den Grund dazu. Er ergänzte seine Grunddefinition durch den Zusatz, daß die Mineralassoziaton einer Facies keinem Stabilitätszustand entsprechen müßte, d.h., daß er das in Frage stehende Gestein mehr als das Glied einer Reaktionskette, also eines Vorganges sah, und nicht die Festlegung einer Grenze im Auge hatte. Grenzen sind künstlich gelegte Schnitte, deren Anlage im Sinne einer strengen Systematik vom Zweck, der die Systematik dienen soll, abhängt. Das Festlegen einer Grenze birgt aber eine Gefahr in sich. Wenn die Variabilität eines Gesteins die mit der Grenzziehung bzw. die dort gegebenenfalls eingeräumte Variationsbreite überschreitet, erhält ein Gestein, dessen Variabilität die Grenze überschreitet, einen neuen Namen, obwohl es genetisch zum Grundtypus gehört. Die kontinuierliche Vorgangskette wird dadurch nomenklatorisch diskontinuierlich. Die Nomenklatur für einen geologisch einheitlichen Gesteinskomplex löst sich im Extrem in eine Handstück-Nomenklatur auf, die zwar als Ausgangspunkt einer petrologischen Analyse wichtig ist, aber einer geologischen Analyse hinderlich und für eine kartographische Darstellung, die ja jeder geowissenschaftlichen Überlegung zugrunde liegt, unbrauchbar ist. Auf diesen Aspekt, den man als

Maßstabeffekt bezeichnen könnte und der das Grundanliegen der vorzutragenden Problematik darstellt, soll später zurückgekommen werden.

Eskola geht aber in seiner Vorsicht noch weiter, wenn er formuliert, daß zwei Kombinationen PT und P_1T_1 zum gleichen Mineralbestand führen können, obwohl weder $P \equiv P_1$ noch $T \equiv T_1$ ist. Vorsichtige Autoren haben diesen versteckten Hinweis aufgegriffen und sind bei den Bezeichnungen Epi-Meso-Katazone geblieben, allerdings sind diese Begriffe oft als Äquivalente für die Tiefenlage des Gesteinskomplexes in der Erdkruste und nicht unabhängig davon auf PT -Felder als solche angewendet worden. Die integrale geologische Interpretation von Informationen, die auf unterschiedlich geowissenschaftlich-methodischen Wegen gewonnen wurden, ist dadurch oft wesentlich erschwert worden.

Stärker als für die Gesteinssystematik ist das Faciesschema, da es eine vorliegende Mineralparagenese einem PT -Feld zuordnet, in umgekehrter Richtung wirksam geworden. Und hier setzte der enorme Aufschwung der experimentellen Petrologie ein. Die an bestimmte Vereinfachungen gebundenen Experimente an kleinsten Mengen verstärken jedoch die Handstück-Vorstellung bzw. benötigen für deren Extrapolation ins Große zusätzliche Hypothesen. Hierin liegt die Lücke zwischen der experimentellen Petrologie bzw. Petrographie in ihrem jetzigen kleinen Maßstab und ihrer Aussagekraft für großräumige geologische Probleme. Es gibt keinen Zweifel darüber, daß sich diese Lücke einmal schließen wird. Phasenkinetische Untersuchungen, der Umfang katalytisch gesteuerter Prozesse, Betrachtungen des Fließgleichgewichts in offenen Systemen u.v.a. wird die Extrapolation der Experimente auf geologische Dimensionen ermöglichen, aber bis dahin erscheint eine Nomenklatur, die sich auf große Einheiten bezieht, notwendig. Diese Notwendigkeit ergibt sich auch aus der Tatsache, daß Eskola für das System, dessen Facies er bestimmt, in allen Teilen gleichen Druck und gleiche Temperatur besitzt, eine Forderung, die für große Komplexe mit Sicherheit nicht zutrifft. Die Ausfüllung der erwähnten Lücke ergäbe die Grundlage für eine natürliche, d.h. genetische Systematik. Bis dahin kann es jedoch nur eine künstliche, zweckorientierte geben. Eine solche ist weder richtig noch falsch, sondern nur zweckmäßig oder unzweckmäßig. In den Vorschlägen, die in Diskussion I, II (1971, 1972) vorgelegt wurden, ist diese doppelte Tendenz deutlich erkennbar.

DER BEGRIFF „GRANULIT“

An den gut untersuchten Gesteinen des Sächsischen Granulitgebirges soll die aufgezeigte Problematik näher beleuchtet werden. Der „Granulitkomplex“ umfaßt, etwas schematisiert, folgende Gesteinstypen:

1. Helle Granulite

- a) Heller Granulit s.str.: Mesoperthit, saurer Plagioklas (z.T. Antiperthit, z.T. Neubildung), Quarz, pyropreicher Mg-Fe-Granat, Spinell (als Zerfallsprodukt von Granat), Disthen, Sillimanit (als Zerfallsprodukt von Disthen), Biotit (als vorgranulitisches Element oder als diaphoretische Neubildung aus Granat), Rutil und Apatit.
- b) „Entartete“ Granulite. Ihr Erscheinungsbild ist granitähnlich. Sie sind chemisch durch reichliche K_2O -Zufuhr, gefügeanalytisch durch Auflösung der straffen Quarzregelung gekennzeichnet. Phänomenologisch werden diese

- Typen granitähnlich. Eine Möglichkeit der Granitbildung auf diesem Wege erscheint möglich.
- c) Gneisgranulite vom Übergangs- bzw. Konvergenz-Typus in der Abscherungszone des Granulitkörpers gegen die Hüllgesteine (K. H. Scheumann *et al.*, 1963).
 - d) Granat-führende Granulite ⁽¹⁾ vom Charnockit-Typus (Quarz, perthitischer Orthoklas, zwei Generationen Granat, Plagioklas, Disthen, Sillimanit, Biotit, Apatit, Korund, Spinell).
2. Dunkle Granulite
 - a) Plagioklas-Pyroxen-Granulit (Orthopyroxen, Klinopyroxen, Plagioklas (An₁₀-An₆₅), Pyrop-reicher Granat, Apatit, Quarz (fast fehlend).
 - b) Orthoklas-Pyroxen-Granulit ⁽¹⁾ (Quarz, Orthoklas (z.T. perthitisch), Andesin, Orthopyroxen, Klinopyroxen, Almandin-reicherer Granat, Biotit, Spinell, Rutil, Zirkon, Apatit).
 3. „Eklogite“
 4. Ultrabasite
 - a) Granatserpentinite (Serpentin, Klinopyroxen, Orthopyroxen, Olivin, Granat, Spinell Magnetit).
 - b) Bronzitserpentinite (wie 4a, aber granatfrei, pyroxenreich).
 - c) Granatpyroxenite (Klinopyroxen, Granat (pyropreich), Spinell, Orthopyroxen).
 5. Kalk-Silikat-„Eklogite“ (Grossular mit ~ 5 % Pyrop, ~ 4 % Almandin, ~ 14 % Andradit, ~ 74 % Grossular, Spessartin, Jadeit-freier Diopsid).
 6. Serpentinite.

Die unter Punkt 1b, 1c, 2, 3, 4 angeführten Gesteinstypen bilden mehr oder weniger mächtige Einlagerungen im Typus 1a.

Alle diese hier nur grob dargestellten Gesteinstypen sind Ungleichgewichtsgesteine, wobei sich der Begriff Ungleichgewicht nicht auf spätere Einflüsse, wie Veränderungen durch jüngere Granite bzw. deren postmagmatische Einflüsse bezieht, sondern als gesteinsigen aufzufassen ist. Proterogene und hystero gene Mineral- und Gefügeelemente sind in allen Typen nachweisbar. Streng theoretisch genommen wäre eine definierte Gesteinsbenennung bereits aus diesem Grunde unberechtigt. Aber in welchem Metamorphit und Magmatit liegt ein stabiles Gleichgewicht vor? Ganz abgesehen davon, daß jedes Gestein außerhalb seines Bildungsraumes stets metastabil ist.

Zu jeder in der Literatur bekanntgegebenen Granulit-Definition findet sich ein Vertreter, zumindest als Handstück, und viele Handstücke sind weder zu der einen noch zu der anderen Definition ein Analogon. Und doch bilden alle diese Gesteinstypen einen einheitlichen Körper. Wie soll man nun diese Vielfalt, die eine Einheit ist, definieren? Eine Definition aber ist notwendig, denn für viele, vor

⁽¹⁾ Da beide Typen bisher wenig bekannt sind, ist im Anhang eine kurze Charakteristik gegeben. Eine detaillierte Darstellung ist an anderer Stelle geplant.

allem geophysikalische Untersuchungsmethoden hängt die Interpretation der auf diesem Wege erhaltenen Parameter von dieser Definition ab.

Aus historischer Sicht sei darauf hingewiesen, daß es den Mitarbeitern G. A. Werners am Anfang des 19. Jahrhunderts aufgrund einer damaligen, uns heute ungenügend erscheinenden Definition gelungen ist, den Granulitkörper Sachsens kartenmäßig exakt zu erfassen.

1883 formulierte J. Lehmann, der wohl beste Kenner des Granulitgebirges, dessen Ergebnisse auch heute noch die Grundlage aller späteren, auch petrologischen Arbeiten darstellen, folgendermaßen: „Gewiß lassen sich einige Dutzend Handstücke von recht verschiedenartigem Aussehen schlagen und beschreiben; allein damit ist nichts gewonnen, denn keine der Varietäten zeigt eine genügende stratigraphische Selbständigkeit, um für sich etwas auszumachen. Der Prüfstein dafür ist die geognostische Kartierung, und da zeigt es sich, daß es unmöglich ist, die verschiedenen Ausbildungsformen des Granulites gegeneinander zu begrenzen. Geognostisch ist es ein Ganzes trotz seines wechselvollen Anblickes und muß als solches beschrieben werden.“

In moderner Fassung läßt es sich wohl auch bei Erweiterung auf andere Granulitvorkommen so formulieren, daß Granulitareale weder stofflich noch hinsichtlich des Gefüges, der Temperatur- und Spannungsverteilung homogen sind. Das einzige Merkmal aller dieser Gesteinstypen, also des Gesteinskörpers als solchem, sind primär hohe Bildungstemperatur bei gleichzeitigem hohem Druck unbeschadet der Tatsache oft nicht unerheblicher interner Diaphtorese-Erscheinungen. Das stoffliche Äquivalent dazu ist die Existenz eines Systems (OH)-freier fester Phasen.

Das Gesamtsystem ist mehrfach als „trocken“ charakterisiert worden. Dem stehen einige Beobachtungen entgegen. Weder die Reaktion Granat \rightarrow Biotit, noch jene von Pyroxen \rightarrow Amphibol ist ohne unmittelbare Anwesenheit von „Wasser“ im Sinne einer flüssigen bzw. fluiden Phase möglich. Eine Zufuhr aus dem Nebengestein, die oft angenommen wird, scheidet aus. In engen Scheiteln von Falten jeder Größenordnung geht der Granat örtlich in Biotit über. Dazu ist das Vorhandensein einer Porenlösung nötig. Manches deutet auch darauf hin, daß das K_2O der Mesoperthit- und Antiperthit-Bildung aus dem K_2O der Reaktion Biotit \rightarrow Granat stammt. Wo Granat fehlt, fehlt im allgemeinen auch der Antiperthit. Die Beispiele lassen sich vermehren. Als einen Direktbeweis kann man die Erscheinung ansehen, daß in nicht-diaphtorisierten, quarzführenden Granuliten der Disken-Quarz sehr reich ist an Flüssigkeitseinschlüssen; in den Plattenquarzen der diaphtorisierten Granulite fehlen sie fast vollständig. Die Existenz einer Porenlösung läßt vermuten, daß die Zonen erhöhter Leitfähigkeit in der Erdkruste auf ein ausgedehntes Granulitstockwerk zurückgeführt werden können.

Die Zahlenwerte für die Parameter PT der Granulite sind wohl gesichert. Es ist jedoch bedenklich, sie in jedem Falle mit der Tiefenlage des Bildungsraumes in der Erdkruste gleichzusetzen. In Scherzonen können in jeder Tiefenlage Spitzen der Scherspannung und Friktionswärmen auftreten, die dem PT -Feld der Granulite entsprechen.

Gefügekundlich sind nicht-diaphtorisierte, tektonisch nicht beanspruchte, quarzführende Granulite durch ein rhombisches Quarzgefüge gekennzeichnet. Es ist der Ausdruck für die hydrostatischen Verhältnisse des Bildungsraumes, Megaskopisch kommt diese Eigenschaft durch einen grabklotzigen Bruch zum Ausdruck. Bei einer diaphtoritischen Überprägung, die mit einem Bewegungsvorgang verbunden ist, wird die Quarzsymmetrie monoklin oder triklin, wobei diese Symmetrien von Plattenquarzen als Neubildungen getragen werden.

Geochemisch, insbesondere in bezug auf den Spurenelementgehalt der einzelnen Phasen, ist noch kaum etwas bekannt.

Vergesellschaftet ist der betrachtete Gesteinstypus stets mit Anorthositen, Ultrabasiten, Eklogiten, wobei letztere direkte Glieder des Komplexes darstellen können.

Da es kaum anzunehmen ist, daß das Wort „Granulit“ aus der Literatur verschwinden wird, eine begriffliche Neuprägung die Zahl der Begriffe nur um einen weiteren vermehren würde, wäre es empfehlenswert, die oben als Einheit charakterisierte Vielfalt entweder (in Anlehnung an die Bildung des Wortes Granitoide, Gabbroide usw.) mit dem Namen „Granulitoide“ bzw. als Granulitfamilie, im Sinne des Rosenbusch'schen Begriffs der Gesteinsfamilie, oder als Granulitformation bzw. Granulitserie im Sinne der Lithologie zu benennen. Die Bezeichnung als „Serie“ ist, da die Gefahr besteht ein Analogon zur Facies-„Serie“ zu vermuten, nicht empfehlenswert. Eine scharfe Definition von Granulitoid ist unzweckmäßig. Sie sollte erst für die Variationen erstellt werden. Der Familienbegriff „Granulit“ könnte als Suffix oder Präfix bei der Variationsbezeichnung angefügt und damit den geologischen Belangen Rechnung getragen werden.

Für diese erweiterte Form des Begriffes „Granulit“ im Sinne von „Granulitoid“ kann man der 1968 vorgeschlagenen Definition jetzt als Formations-, Familien- oder Serien-Definition folgende Form geben: Granulitoide sind metamorphe Gesteine mit folgenden wesentlichen Merkmalen: Die Matrix bildet ein feinkörniges, blastomylonitisches oder granoblastisches Mosaik von Feldspat und unterschiedlichem Anteil von Quarz. Der Quarz tritt in Form von Disken oder Platten auf, wobei mit der ersteren Ausbildung im allgemeinen ein massiges, mit der letzteren ein plattiges bis schieferiges Bruchverhalten verbunden ist. Gesteinstypen, denen der Quarz fehlt oder in denen er körnig entwickelt ist, werden durch den Zusatz „granoblastisch“ gekennzeichnet. Sie weisen oft ein Ozellargefüge auf. Die in den Granulitoiden auftretenden Minerale bzw. Mineralassoziationen weisen auf eine hohe Bildungstemperatur und einen hohen Bildungsdruck hin. Der Alkalifeldspat ist meist perthitisch und kann die Zusammensetzung von Mesoperthit erreichen. Der Plagioklas ist im allgemeinen sauer und oft antiperthitisch. Der Fe-Mg-Granat kann erhebliche Mengen von Pyrop- und Grossular Komponenten enthalten. Der Grossulargehalt ist am größten, wenn Klinopyroxen neben Fe-Mg-Granat auftritt. Das molare MgO-FeO-Verhältnis kann den Wert 1 erreichen. Es tritt Ortho- und Klinopyroxen auf. Der Orthopyroxen ist häufig Hypersthen mit einem Al_2O_3 -Gehalt bis 10 %. Der Klinopyroxen ist ein lichtgrüner Diopsid-Hedenbergit mit Na, Fe^{III} und Al. Das Alumosilikat tritt nur als Disthen oder Sillimanit auf. Spinell, gewöhnlich Hycernit, fehlt selten. Hydroxyl-haltige Phasen wie die grüne bis braune Hornblende, Mg-reicher Biotit und Muskowit treten sehr untergeordnet auf oder fehlen. Ebenso wie der selten auftretende Cordierit sind sie als proterogene oder hystero gene Bestandteile zu erkennen. Sie weisen auf ein fehlendes Gleichgewicht hin. Die chemische Analyse weist in vielen Fällen, insbesondere bei den hellen, felsischen Typen, einen Al_2O_3 -Überschuß auf. Das Quarzteilgefüge ist bei den granoblastischen bis dicklinsigen Texturvarietäten im allgemeinen scharf rhombisch, bei den Typen mit Plattenquarzen monoklin bis triklin. In Abhängigkeit von der mineralogischen Zusammensetzung können felsische, intermediäre und mafische Granulitoide unterschieden werden. Das Farbbild, im Sinne von hell und dunkel, ist für diese nomenklatorische Untergliederung nicht ausschlaggebend.

Die Granulitoide treten in den meisten Fällen vergesellschaftet mit Ultrabasiten, Eklogiten sowie Charnockiten, z.T. mit ihnen wechsellagernd, auf.

DER BEGRIFF GRANULITFACIES

Die logische Stellung des Begriffes „Granulitfacies“ ist der des Begriffes „Granulit bzw. Granulitoid u.a.“ weder vergleichbar noch sind beide Begriffe aufeinander beziehbar. Im ersteren Falle handelt es sich um ein Klassifikationsglied einer Gruppe realer Körper, im zweiten Falle um die Unterteilung eines übergeordneten Begriffes, nämlich jenem der Facies. Statt Granulitfacies könnte auch ein anderes Wort, eine Zahl oder ein Buchstabe stehen. So gesehen ist die oft aufgeworfene Frage, ob man alle Gesteine, die unter den *PT*-Bedingungen der Granulitfacies entstanden sind, Granulite nennen sollte, irrelevant. So bleibt z.B. ein Quarzit in granulitfazieller Prägung ein Quarzit bzw. ein granulitoider Quarzit.

Eskola hat in der Fassung 1921 seiner Facies-Konzeption die Parameter Druck, Temperatur und Chemismus zugrunde gelegt. Den Chemismus insofern, als er die Mineralassoziation bzw. deren gesetzmäßige Veränderung als Facieskriterium auffaßte. Der Grund zu letzterem Vorgehen lag in der damaligen Unsicherheit über die Bewertung des Druck- und Temperatureinflusses auf die Einstellung stabiler oder metastabiler Gleichgewichte. Zur Herausarbeitung einer Nomenklatur bzw. Klassifikation der Facies ging Eskola von dem Gedanken aus, einen der drei Parameter, und zwar den Chemismus, konstant zu halten und nur *P* und *T* als veränderliche Größen zu belassen. Er erreichte damit die Möglichkeit einer Darstellung der Facies in einer zweidimensionalen Form, d.h. in der Ebene. Als Konstante sah er einen Chemismus vor, der rasch auf Änderungen von *P* und *T* reagiert. Als geeignet erschien ihm aufgrund seiner petrographischen Erfahrung ein Chemismus, der mineralogisch durch die Phasenkombination eines Basites gekennzeichnet ist. Am klarsten kommen beide Tendenzen, nämlich jene nach einem isochemen Verlauf der durch veränderte *PT*-Bedingungen verursachten Phasenveränderung sowie jene nach einer möglichst kurz und vollständig ablaufenden Reaktion bei der Faciesenteilung der Sulitelmagesteine nach Th. Vogt zum Ausdruck. Da Eskola den Eklogiten und Charnokiten einen höher temperierten und von höherem Druck beherrschten Bildungsbereich zwies als jenen der Granulite, fehlt ihm für den granulitischen Faciesbereich ein für die Namensgebung geeigneter basischer Vertreter. Logisch richtig wäre die Bezeichnung Pyriklasit-Facies gewesen. Eskola übersah weiter dabei, daß die seinem Nomenklatursystem für die Faciesbereiche immanente Forderung nach einer Konstanz des Chemismus im Verlauf des Überganges von einer Facies zur anderen für die Bereiche mit höchstem Druck und höchster Temperatur nicht mehr gesichert ist, d.h. die Faciesklassifikation problematisch wird.

Ein Ausweg ergäbe sich durch die Verwendung der in der Literatur bereits verwendeten Begriffe von einstufiger, zweistufiger, drittstufiger eventuell vierstufiger Metamorphose anstelle der Eskola'schen Faciesgliederung, doch würde dies durch die Hinzunahme des Begriffes „Metamorphose“ die Frage nach der Gliederung der Metamorphosen einschleusen und das Problem weiter komplizieren.

Eine weitere Möglichkeit bestünde darin, die oben angeführte Granulitoid-Definition anzuwenden. Sie ist nichts weiter als ein in Form einer Mineralassoziation, also wörtlich, ausgedrücktes Charakteristikum für die *PT*-Zustände eines Bereiches, wobei der Chemismus, der dritte Parameter, nicht mehr konstant zu sein braucht. Die vorgeschlagene Definition ist unscharf, wird aber z.Z. der geologischen Situation besser gerecht als eine zu stark detaillierte, die die Einheitlichkeit des Gesteinskörpers durch die Mannigfaltigkeit seiner Variationen verdeckt.

ANHANG

1. Orthoklas-Pyroxen-Granulit

- *Farbe*: schwarzgrau bis schwarz.
- *Bruch*: muscheliger-scherbig.
- *Korngröße*: ϕ 40 μm (21-70 μm) in der Matrix; Orthoklas-Blasten 200-700 μm , z.T. 1,5 mm.
- *Mineralbestand*: Quarz (z.T. plattig); Orthoklas (Mesoperthit); Plagioklas (An_{45} , z.T. Antiperthit); Orthopyroxen (farblos bis schwach grün, instabil, geht in tiefbraunen Amphibol über); Klinopyroxen (instabil); Granat (instabil); Biotit; Disthen; Sillimanit; Korund; Spinell; Apatit; Zirkon.
- *Modalbestand* (Vol. %):
- | | |
|--------------|-------|
| Quarz | 40-57 |
| Orthoklas | 24-30 |
| Plagioklas | 13-18 |
| Orthopyroxen | 7-10 |
| Klinopyroxen | 2- 3 |
| Granat | 3- 4 |
| Biotit | 1- 7 |
- Akzessorien: Disthen, Sillimanit, Spinell, Korund, Rutil, Apatit, Zirkon
Durchschnittlicher Mafit-Gehalt 17 Vol. %
- *Chemismus*: Orthoklas-Pyroxen-Granulit von Großstädten (Anal. J. Posner, 1971) (Gew. %)
- | | | | | | |
|-------------------------|-------|---|----|----|----|
| H_2O^- | 0 | | | | |
| H_2O | 0,6 | | | | |
| G.V. | — | | | | |
| SiO_2 | 66,7 | A | 36 | A' | 7 |
| Al_2O_3 | 15,7 | C | 25 | F | 72 |
| Fe_2O_3 | 0,1 | F | 39 | K | 21 |
| FeO | 4,3 | | | | |
| TiO_2 | 0,6 | | | | |
| P_2O_5 | 0,05 | | | | |
| MgO | 1,4 | | | | |
| CaO | 3,4 | | | | |
| Na_2O | 3,5 | | | | |
| K_2O | 2,7 | | | | |
| SUMME | 99,05 | | | | |

2. Körniger, granatführender Granulit vom Charnockit-Typus

- *Farbe*: weißgrau bis gelb.
- *Bruch*: unregelmäßig brechend; deutlich körnig.
- *Korngröße*: ϕ 250-300 μm ; max. 600-800 μm ; Orthoklas-Porphyroblasten 400-1 600 μm .
- *Mineralbestand*: Quarz (z.T. in Diskenform); Orthoklas (perthitisch bis Mesoperthit); Granat zwei Generationen mit unterschiedlicher Grossularkomponente (die ältere instabil, die jüngere stabil mit pyropreichem Kern und almandinreicher Randzone); Disthen (manchmal fehlend, instabil); Sillimanit (manchmal fehlend, Zerfallsprodukt von Disthen); Klinopyroxen (instabil); Biotit (Zerfallsprodukt von Granat II); Plagioklas (zum großen Teil Zerfallsprodukt von Granat I); Korund (Zerfallsprodukt von Disthen); Spinell (Zerfallsprodukt von Granat I); Zirkon; Rutil; Apatit.
- *Modalbestand* (Vol. %):
- | | |
|-------------------|-------|
| Quarz | 27-32 |
| Orthoklas | 18-27 |
| Granat (I und II) | 12-22 |
| Plagioklas | 10-20 |
| Disthen | 0- 8 |
| Sillimanit | 1- 2 |
| Klinopyroxen | 0-16 |

Biotit 1- 3
 Spinell 1- 2
 Korund 1- 2
 Akzessorien: Apatit, Rutil, Zirkon

— *Chemismus*: Körniger, granatführender Granulit vom Charnockit-Typus vom Mortelbach bei Massanei (Anal. J. Posner, 1971) (Gew. %)

H ₂ O ⁻	0,2				
H ₂ O	0,3				
G.V.	0				
SiO ₂	61,9				
Al ₂ O ₃	15,3				
Fe ₂ O ₃	0,7	A	26	A'	0
FeO	5,6	C	28	F	88
TiO ₂	1,0	F	46	K	12
P ₂ O ₅	0				
MgO	3,1				
CaO	5,2				
Na ₂ O	2,8				
K ₂ O	2,0				
<hr/>					
SUMME	98,1				

Literatur

BARTH, T. W., CORRENS, C. W. und ESKOLA, P. (1939). — *Die Entstehung der Gesteine*. Berlin.

BEHR, H. J. et al. (1971). — Granulites: Result of a discussion, I. *N. Jb. Min. Mh.*

ESKOLA, P. (1921). — The mineral facies of the rocks. *Norsk Geol. Tidsskr.*, Bd. 6.

GOUTIERS, H. (1971). — *Die Orthoklas-Pyroxengranulite und andere charnockitische Granulit-Typen als Beispiele höchstfazieller Zustände*. Dipl.-Arbeit a.d. B.A. Freiberg; unveröffentlicht.

LEHMANN, J. (1883). — *Untersuchungen über die Entstehung der Aitkrystallinischen Schiefergesteine mit besonderer Bezugnahme auf der Sächsische Granulitgebirge, usw.* Bonn.

MEHNERT, K. R. (1972). — Granulites: Result of a discussion, II. *N. Jb. Min. Mh.*

SCHEUMANN et al. (1963). — Konvergenzerscheinungen am Rande des sächsischen Granulits. *Abh. Sächs. Ak. d. Wiss. zu Leipzig; Math.-naturw. Klasse*, Bd. 47, H. 4.