

PROBLEME UND PROGRAMME EINER MODERNEN PETROGRAPHIE

FRANZ ANGEL

I. STELLUNG UND ALLGEMEINE AUFGABE EINER PETROGRAPHIE

Petrographie ist ein Zweig der Petrologie und gehört daher mit dieser zum Kreis der Erdwissenschaften: Mineralogie, Geologie, Geochemie, Geophysik, Geographie, Ozeanographie, Absolutaltersforschung. Ihre zentralen Objekte sind die Gesteine, die sie qualitativ und quantitativ zu beschreiben und systematisch zu ordnen hat. Mit der Erfüllung dieser Aufgabe liefert sie der Petrologie eine Fülle von Erfahrungsdaten und Material als Unterlagen zur Verfolgung petrologischer Zielsetzungen.

Die gesamten Erdwissenschaften haben — besonders nach dem 2. Weltkrieg — einen solchen literarisch belegten Umfang in Methodik und Ergebnissen erreicht, dass der einzelne Fachmann nicht mehr imstande ist, die Detailliteratur der wissenschaftlich tätigen Völker und Staaten auch nur zur Kenntnis zu nehmen, wobei die Vielfalt der Kultursprachen eines der Hemmnisse darstellt. Das lastet auf uns, aber auch noch auf der kommenden Generation. So wünschenswert es auch ist, eine lebende Kultursprache mit universeller Geltung für die Verständigung der Fachleute zur Hand zu haben, wir haben es noch nicht. Das tote Latein kann uns dabei nicht mehr helfen, seine Rolle hat wenigstens im westlichen Kulturbereich das Englische übernommen. Wie sich aber Russen, Chinesen, Araber etz. dazu stellen, ist offen. Persönlich meine ich, dass auch Kunstsprachen, wie etwa Esperanto, keine Lösung der leichteren Verständigung werden bieten können. Es kommt ja noch eine Schwierigkeit dazu, die G. FISCHER [1931] deutlich gemacht hat: „Geologisch“ z. B. ist eine weltweit selbständige Sprache, provinziell unterteilt in deutsche, französische, englische etz. etz. „Mundarten“, überdies aber noch in persönliche Idiome, und es bringt der Fachwissenschaft Vorteile, wenn sich diese Mundarten und Idiome sprachlich und begrifflich ergänzen und befruchten; sinngemäss gilt das nicht nur für die Geologie sondern auch die andern Erdwissenschaften und andere Wissenschaften.

Einen Weg zur Verminderung solcher sprachlichen Schwierigkeiten sehe ich in einer Förderung der Entwicklung der Kulturkontakte dadurch, dass aus fremden Fachsprachen namentlich neugeprägte Fachausdrücke als Fremdworte in die eigene Sprache übernommen werden, und zwar exakt in der originalen Bedeutung. Wenn sich alle Völker entschliessen, diesem Gedanken Raum zu

lassen, dann wird bald eine Verständigung auf internationalen Kongressen möglich sein, und dazu auch eine Erleichterung im Verarbeiten fremdsprachlicher Fachliteratur eintreten.

Sachlich haben zwei Großserfolge der Forschung ein Überdenken von Grundlagen der Erdwissenschaften erfordert: 1. Die Fortschritte in der Gliederung des Erdballes. 2. Die Erfolge der Mondforschung.

II. GESTEINSBEGRIFFE

Neben der Petrologie haben namentlich noch zwei andere Erdwissenschaften Interesse an Definitionen des Objekts „Gestein“, nämlich die Mineralogie und die Geologie.

Für die Petrologie ist „Gestein“ ein grundlegender und zentraler Begriff; die Petrographie muss davon ausgehend entwickelt werden.

Die Mineralogie hat einen anderen zentralen Begriff und ein anderes zentrales Objekt: das Mineral. Für die Mineralogie ist das Gestein eine Mineralparagenese bestimmten Charakters, neben andersartigen Paragenesen, die nicht Gesteine sind, wie z. B. die Mineralparagenesen von Erz- und Mineralgängen.

Für die Geologie ist eine Gesteinsmasse ein geologischer Körper, und die besonderen Gesteinsaspekte, die den Geologen angehen, werden in einem Teilfachbereich bearbeitet, der *Lithologie* heisst; diese systemisiert Gesteine als Lithofazies. Lithologie ist eine Gesteinslehre, gesehen mit den Augen des Geologen.

Daraus folgt, dass eine Definition des Gesteinsbegriffes nicht für alle drei genannten Erdwissenschaften die gleiche sein kann. Die alte Geologie überdeckte alle drei Erdwissenschaften und spielt dies örtlich in der akademischen Organisation noch heute. Daher hat sich auch bis heute eine geologisch zugeschnittene Gesteinsdefinition gehalten, die heute unzureichend und verbesserungsbedürftig geworden ist. Zu dieser faktischen Lage seien folgende Illustrationen vorgezeigt:

In allen bisherigen Definitionen des Begriffes „Gestein“, die man in Lehrbüchern und ähnlichen Werken der Mineralogie, Petrologie (Petrographie) und Geologie liest, spielt die Aussage eine Rolle, Gesteine müssten wesentliche Anteile der Erdkruste sein; ROSENBUSCH [1901] verlangt, sie müssten geologisch selbständige Krustenteile sein; BERG [1912]: Sie seien anorganische Körper wesentlich beteiligt am Bau der Erdkruste; WEINSCHEK [1907]: Sie seien geologisch selbständige Körper und damit wesentliche Krustenbestandteile; WELLS [1948]: Ein Gestein ist ein Aggregat mineralischer Teilchen, das einen Teil der Erdkruste bildet; SCHARIZER [1912]: Alle Massen, die wesentlichen Anteil am Aufbau der festen Erdkruste nehmen, heissen kurzweg Gesteine; RAMDOHR-KLOCKMANN [1942]: Gesteine sind als Mineralgemenge erkennbare Bestandteile der Erdkruste; oder RAMDOHR-BRUHNS [1939], selbständige Krustenteile; HIMMELBAUER [1924]: Sie sind solche Minerallagerstätten, die (unter den Lagerstätten, Bemerkung ANGEL) mengemässig vorherrschen und damit wesentlich sind im Bau der festen Erdkruste; in gleicher Richtung liegen die Äusserungen von F. BECKE [1921], J. STINY [1929], H. LEITMEIER [1950]. FISCHER [1933]: Gesteine sind wesentliche Bauelemente der festen Erdkruste, feste statistisch homogene

Körper von beträchtlicher, aber nicht genau genormter Größe, die am Aufbau unserer Erdkruste teilhaben.

Diese Definitionen, die aus der deutschsprachigen, gängigen Literatur aus der Feder von Mineralogen, Petrographen und Geologen ausgewählt sind, weil sie mir geläufig und wohl auch Fachleuten in aller Welt bekannt sind, enthalten keine quantitativen Bestimmungen zur Angabe „wesentlich“, aber immer sind g r o s s e Massen gemeint.

Von der Forderung „wesentlich“ ist ROSENBUSCH schon 1901 abgerückt; Gesteine müßten bloss „geologisch selbständige Krustenteile sein“, also einfach „geologische Körper“, wie man heute sagt, der Ausdehnung nach unbestimmt. Das bekräftigt er durch ein Beispiel: ein Lamprophyrgang von nur 2 cm Mächtigkeit sei trotz kleiner Masse bereits ein Gestein, wie auch andere „Ganggesteine“.

An Hand dieser wenigen Fälle wollte ich zeigen, dass über den Begriff „Gestein“ weder eine einheitliche, noch eine allgemein geltende Meinung besteht.

ROSENBUSCH [1901] verlangte in eingehenderer Darstellung für die Zuerkennung des Prädikates „Gestein“ vom Objekt die Erfüllung folgender Bedingungen: A) Es muss sich um einen geologisch selbständigen Krustenteil von \pm konstanter chemischer und mineralischer Zusammensetzung handeln, welcher als *M i n e r a l a g g r e g a t* in Erscheinung tritt. B) Erfüllung folgender 4 Spezialbedingungen: 1) Natürliche Abgrenzbarkeit gegen die Umwelt, also Erkennbarkeit als „geologischer Körper“. 2) Ein besonderer, geologischer Erzeugungsakt muss erkennbar sein. 3) Keine stoffliche Ableitbarkeit aus umgebenden Massen. 4) Das Objekt muss mit dem Erzeugungsakt abhängig verbunden sein.

RAMDOHR wandte gegen die „Ganggesteine“ ROSENBUSCH ein, dass sie die obige Forderung 3) nicht erfüllen, denn sie (Aplite, Pegmatite, Lamprophyre) seien Produkte aus gewissen Erstarrungsperioden anderer Gesteinsmassen, von welchen sie sich stofflich ableiten, es sei bloß ü b l i c h, sie als Gesteine anzusprechen. Sie erfüllen übrigens die ROSENBUSCH-Forderungen 1), 2) und 4), und so wird 3) wohl nicht gerade auf die Ganggesteine gemünzt sein. Sie stehen heute unangefochten unter den Gesteine gemünzt sein. Sie stehen heute unangefochten unter den Gesteinen (P. NIGGLI, RONNER, STRECKEISEN, TRÖGER u. a.).

Es fällt aber auf, dass unter den ROSENBUSCH'schen Gesteinskriterien *petrographische fehlen*.

WELLS (1. c.) hat sich auch davon freigemacht, Gesteine müßten w e s e n t l i c h e Anteile der Erdkruste sein, sie müssen nur „einen Teil“ derselben bilden.

Der Geologe BEURLIN [1939] versucht einen anderen Weg zur Gesteinsdefinition: „Gesteine sind Mineralgesellschaften, die sich aus solchen Mineralien bilden, deren Bestände in chemischen Elementen sich aus bloß 8 Elementsorten konstituieren: O, Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K“. Alle andersartig zusammengesetzten gehörten nicht zu den gesteinsbildenden Mineralien. Hier wird also die Geochemie zu Rate gezogen und deren Daten, auf CLARKE [1924] zurückgehend, verwendet. Da ist ein wichtiger und wertvoller Fingerzeig für das Wesen von Gesteinen in sehr vereinfachter Form vorgetragen; für den Petrographen ist diese Form zu einfach, wie weiter unten noch erörtert wird. Vom geochemischen Kriterium ausgehend, lässt sich ein sehr schwieriges Problem lösen, nämlich die Abgrenzung von Gesteinen gegen Mineral- und Erzgänge.

Aus den vorstehenden Ausführungen ist zu entnehmen, dass eine Bedingung, Gesteine müßten „wesentliche“ Teile der Erdkruste sein, nicht notwendigerweise erfüllt sein muss. Sie müßten aber immerhin *Teile der Erdkruste* sein; damit stösst man auf ein anderes Problem. Nur vereinzelt begegnet man dafür anderen Ausdrücken, so bei SCHNEIDERHÖHN (1. c.): feste Erdrinde. Oder man spricht von einer Silikatschale. Bei BORCHERT & TRÖGER [1950] findet man folgende Ausdrücke zu diesem Gegenstand: Erdkruste, normale Erdkruste (mit etwa 23 km Tiefgang), Silikathülle oder Silikatschale, Olivinscheidewand in 60 km Teufe, und Lithosphäre. Ein Modell der eben genannten Verfasser gliedert die irdische Silikathülle bis 110 km Teufe vermittels dreier geophysikalisch ermittelten Diskontinuitäten: Conrad-Diskontinuität (20 km Teufe)-Moho = Mohorovičić-Diskontinuität (40 km Teufe)-Mintrop-Diskontinuität (60 km Teufe), was 3 petrographisch definierbare, dazwischen liegende Zonen ergibt, nämlich zuoberst Sedimente, Phyllite, Glimmerschiefer, Granatgneis und darin Granite; unterhalb davon Diorite, Gabbros, Olivin-gabbros, und zutiefst schliesslich Pyroxenite, Lherzolite, Dunit. Die Moho wird an die Grenze Olivin-gabbro /Pyroxenit verlegt. Bis zur Mintrop-Teufe wird das Material als fest erachtet, daher Silikathülle, „feste Erdkruste“, am besten: Lithosphäre.

Der feste Zustand reicht indes noch tiefer, bis etwa 80 km Teufe; hier liegt der Griquait, ein Tiefenmagmatit in Eklogitfazies [BECK, 1907], vgl. auch BORCHERT-TRÖGER [1950], SMULIKOWSKI [1968] am Prager Kongress. Der Griquaitbereich hiess früher einmal bereits Eklogitschale. Darunter liegt zwischen 80 und 100 km die „Gutenberg-Zone“, hypothetisch eine Übergangszone Griquait/Basaltmagma, also nicht mehr fest, nicht mehr Lithosphäre. In Teufen über 100 km herrscht eine alkalibasaltische Schmelze. Dies Modell ist nun über 20 Jahre alt, hat aber bisher nicht jene Beachtung gefunden, die es verdiente.

Am Prager Kongress 1968 kam im Abschnitt „Upper Mantle“ zum Ausdruck, dass es sich durchgesetzt hatte, nur die Teufen bis zur Moho als Erdkruste anzusprechen, gleichgültig, wie diese Diskontinuität lokal verläuft, die unterhalb anschließende Teufe aber als Mantel. In der so gemeinten Erdkruste kann man — dem BORCHERT-TRÖGER'schen Modell entsprechend — eine Ober- und Unterkruste abgrenzen; auch im Mantel kann man so differenzieren! Der „obere Mantel“ ist uns im Wissen nun schon recht nahe gerückt, und die Aussage, er biete Gesteine, hat bedeutende Sicherheit bekommen [BELOUSSOW, SOBOLEW, DEICHA, JACKSON, HSU & SCHLANGER, AFANASEJEV, SMULIKOWSKI, ROST, KANASEWICH & COLWES, 1968].

Eine Gesteinsdefinition, die verlangt, Gesteine müßten Gebilde der Erdkruste sein, ist nunmehr korrekturbedürftig; besser wäre die Aussage, die Gesteine seien Bauglieder von Kruste und oberem Mantel; und damit stimmt auch nur für irdische Gesteine! Unzutreffend wäre auch eine Aussage, die Gesteine seien Bauglieder der irdischen Silikatschale, denn diese umfasst auch Kristallbreie, also flüssig und fest gemengt, und magmatisch-flüssige Massen. Wenn man diesen Schwierigkeiten bei der Gesteinsdefinition ausweichen will, so darf man den Passus Erdkruste überhaupt nicht in die Definition einbauen wollen.

Überdies verfügen wir nun über Proben vom Mond, die nach den ersten gründlichen Untersuchungen in Chemismus, Mineralbeständen und Strukturen solche starke Analogien zu irdischen Gesteinen erkennen liessen, dass man sie

ebenfalls als Gesteine anerkennen muss; es gibt also nachweislich auch ausserirdische Gesteine. In den Gesteinsdefinitionen muss daher die Forderung, Gesteine müssten unbedingt irdische Bildungen sein, fortfallen, denn sie ist nun anachronistisch.

Was bleibt also von den alten Gesteinsdefinitionen erhalten? Wenn man einschränkend zunächst nur irdische Bildungen im Auge hat, wie etwa ein Geologe, so bleibt, dass irdische Gesteine geologische Körper sind, erfüllt von Aggregaten mineralischer Teilchen; lassen sich in engster Analogie damit Objekte und Beziehungen auf andern Himmelskörpern nachweisen, so ist die Beschäftigung damit nicht mehr Geologie, sondern etwa **Parageologie** zu nennen, um auszudrücken, dass es sich um wissenschaftliche Forschungen analog zur Geologie, mit deren Methoden und passend analogen Fragestellung, aber an ausserirdischen Objekten handelt. Von anderer Seite lauteten Benennungsvorschläge auf „Astrogeologie“ [MILTON, 1969], aber das wäre meiner Meinung nach eine widersprüchliche Wortprägung; „extraterrestrial geology“ ist vielleicht entsprechender; „space geology“ ist ebenfalls unlogisch, genau so auch „planetary geoscience“. Zu erwägen wären u. a. **Selenologie** für den Mond, wie z. B. auch **Selenochemistry** [INGERSON, 1970] als Entsprechung zur Geochemistry. Da der menschliche Ausgangspunkt die irdischen Verhältnisse sind und bleiben werden, und alle Forschungsergebnisse an ausserirdischen Objekten stets mit irdischen in Beziehung gesetzt werden, erscheint mir der Begriff und Ausdruck Parageologie am besten zu entsprechen.

Es ist wichtig, jene Ausdrücke kritisch zu besehen, welche in Gesteinsdefinitionen für die Verbände der mineralischen Teilchen benutzt wurden und werden. ROSENBUSCH, WELLS und WEINSCHENK sagen dazu „Mineralaggregate“, RAMDOHR—KLOCKMANN: „Mineralgemenge“; SCHNEIDERHÖHN: „Minerallagerstätten“; HIMMELBAUER: Vereinigungen von Mineralien; BERG: Massenhafte Anhäufungen von Mineralien; RAMDOHR—BRUHNS: Anhäufungen von Mineralkörnern; BEURLEN: Mineralgesellschaften.

In den meisten Definitionen kommt das Wort „Korn“ gar nicht vor, ebenso wenig das Wort „Gefüge“. RAMDOHR—BRUHNS machen mit dem Korn eine treffende Ausnahme. Die Ausdrücke Anhäufungen, Gemenge, Mineralgesellschaften, Mineralaggregate, Vereinigungen von Mineralien gehen an zwei fundamentalen Erscheinungen vorbei, von welchen Gesteine beherrscht werden: am Wesen des mineralischen Kornes und am Gefüge. In dieser Beziehung hat B. SANDER einen Zugang zum Wesen der Gesteine geöffnet und in Dezenien von Jahren weiterentwickelt (1911 bis auf heute!).

Eine petrographische Definition für „Gesteine“, die der neuen Lage gerecht wird, könnte wie folgt aussehen:

Gesteine sind Gefüge mineralischer Körner, die aus einem kosmochemisch und kristallochemisch kontrolliertem Soma entwickelt werden.

Eine solche Fassung enthält keine Einschränkungen auf terrestrische Verhältnisse, nichts über Erdkruste und Lithosphäre, auch keine Einschränkungen durch Forderungen gewisser Massen- oder Volumsgrößen, oder spezifisch geologischen und/oder mineralogischen Elemente, sondern bloss die exakte Darstellung dreier Parameter petrographisch-petrologischer Natur: Mineralkorn, Gefüge, Soma.

Es gibt freilich auch noch andersartige mineralische Korngefüge, z. B. Kristallrasen, Mineralgänge, Erzgänge. Es wird noch geklärt werden, weshalb sie nicht Gesteine sind und nicht Objekt der Petrographie.

Der Präzisierung der Begriffe mineralische Korn, Gefüge, und Soma dienen die anschliessenden Erörterungen.

III. DAS MINERALISCHE KORN

Seit ROSENBUSCH, ZIRKEL u. a. benutzt die Petrographie zwecks Fixierung des Verhältnisses der kleineren oder grösseren mineralischen Körperchen zum Gestein als Ganzes etwa folgende Ausdrücke: „Gemenzteile“; Gesteine sind aber keine Gemenge sondern Gefüge. Ein Haufen Ziegel mit Sand untermischt, das wäre ein Gemenge, aber eine fachkundig aufgeführte Mauer aus Ziegeln, Sand und Mörtel, das ist ein Gefüge. Die Körner eines Gesteins sind nicht seine „Bestandteile“ — wie etwa Zeiger und Zahnräder einer Uhr — sondern Gefügeelemente. Auch die Bezeichnungen „Komponenten“ — das passt ebenso wie „Konstituenten“ zur Diskussion chemischer Verhältnisse und trifft das Wesen weder von Mineralien noch von Gesteinskörnern. Chemische Verhältnisse und Beziehungen haben in anderen Blickrichtungen aber ihre Plätze in der Petrographie.

Das mineralische Korn ist ein Formelement der Gesteine, es ist in seiner Dimension weder nach unten, noch nach oben beschränkt und braucht auch nicht homogen zu sein, es ist aber immer ein selbständiges Gebilde im Rahmen des Gefüges und von sehr großer Mannigfaltigkeit, wie noch an Beispielen gezeigt wird.

Die Kornsorte

Als Kornsorte wird das Korn im Zusammenhang mit seinen mineralischen Eigenschaften verstanden. Einfache Kornsorte ist es dann, wenn es homogenen Bau hat, wie das Mineral, nach welchem es zu benennen ist. Ist der Kornbau inhomogen, so soll eine solche Kornsorte komplex genannt werden. Dazu nun einige Beispiele.

Die Kornsorte *Calcit* unterscheidet sich vom Mineral *Calcit* nur dadurch, dass sie Gefügekorn ist. Das Mineral *Calcit* kann sich auch anders darbieten: als frei entwickelter Kristall, als Individuum eines Kristallrasens, als Sinter oder als „Gangart“ in Erzgängen. Wenn der *Calcit* als Gesteinskorn Gefügeelement ist, hat er unter dem Einfluss der Einspannung in das Gefüge besondere gestaltliche Eigentümlichkeiten und eine Reihe von Eigenschaften, die er als Mineral nicht zu haben braucht.

Die Kornart

Noch in jüngerer Zeit hatte die Petrographie wenig Neigung, sich mit Kalksteinen zu befassen. Solange man sich begnügte, Kalksteine als monomineralisch zu kennzeichnen und nichts sonst, gab man sich meist keine petrographische Mühe damit [Vgl. LEITMEIER, 1950]. Aber schon B. SANDER und sein Schülerkreis tätigten an Kalksteinen, Marmoren und verwandten Ge-

steinen Korn- und Gefügeuntersuchungen, welche auch für den Petrographen eminentes Interesse haben, und R. F. FOLK [1962] erstellte ein noch entwicklungsfähiges, petrographisches System für Kalksteine einschliesslich von Dolomiten, das mit seiner genauen Analyse der Körnungen (Mikrit, Mikrosparit, Sparit usw.) zeigt, wie Petrographie auch bei solchen Gesteinen am Platz ist. Mikrit und Sparit sind Kornarten von Calcit; sie sind „einfach“, aber Calcit bildet auch komplexe Kornarten, z. B. Fossilien, oder andere „Ü b e r k ö r n e r“, das sind z. B. Großkörner von Calcit, die selber wieder aus kleineren Calcitkörnern aufgebaut sind. Die Anzahl bekannter Calcit-Kornarten ist bedeutend.

Bemerkungen zu anderen Kornsorten und -Arten

Tiefquarz ist eine verbreitete Kornsorte. So wie beim Calcit, findet man oft in selben Gestein nebeneinander mehrere Kornarten, z. B. in Quarzporphyren den „dihexaedrischen“ Einsprenglingsquarz, der als Paramorphose nach Hochquarz eine Kornart darstellt, andererseits den sehr feinkörnigen, pflasterig umrissenen Quarz der mikrogranitischen Grundmasse, den man Quarzmikrit nennen darf; in kristallinen Schiefen eine weitere Quarz-Kornart, „Zahnquarz“ oder „amöboiden“ Quarz usw.

Die „Feldspatgruppe“ im mineralogischen Sinn, liefert der Petrographie eine bedeutende Anzahl von einfachen und komplexen Kornsorten und von Kornarten, und diese sollten in petrographischen Beschreibungen genannt und auseinandergehalten werden, wogegen die für die Mineralogie sinnvollen Bezeichnungen und Begriffe Plagioklas, Alkalifeldspat, oder Feldspat überhaupt in petrographischen Bearbeitungen entbehrlich sind. Der Leser solcher Beschreibungen wird dankbar für den Zeit- und Arbeitsgewinn sein, wenn das Kind ohne Umschweife beim rechten Namen genannt wird.

Aus dem ganzen Feldspatrahmen fällt *Adular* als Gesteinsbildner aus. Als einfache Kornsorten kennt man Orthoklas, Mikroklin, Sanidin, Anorthoklas, sowie die Na-reichen Typen; als komplexe Kornsorten dieser Gruppe die verschiedenen Perthite, für welche Mikro- und Kryptoperthite Kornarten darstellen. Das sind noch relativ einfache Verhältnisse gegenüber den Kornsorten und -arten, die aus der Plagioklasreihe anfallen. Hier darf man Albit, Oligoklas, Andesin, Labradorit, Bytownit und Anorthit als einfache Kornsorten verselbständigen, muss ihnen aber, weil sie sich als Mischkristalle von $(x \text{ Ab} - [100 - x] \text{ An})$ darstellen, je ein konventionelles Mischungsintervall zuordnen.

Auf die petrographische Bedeutung der LAVES-Feinheiten sei an diesem Ort nur hingewiesen, ebenso auch auf die vorzüglich brauchbaren Typisierungen der Perthite bei EXNER [1948, 1950].

Bekannt sind die Kornarten des Albit. In Vulkaniten erscheint er entweder als Einsprengling, u. a. Kristallstöcken, und als winzige, leistungsschnittige Kornart in Vulkanitgrundmassen, ein quasi Albit-Mikrit. In bestimmten kristallinen Schiefen tritt er als „Ballenalbit“ oder „Albitrundling“ in Erscheinung, eine andere albitische Kornart also.

Besondere Kornsorten sind die normal- und die inverszonaren Plagioklase, erstere in Plutoniten, welche echte Kontakthöfe verursachen und in Effusiven, die zweitgenannte mit kaum zu erkennender oder aber inverser Zonung ist eine Kornsorte, die für kristalline Schiefer zuständig ist. Da taucht ein Problem

auf, das jüngst A. GREGNANIN an äthiopischen Gesteinen aufgezeigt hat. Er studierte dort Basalte und Andesite. Die meisten Objekte besaßen normale Plagioklaszonung, aber man fand nicht näher erklärte Ausnahmen: Im Basalt vom Pass Emni Negarit hatten Plagioklaseinsprenglinge Labradorkerne, 58% An, und Rinden mit 62% An! (Hochtemperaturoptik). Also Zonung invers. In einem Andesit von ebendort gab es Andesin-Einsprenglingskerne 45% An, Rinde 60% An, dazu fiel auf, dass ungewöhnlicherweise die Grundmasseplagioklase noch basischer waren: 64–67% An! Eine Erklärung dieser Phänomene wurde nicht gegeben.

Besondere Kornsorten sind aber auch die von mir und HERITSCH sen. so bezeichneten „gefüllten Plagioklase“, solche mit „echter“ und solche mit „falscher Fülle“. Es sind das komplexe Kornsorten, bei welchen Fülle und „Wirtskorn“ eine Korneinheit höherer Ordnung bilden. Bloß erwähnt seien als eigene Kornsorten die Saussuritkörner gewisser Gabbroider, ferner die Myrmeckit- und Mikropegmatitkörner, die Kornart Schachbrettalbit und „schachbrettähnlicher Albit“ [EXNER, 1948]. Es wäre noch eine stattliche Reihe von Kornsorten und Kornarten im Zusammenhang mit Feldspäten zu nennen.

Sehr reichhaltig an Kornsorten und Kornarten sind auch die Pyroxene und Amphibole, und ihnen nachzugehen hat beträchtliche Bedeutung für die Petrographie, möge indes hierorts nur angedeutet werden.

Interessante Fälle finden wir auch bei den Blattspaltern. Abgesehen davon, dass der Petrograph heute Glimmer, Chlorite und glimmerähnliche Kornsorten wie den immer häufiger gemeldeten Stilpnomelan artenmässig genau bestimmen muss, tauchen hier komplexe Kornsorten auf, die oft genug missdeutet werden. Ich erwähne die Parallelverwachsungen von Biotiten mit Klinochlor bis Prochlorit, von denen man oft lesen kann, der Chlorit wäre ein Umwandlungsprodukt aus dem Biotit. Diese Verwachsungen sind von gröber oder feiner mikroskopischem Ausmaß. Bei Sedimentgesteinen bzw. anchimetamorphen Abkömmlingen davon kennt man nun analoge Blattspalter, die komplexe Kornsorten bedeuten, aber im ultrafeinen bis röntgenoptischen Größenmaß: die sogenannten „mixed layers“. Auch sie sind nicht etwa Spezies im Umsetzungs-zustand, sondern eben gesetzmässige Verwachsungen von Feinblättern mit sehr verwandten Strukturen.

Schliesslich seien noch die Paragenesen Olivin (Forsterit) mit Chrysotil einerseits, mit den Kornsorten und/oder -arten wie Bastit, Lizardit, Serpophit, Villarsit, Bowlingit, Xylotil, Iddingsit [ANGEL, 1964] andererseits erwähnt, weil diese Kornsorten die Serpentinite charakterisieren, die keine kristallinen Schiefer sind, gleichwohl aber umgewandelte Gesteine. Ihre Gegenstücke unter den kristallinen Schiefen sind die Antigoritite, die auch noch Olivine bewahrt haben können, und aus der Kornsorte Antigorit mindestens zwei Kornarten entwickelt haben: Grobantigorit und Feinantigorit. Letzterer ist eine Parallele zum Serizit.

Zum *Serizit* noch ein paar abschliessende Bemerkungen: Was man nach mikroskopischen Befunden, so häufig als Serizit bezeichnet und einfach zum Muskowit rechnet, hat mehrere Aspekte. In den Serizitphylliten und Serizit-schiefern der Alpen ist diese helle, glimmerige Kornsorte oftmals faktisch ein Feinmuskowit; in vielen Fällen muss das aber erst durch Röntgenoptik und Mikrosonden-Analyse bestätigt werden. Der Korngrößenbereich ist relativ ausgedehnt, aber u n t e r h a l b dessen, was schon mit Lupe als Muskowit-schuppe wahrgenommen werden kann. Die Serizitschüppchen der genannten

Schiefer sind jedenfalls auffallend viel größer, als jene von porphyroidischen Grundmassen, die mikroskopisch nur mit Mühe gestaltlich auflösbar und messbar sind (Serizitmikrite). Der Füllungs-serizit der gefüllten Albite bis Oligoklase (Ostalpen) ist gröber, die Individuen sind im Mikroskop erfassbar, aber ob das Feimuskowite sind, ist nicht mit modernen Mitteln geprüft. Sowohl an solchen feinkörnigen hellen Glimmerkorn-Häufchen, als auch bei den hellen Glimmern von gröberschuppigen Glimmerschiefern hat man aber bereits Erfahrungen [HARDER, 1956; LADURON & MARTIN, 1969]. Darnach steht hier die Kornsortenforschung vor reizvollen Aufgaben. Die Glimmerarten Muskowit, Paragonit und Phengit können sowohl selbständig nebeneinander in einem Gestein vorkommen, als in Form von sehr feinen, parallelen Blattverwachsungen, also wiederum eine Analogie zu den schon erwähnten „mixed layers“.

Diese wenigen Hinweise sollen Anregungen sein, sich mit der Erforschung von Kornsorten und -Arten intensiver als bisher im Zusammenhang mit der Petrographie zu beschäftigen. Das Mineral des Mineralogen und mineralische Gefügekörner in Gesteinen sind recht verschiedene Objekte!

IV. DAS SOMA DER GESTEINE

Die stoffliche Unterlage mineralischer Gefüge ist ihr Soma, vgl. Paläosom, Neosom, Akryosom [SCHEUMANN, 1936, 1961; NIGGLI u. a.]. Man kann dieses Soma geochemisch erfassen und gewinnt anhand eines Element-Häufigkeitsdiagrammes auch recht deutlich den Abstand zwischen Gesteinen und Erzgängen. BEURLIN [1939] meinte mit folgenden 8 Elementen das Soma der Gesteine genügend charakterisieren zu können: O, Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K; CLARKE hatte jedoch bereits mit Ti, Mn, C, H und P die Liste prägnanter konzipiert. Das Hauptmerkmal solcher kurzer Listen ist, dass sie von Quantitäten allein ausgehen und die Qualitäten ausser Betracht lassen. Das ist angängig für Grundlinien der Geochemie, nicht aber für Petrographie. Beispiel: Apatit hat seine Hauptrolle als Nebengemengteil in so zahlreichen Gesteinstypen, dass man misstrauisch wird, wenn er einmal in Gesteinsbeschreibungen nicht erwähnt wird; und das, obgleich er in so geringen Mengen in Gesteine eintritt, dass er auch einmal übersehen werden könnte. *Nebengemengteil heisst aber nicht nebensächlicher Gemengteil*; in meiner Sicht ist er *Nebenkornsorte*, d. h. quantitativ unbedeutend, qualitativ aber gar nicht wegzudenken, und mit ihm das Element P. Der Fall des Mangans ist ebenfalls bezeichnend; es gibt kaum farbige Kornsorten, wo nicht Mn^{+2} in kleiner, aber doch bezeichnender Weise als Fe^{+2} -Vertreter aufscheint, und er ist qualitativ bedeutsam; obendrein aber macht Mn Hauptkornsorten in Gesteinsarten: als Spessartit, als Piemontit z. B. Mit Ce stellen die Lanthaniden ein Element für Hauptkornsorten, z. B. für den Orthit usw. usw.

Ich ziehe es vor, eine Elementenliste für Gesteinssoma etwa wie folgt zu gestalten:

Si, Ti, Al (Cr, La Be), Fe (Mn), Mg (Li), Ca, Na, Na, K (Ba),	8 (6)
H, O, B, Cl (F), C, S, P,	7 (1)

Um die 175 von mir als „gesteinsbildende Mineralien“ geprüften Kornsorten aus Elementen vollständig chemisch aufzubauen, benötigt man 8 metallische Hauptelemente und (6) Ergänzungselemente. Die nächste Zeile zeigt die hierbei nötigen Nichtmetalle mit 7 Hauptelementen und (1) Ergänzungselement. Die in

Klammer verzeichneten Ergänzungselemente greifen nur in Spezialfällen durch, i. a. haben sie bei der Kornartenbildung Sonderfunktionen. Die Hauptelemente finden im Aufbau der gängigen Hauptkornarten Verwendung, die Ergänzungselemente im Aufbau z. T. weniger häufiger Kornarten, oder als Beihilfe im Aufbau häufiger Hauptkornarten. La steht oben für Lanthaniden, damit auch für Ce. Es mag wohl sein, dass die Liste mit Klammerwerten noch um etwas ergänzt werden sollte, aber das bringt keine einschneidende Umgestaltung des Schemas mit sich.

V. ABGRENZUNG DER GESTEINE GEGEN ERZ- UND MINERALGÄNGE

Eine solche Abgrenzung hat seit je und bis heute Sorgen bereitet, deren Ursache z. T. darin liegt, dass es Erze gibt, die tatsächlich Gesteine sind: Chrom Eisenstein, Spateisenstein, Titanerz-reiche Gabbros und Norite, etc. Aber da liegen die Schwierigkeiten nicht, sondern bei den Erz- und Mineralgängen. Die Trennung von den Gesteinen beruht auf zwei Gegebenheiten:

- 1) Der geochemische Substanzbestand ist ja andersartig gegenüber Gesteinen, sowohl nach Qualität als nach Quantität.
- 2) Der Ablauf der Füllung der Gangräume ist ein andere als jener der Erfüllung der Räume von Gesteinskörpern.

Zum Punkt zwei ein paar moderne Beispiele:

I. *Bleiberg in Kärnten*, nach W. POLESNIG [1969].

- Phase I. Vorvererzung mit Erzkalzit I, Blende, Fluorit. Begleiter: Dolomit, Pyrit, Markasit, Bleiglanz, Quarz.
- Phase II. Haupt-Bleiglanzvererzung mit Bleiglanz, Schwerspat. Begleiter: Erzkalzit II, Zinkblende, Markasit.
- Phase III. Schalenblendevererzung mit Erzkalzit III, Schalenblendè, Wurtzit. Begleiter: Markasit, Pyrit, Fluorit.
- Phase IV. Blende-Flußspatvererzung mit Bleiglanz, Blende, Fluorit, Kanonenspat (=Erzkalzit IV). Begleiter: Baryt, Markasit.
- Phase V. Sulfatmineralisation mit Anhydrit, begleitet von Fluorit, Pyrit, Gips, Cölestin.
- Phase VI. Metallfreie Karbonat-Mineralisation mit Dolomit, Jordisit, Erzkalzit V. Begleiter: Asphalt, Palygorskit, Pyrit, Rutil.

II. *Piné im Trento*, nach P. OMENETTO & G. DETOMASO [1970].

- I. Tektonische Phase, Spaltenöffnungen. I. Metallisation mitt Chlorit, Kupferkies, Arsenkies.
- II. Tektonische Phase, Wiederaufreißen, Klüfte, Gänge. II. Metallisation mit a) Pyrit, Bleiglanz I, Blende I, Quarz I. b) Kupferkies II, Magnetkies, Antimonit, Pyrit II, Bleiglanz II, Fahlerz, Blende (Marmatit) II, Quarz II.
- III. Tektonische Phase. III. Metallisation mit Pyrit III, Quarz III, Kalzit.

Diese Gebilde stammen aus Thermen; Gesteine stammen nicht aus Thermen. Ihre Stoffkombinationen trifft man nicht quantitativ und nicht qualitativ in Gesteinen an. Die Erzgänge werden mittels pulsatorischer „Phasen“ übereinander aufgebaut; die Phasen (Kristallisationen) sind weder im Gangraum gleichzeitig stofflich da; noch erfüllen sie die Stoffräume einzzeitig. In den Gesteinsräumen aber ist die ganze Stoffmasse für die daraus zu bildenden Ge-

steine zugegen, und eine Phasenfolge, die auch nur einigermaßen mit den obigen vergleichbar wäre, gibt es nicht.

Analog ist es mit den Mineralgängen, z. B. jenen der zentralen Ostalpen, die sich ebenfalls qualitativ (Adular auf den Gängen!) und quantitativ (keine summarischen Gesteinschemismen!) von Gesteinen abheben.

VI. DIE PETROGRAPHISCHEN KLASSEN DER GESTEINS-SYSTEMATIK

Somagenetisch ergeben sich drei Klassen:

- I. *Magmatosome Gesteine*,
- II. *Lithosome Gesteine*,
- III. *Detritosome Gesteine*.

Magmatosom sind alle Gesteine, deren Ausgangslage eine primäre, anatektische oder migmatische Schmelzflussmasse ist, deren Soma qualitativ dem Allgemeinbild des Gesteinssomas von S. 123. entnommen werden kann. In diese Klasse fallen alle Plutonite, samt Ganggesteinen, alle Vulkanite, samt Gläsern und Tuffen, alle Anatexite und Migmatite. Es ist an dieser Stelle notwendig, auf die Leistungen von SZÁDECZKY-KARDOSS [1959] und seiner Schule für die Grundlagen einer Systematik dieser Objekte nachdrücklich hinzuweisen.

Lithosom sind alle Gesteine, die ihr Soma aus älteren Gesteinsmassen beziehen und durch Umwandlungen mit oder ohne Stoffwechsel um- und neugestalten. Hierher gehören die Metamorphite aller Arten. Die Umgestaltung allein und für sich kann mittels der Gefügekunde [SANDER, 1930, 1950] erkannt, analysiert und petrosystematisch behandelt werden. Umwandlungen werden erkannt, analysiert und systemisiert mittels der Fazieslehre. Haltephasen der Fazieslehre sind Gleichgewichte. Aber bei Gesteinen aller Art findet man weniger Gleichgewichtsfälle als Ungleichgewichte. In vielen Fällen entwickelt sich eine Gesteinsgeschichte mit Durchschreitung mehrere Fazies *in continuo*; das sind *keine* Metamorphite. In den Fällen, worauf es aber hier ankommt, ist der Fazieswechsel (Gleichgewichtswechsel) erkennbar unterbrochen, und das sind dann *metamorphe Gesteine* [ANGEL, 1924, 1965].

Detritosom sind alle Gesteine, die ihr Soma direkt oder auf Umwegen aus jenen Abfällen beziehen, welche die Lithosphäre durch Einwirkung von Atmosphäre und Hydrosphäre anliefert. Detritus im hier gemeinten Sinn sind nicht allein gröbere und feinere Lockermassen, die am Ort bleiben können, oder durch Wind und Wasser abtransportiert und zu neuen Gefügen geordnet werden, sondern auch Niederschläge von Gelöstem (Salzgesteine), aus Hydro- und Aerosolen und aus Wolken, und dazu Niederschläge aus Gelöstem in Tier- und Pflanzenkörpern. Hierher gehören alle *Sedimentgesteine*, *Crescimente* [G. FISCHER, 1933], *Schnee*, *Firn* und *Eisgesteine*.

Bei dieser Art der Einteilung bleibt keine Gesteinsart ausserhalb des Systems.

VII. BEDEUTUNG UND PROBLEMATIK DER KORNGRÖSSEN

Für die Lockergesteine ist eine feingliederige Korngrössensystematik entwickelt worden. Leider ist sie nicht einheitlich und keiner der Vorschläge dazu hat sich durchgesetzt, aber jeder der Vorschläge hat soviel Leistung für sich, dass damit operiert werden muss. Man muss es aber auch aussprechen: Petrographisch ist das nicht.

Für Magmatosome und Lithosome, aber auch für so manche Vertreter der Detritosomen gibt es nichts Ähnliches. Es ist der Petrographie auch nicht gedient damit, wenn man für die drei Klassen je besondere Korngrösseneinteilungen aufstellen würde, und ebensowenig wäre es dienlich, die Korngrössenskala bloß beiläufig zu gestalten, so wie etwa grobkörnig, mittelkörnig, feinkörnig, von Autor zu Autor und von Gesteinstyp zum andern verschieden bemessen!

Ich rege an, alle Korngrössen, deren man in den drei Klassen habhaft werden kann, in *mm* auszumessen, bei isometrischen Körnern im Durchmesser, bei säuligen mit Säulenlänge und Dicke, bei blättrigen mit Tafeldurchmesser und Dicke, daraus eine umfassende Statistik anzulegen und sodann festzulegen, welche Korngrössen in den einzelnen Klassen absolut und nach Häufigkeit Maxima und Minima aufweisen, und schliesslich die Ergebnisse der Klassen zu vergleichen. Das wird zwar eine mühsame, zeitbrauchende Arbeit, aber sie wird sich im Erfolg für die petrographische Systematik in mehrfacher Beziehung lohnen, *u. a. auch für die Kornforschung.*

VIII. BENENNUNGSPROBLEME

Eine Einheitlichkeit in der Benennungsweise fehlt, obgleich es sich um ein und dasselbe Fach Petrographie handelt. Am besten eingeführt ist die Benennung bei den Magmatosomen, obgleich sie auch hier nicht nach einem bestimmten Prinzip gehandhabt wurde und wird. Als reich an einer historischen Entwicklung kann man davon Verschiedenes hinnehmen. E. TRÖGER hat in seinem Kompendium für die Systematik der Eruptivgesteine einen sehr wertvollen Modus eingehalten: Dem Gesteinsnamen wird sein Autor mit Jahreszahl an die Originaldefinition beigefügt. Das erinnert an die schon lange gängige Benennungsweise von Pflanzenspezies durch die Botaniker und von Tierspezies seitens der Zoologen, und ist die durchsichtigste und vorteilhafteste Benennungsweise. Für Lithosome und Detritosome ist eine gleichartige Vorgangsweise wünschenswert, und für eine Fortschritt petrographischer Systematik unumgänglich, muss aber von den Anfängen an neu aufgebaut werden. Ich bin dafür, alteingesessene Speziesbezeichnungen beizubehalten mit Beifügung des Autors und der Jahreszahl.

Man hat von verschiedenen Seiten her z. B. für Lithosome eine Namengebung versucht, welche im Gesteinstitel einfach alle sogenannten „Hauptgemengteile“ nebeneinanderreihet; das soll den Vorteil haben, das „man gleich weiss, woraus ein Gestein besteht“; aber das stimmt ja gar nicht; der Name müsste ausserdem noch Textur und Struktur andeuten, und zudem: bei dem „bestehen“ wird einseitig bloß an Mineralspezies gedacht. Entscheidend für eine Gesteinsart sind aber gar nicht diese, sondern die Art der Kornsorten und Kornarten, und gerade diese kommen bei einer solchen, unförmigen Benennungsweise zu kurz. Man geht ja auch in den beiden anderen Klassen gar nicht so vor, weshalb also gerade nur bei den Lithosomen?

Ich finde, dass diese oben kritisierte Art der Namengebung unzweckmässig ist, da man trotz des langen Titels den man konstruiert, den Leser doch nötigt die ganze textliche Gesteinsbeschreibung zu lesen, also Doppelarbeit auf sich zu nehmen, und überdies kommen solche Bezeichnungsungeheuer im Druck zu teuer — ohne zureichende Begründung.

Die Fälle, wo neue Gesteinsnamen notwendig werden, knüpfen sich an Originalfundpunkte. Es ist dann durch die Ortsbezeichnung im Gesteinsnamen,

Autor und Jahrzahl, eine kürzere und prägnantere Bezeichnung möglich; dazu liegen im Bereich der Lithosomen nur Anfänge vor [ANGEL, 1968]. Wenn man das System ausbaut, wird man es in grösserem Ausmaß und rückwirkend als Prinzip einführen.

Bei den Detritosomen ist eine einheitliche, petrographische Benennungsweise nach diesem Prinzip noch nicht in Angriff genommen.

Eine moderne Petrographie kann sich nicht damit abfinden, dass in jeder Gesteinsklasse andere Prinzipien der Gesteinsbenennungen geübt werden. Das ist ein schweres Hindernis für die Gestaltung einer umfassenden, petrographischen Systematik. Also weg davon!

Damit möchte ich diese programmatischen und einführenden Auslassungen abschliessen. Den Literaturnachweis fasse ich aus Gründen von Raum und Kosten so knapp als nur möglich und bitte meine Fachgenossen um freundliches Verständnis dafür.

SCHLUSSWORT

In acht kurzen Kapiteln wurde über Lage und Problematik einer modernen Petrographie kritisch berichtet, diskutiert und Anregungen zu einer modernen Weiterentwicklung einer systematischen Petrographie vorgelegt. Es wurden erörtert:

I. Heutige Stellung und Aufgaben der Petrographie. *II.* Kritik der überkommenen Gesteinsbegriffe und Neufassung einer Gesteinsdefinition, welche die Ergebnisse der Mondforschung und Erdschalengliederung berücksichtigt. *III.* Diskussion der Begriffe Kornsorte und Kornart; ihre Bedeutung für die Petrographie an Beispielen. *IV.* Diskussion zum Begriff Gesteins-Soma, und neue Elementenliste-Vorlage. *V.* Abgrenzbarkeit der Gesteine gegen Erz- und Mineralgänge, mit zwei modernen Beispielen. *VI.* Begründung der drei petrographischen Gesteinsklassen als Ausgangspunkte petrographischer Systematik. *VII.* Problematik der Korngrößen und Anregung zur Gestaltung eines für alle drei Klassen verwendbaren Korngrössenschemas und -Inventars. *VIII.* Kritische Stellungnahme zur Benennungsweise von Gesteinen und Empfehlungen dazu.

Nach Meinung des Verfassers sind dies Kernfragen der Weiterentwicklung einer künftigen, alle Gesteinsklassen einheitlich behandelnden systematischen Petrographie.

REFERENZEN

- ANGEL, F. [1924]: Gesteine der Steiermark. Mitt. Natw. V. Steiermark, B. 60, 1—302.
ANGEL, F. [1964]: Petrographische Studien an der Ultramafit-Masse von Kraubath Steiermark. Mitt. Blatt Abt. f. Mineralogie, Landesmuseum Joanneum, Graz, H. 2, 1—125.
ANGEL, F., LASKOVIC, F. [1968]: Über einige Gesteine aus der Umgebung der Radentheiner Magnesitlagerstätte auf der Millstätter Alpe Kärnten. Radex—Rundschau, H. 1, 3—18.
BECK, R. [1907]: Untersuchung über einige südafrikanische Diamantlagerstätten. Z. D. Geol. Ges. 59, 275—307.
BECKE, F., TSCHERMAK, G. [1921]: Lehrbuch d. Mineralogie. 8. Aufl. Wien.
BERG, A. [1912]: Geologie für Jedermann. 1—261. Thomas—Verlag Leipzig.
BEURLEN, K. [1939]: Erd- und Lebensgeschichte. 1—462. Quelle & Meyer, Leipzig.
BORCHERT, H., TRÖGER, E. [1950]: Zur Gliederung d. Erdkruste nach geophys. u. petrologischen Gesichtspunkten. Gerlands Beitr. z. Geophys. 62, 101—126.
CLARKE, F. W. [1924]: The Data of Geochemistry. Geol. Survey Bull. 770. USA.
EXNER, CHR. [1948]: Tektonik, Feldspatausbildungen und deren gegenseitige Beziehungen in den östlichen Hohen Tauern. Tschermaks miner. u. petr. Mitt. 3. Folge. B. 1, H. 3, 197—284. I. Teil einer Folge von 5 Publikationen.

- FISCHER, G. [1931]: Über Begriff u. Wortbildung i. d. Geologie. Preuss. Geol. Landesanst. Sitzber., H. 6, 31—38.
- FISCHER, G. [1933]: Gedanken zur Gesteinssystematik. Jb. Preuss. Geol. La. B. 34, 553—584.
- FISCHER, G. [1935]: Einheitliche Benennung der Sedimentgesteine. (Mit. H. UDLUFT) Jb. Preuss. Geol. La; B. 56. 517—538.
- FOLK, R. F. [1962]: Spectral Subdivision of Limestone Types. Aus Mem. 1. Classification of Carbonate Rocks. Tulsa, Oklahoma, 62—84.
- GEOTIMES (News of the Earth Sciences): Die folgenden Nummern enthalten Aufsätze über Ergebnisse der neuesten Mondforschung: Juli—August 1969, Oktober 1969, Jänner 1970, Februar 1970, April 1970.
- GREGNANIN, A. [1969]: Magmatismo precoce etiopico. Mem. Museo Tridentino die Sc. Nat. etc. XXXIII—XXXIV, 1970/71, Vol. XVIII/2. 137—172.
- HARDER, H. [1956]: Untersuchungen an Paragoniten und natriumhaltigen Muskowiten. Heidelberger Beitr. Min. Petr. 5, 227—271.
- HIMMELBAUER, A. [1924]: Mineral- und Gesteinskunde. Für Oberklassen d. Mittelschulen. 1—168. Hölder—Pichler—Ternpsky, Wien.
- INTERNATIONALER GEOLOGEN CONGRESS, Prag [1968] Proceed. Sect. I. Upper Mantle. Acad. Prag 1968. 1—230. Artikel von BELOUSSOW bis KARAMATA.
- LADURON, D., MARTIN, H. [1969]: Coexistence de Paragonite, Muscovite et Phengite dans un micaschiste a Grenar de la zone du Mont-Rose. Annales Soc. Geol. Belgique 92, Fasc. I. 159—172.
- LEITMEIER, H. [1950]: Einführung in die Gesteinskunde. 1—273. Springer, Wien.
- NIGGLI, P. [1948]: Gesteins- und Minerallagerstätten I. Allgemeine Lehre von den Gesteinen und Minerallagerstätten. 1—540. Birkhäuser, Basel. (und Anschlusswerke).
- OMENETTO, R., DETOMASO, G. [1970]: Le mineralizzazioni filoniane a solfuri misti della zona di Pine (Trento). Economia Trentina, Trento 1970, N. 1—2, 1—21 und Tav. 1—III.
- POLESNIG, W. [1969]: Studium der Erzgefüge in der Grube Bleiberg—Kreuth. Aus FRIEDRICHS Archiv f. Lagerstättenforschung i. d. Ostalpen, B. 9, 73—106.
- ROSENBUSCH, H. [1901]: Elemente d. Gesteinslehre, 2. Aufl., 1—565, Stuttgart.
- RAMDOHR, P., KLOCKMANN, F. [1942]: Lehrbuch d. Mineralogie, 12. Aufl., 1—659, Enke, Stuttgart.
- RAMDOHR, P., BRUHNS, W. [1939]: Petrographie. Göschen Sammlung B. 173, 1—113.
- SANDER, B. [1930]: Gefügekunde der Gesteine. Springer, Berlin.
- SANDER, B. [1948]: Einführung in die Gefügekunde geologischer Körper I. (Allgemeiner Teil) 1—215, Springer, Wien.
- SANDER, B. [1950]: Einführung in die Gefügekunde geologischer Körper II. (Die Korngefüge) 1—399, Springer, Wien.
- SCHARIZER, R. [1912]: Lehrbuch d. Mineralogie f. d. fünfte Klasse d. Gymnasien, 1—157, Ternpsky, Wien.
- SCHEUMANN, K. H. [1936]: Zur Nomenklatur migmatischer und verwandter Gesteine. Min. Petr. Mitt. 48, 297—302; Metatexis und Metablastesis. Min. Petr. Mitt. 48, 402—412.
- SCHNEIDERHÖHN, H. [1955]: Erzlagerstätten. 3. Aufl. 1—375, Fischer, Stuttgart.
- STINI, J. [1929]: Technische Gesteinskunde. 2. Aufl. 1—550, Springer, Wien.
- SZÁDECZKY-KARDOSS, E. [1959]: A genetical system of magmatic rocks. Prelim. Abstr. Geochem. Conf. Hungarian Acad. Sci., Budapest 17—27.
- TRÖGER, E. [1935]: Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. 1—360. D. M. G., Berlin.
- WELLS, A. K. [1948]: In Chambers Dictionary. Einschlägige Definitionen.
- WEINSCHENK, E. [1907]: Petrographisches Vademekum: 1—208. Herder, Freiburg.

PROF. DR. FRANZ ANGEL
Kopernikusg. 27/II.
Graz, Osterreich