

# Selektive Metamorphose

Autor(en): **Kündig, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen  
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **6 (1926)**

Heft 2

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-8216>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Selektive Metamorphose.

Von *E. Kündig*, Zürich.

Die physikalisch-chemische Betrachtungsweise in der Petrographie hat, wie für alle Gesteine, auch für die metamorphen eine Grundlage zur Systematik abgegeben. Sie ging dabei aus von der Gleichgewichtslehre und es wurden die Endprodukte der Metamorphose unter gegebenen Bedingungen zur Klassifikation verwertet. So wertvoll dies ist, so darf dennoch nicht übersehen werden, daß in der Natur diese Endzustände nur in den seltensten Fällen erreicht werden. Wesentlich für den Charakter eines metamorphen Gesteines ist seine Anpassungsfähigkeit. Sein Zustand entspricht dem, den es am Ende der Einwirkung der metamorphosierenden Kräfte auf dem Wege zur Erreichung des idealen Endzustandes gerade erreicht hat und man kann in diesem Sinne nur von einem bestimmten Grade der Umwandlung oder Metamorphose sprechen. In dieser Hinsicht verhalten sich die verschiedenen Gesteine außerordentlich verschieden und es fragt sich nun, welches die hauptsächlichsten, verantwortlichen Faktoren sind, daß unter gleichen Bedingungen zwei verschiedene Gesteine verschieden auf äußere Einwirkungen reagieren.

Diese Faktoren liegen in den Eigenschaften der Gesteine selbst:

- a) Chemismus: Verschiedene Löslichkeit der Verbindungen, verschiedene Umsatzgeschwindigkeiten in den Lösungen.
- b) Mineralbestand (z. T. bedingt durch den Chemismus): Er kann bei gleichem Chemismus ein verschiedener sein (Heteromorphieerscheinungen). Die einzelnen Mineralien aber reagieren je nach ihrem innenstrukturellen Bau, z. B. nach der Fähigkeit, Translationsebenen, Druckzwillinge zu bilden, in ganz verschiedenem Maße auf Bedingungsänderungen.
- c) Struktur: Korngröße im praemetamorphen Gestein bestimmt z. T. ebenfalls den Gang einer Metamorphose.

- d) Textur: Wechselnde räumliche Anordnung der Gemengteile bedingt ein verschiedenes Verhalten. Eine vorangegangene Metamorphose, oder eine gerichtete Textur des Gesteines infolge von magmatischer Kristallisation bei fluidalen Bewegungen sind unter Umständen einer späteren Metamorphose förderlich.
- e) Lagerungsform: Es bleibt sich für den Verlauf einer Dislokationsmetamorphose nicht gleichgültig, ob ein Gesteinskörper als Linse, als Gang, als Lager etc. im Verbande liegt.

Das sind nun im großen Ganzen die Variablen, die für den Verlauf einer Dislokationsmetamorphose einzeln oder kombiniert maßgebend sind.

Diesen Faktoren sind übergeordnet die einwirkenden veränderlichen Kräfte, Druck und Temperatur, d. h. man kann also das eine Mal Gesteine vergleichen, die unter gleichen (isophysikalisch), das andere Mal solche, die unter zeitlich und örtlich verschiedenen Bedingungen gestanden haben. Es können beispielsweise zwei Gesteine von gleicher chemischer Zusammensetzung, aber verschiedenem Mineralbestand, verschiedener Struktur und Textur (Edukte z. B. dolomitische Mergel und Diabase) infolge der eben durch diese Verschiedenheiten bedingten, wechselnden Reaktionsfähigkeit, unter gleichen äußeren Bedingungen nur verschiedene Produkte ergeben. Wirken aber Druck und Temperatur verschieden stark auf diese Edukte ein, so kann als Konvergenzerscheinung verschieden gerichteter Tendenzen, aus beiden Gesteinen ein gleiches Produkt resultieren.

Führt man in ähnlicher Weise eine Variation aller angeführten Faktoren durch, so zeigt sich, wie außerordentlich kompliziert, auch bei gleichen Bedingungen, sich die Metamorphose an einem Gesteinskomplex auswirken kann.

Im Weiteren erhebt sich nun die Frage: Ist es möglich, den Grad der Umwandlung an einem Gestein zuverlässig zu bestimmen? Österreichische Forscher, wie *Sander*<sup>1)</sup> und *Schmidt*,<sup>1)</sup> haben sich Methoden ausgearbeitet, um wenigstens bei dislokationsmetamorphen Gesteinen Anhalts- resp. Vergleichspunkte für die Umarbeitung von Gesteinen zu gewinnen. Sie gehen aus von techno-

<sup>1)</sup> Von der reichhaltigen Literatur sei hier nur das Wichtigste erwähnt:

*Sander*: Zur petrographisch-tektonischen Analyse. I (1923); II (1925); III (1926). Jahrb. d. Geol. Bundesanstalt, Wien.

*Sander*: Zur Granittektonik, Mikrotektonik u. s. w. Verhandl. d. Geol. Bundesanstalt, Wien, 1923.

*Schmidt*: Gesteinsumformung. Denkschrift d. Naturhist. Mus. in Wien, 1925.

*Schmidt*: Gefügestatistik. Tschermaks Min. Petr. Mitt. 1925, etc.

logischen Laboratoriumsversuchen über Walzungen, Pressungen, Streckungen an Metallen und verwenden die gewonnenen Resultate auf die Gesteinsumwandlung.

Der Grad und die Art der Gefügeregelung kann Auskunft geben über den Werdegang eines metamorphen Gesteines. Dank der U-Tischmethode ist es möglich geworden, auf verhältnismäßig einfache Weise die Intensität einer Durchbewegung festzustellen und für Vergleichszwecke herbeiziehen zu können. Vorläufig sind diese Versuche an monomineralischen Gesteinen, an Quarziten und Marmoren mit Erfolg angewendet worden.

Es fragt sich aber nun, ob polymineralische Gesteine unter den nämlichen Gesichtspunkten betrachtet werden dürfen. Die Schwierigkeiten sind hier bedeutend größer, da die verschiedenen Mineralien sich einer Durchbewegung gegenüber sehr verschieden verhalten und eine absolute Vergleichsbasis für die Resistenzkraft gegen eine Metamorphose kaum zu finden sein wird. Ausgehend von technologischen Versuchen, kann man auch leicht zu Fehlschlüssen gelangen. Einmal sind die Massen, die zu Versuchen dienen, verglichen mit denen, die dem Geologen und Petrographen im Feld entgegentreten, verschwindend klein. So wird man zum Vorneherein überprüfen müssen, ob die im Laboratorium gefundenen Gesetze sich ohne weiteres auf gewaltige Gesteinskörper, wie z. B. ganze Teile der Alpen, übertragen lassen. Ein anderer und zwar wesentlicher Mangel der technologischen Versuche scheint mir darin zu liegen, daß sie meist nur an homogen struierten, auch stofflich mehr oder weniger einheitlich gebauten Körpern, z. B. Metallaggregaten, die zudem meist geometrisch einfache Formen besitzen, ausgeführt werden. In der Natur gestalten sich gleiche Vorgänge viel komplizierter, dank eben der außerordentlichen Vielgestaltigkeit der Gesteine. Ferner bleiben zwei geologisch sehr bedeutungsvolle Faktoren, Zeit und chemische Agentien, bei Laboratoriumsversuchen unberücksichtigt.

Genau wie sich die einzelnen Mineralien innerhalb eines Gesteines verschieden verhalten und dem Gang der Metamorphose einen recht wechselvollen Weg weisen können, genau dieselben Verhältnisse treffen wir auch im Gesteinsverband, dort, wo ein ganzer Komplex verschiedener Gesteine im Gleichgewichtszustand gestört wird. Bei den technologischen Versuchen trennt man gewöhnlich zwischen Pressendem und Gepreßtem, d. h. Presse- und Versuchskörper. In Bezug auf die wechselwirkenden Kräfte lassen sich die beiden prinzipiell nicht auseinanderhalten, sie unterscheiden

sich nur — und sind aus diesem Grunde gewählt worden — zufolge der sehr verschiedenen Reaktionsfähigkeit gegen Druckeinwirkung.

In viel größerem Umfang tritt dies in der Natur in Erscheinung; Pressendes und Gepreßtes lassen sich nicht mehr trennen, die Grenzen verwischen sich.

Jedes dislokationsmetamorphe Gebiet ist ursprünglich aus einem Komplex von Gesteinen aufgebaut, die sich hinsichtlich innerer Reibung, Zähigkeit, Reiß-, Druck-, Scherfestigkeit, kurz allen technischen Größen, die einem Gestein eigen sind, verschieden verhalten mußten. Es erscheint im allgemeinen als ganz selbstverständlich, wenn ein Granitstock mitsamt seiner sedimentären, z. B. tonigen Hülle in eine Dislokation einbezogen wird, daß die Hülle, trotzdem Druck und Temperatur überall gleich sind, weit größere Veränderungen, sowohl in chemischer, als in struktureller und textueller Hinsicht durchmachen wird, als der granitische Zentralkörper. Dieser übernimmt in diesem speziellen Falle die Funktion der Preßbacken.

Es wurde oben gezeigt, wie außerordentlich schwierig der Durchbewegungsgrad polymineralischer Gesteine im Gegensatz zur Gefügeregelung monomineralischer Gesteine zu beurteilen ist. Das nämliche wiederholt sich auch zwischen Gesteinskomplex und Gestein. Die einzelnen Gesteine eines Komplexes beeinflussen sich im Verlauf der Metamorphose gegenseitig, diese wirkt sich selektiv aus. Es stellen sich, wenn man die Einteilung *Grubenmanns* berücksichtigen will, scheinbar falsche Zonen ein, d. h. irgend ein Gestein eines Verbandes, das sich meist durch eine stark abweichende Struktur oder Textur, oder durch einen vom Nebengestein sehr verschiedenen Mineralbestand ausgezeichnet hat, scheint anderen äußeren Bedingungen unterworfen gewesen zu sein. Das ist aber nicht der Fall, sondern es hat nun ganz anders auf diese reagiert, als die Nebengesteine.

Ein idealer Endeffekt, der bei genügender Dauer und Konstanz der Bedingungen erreicht würde, müßte eine derartige Auswahl (Selektion) zum Verschwinden bringen, eine entsprechende metamorphe Provinz würde genau das schematische Bild von Kata-, Meso- und Epizone widerspiegeln. Alle primären Gesteinsunterschiede (Relikte) werden zum Verschwinden gebracht. Dieser Endzustand wird aber in Wirklichkeit nie erreicht, da die Metamorphose stets vorzeitig unterbrochen wird. Die Gesteine haben dabei einen verschieden weiten Weg zurückgelegt.

Es ließe sich dies auch recht schön mit Versuchen zeigen, würde man z. B. in getrennten Versuchen einen Granit und einen Mergel einem bestimmten Druck und einer bestimmten Temperatur unterwerfen. Es müßten so Produkte resultieren, die zu einer isophysikalischen Reihe (*Niggli*)<sup>1)</sup> gehören und beide wären sich eigentlich äquivalent. Stellt man die gleichen Versuche an einem Verband dieser Gesteine an, so könnte der Erfolg nur sein, daß einerseits der Granit nur sehr wenig umgeändert würde, in entsprechendem Maße aber der Mergel umsomehr. Wiederum ist der zurückgelegte Weg ein verschiedener.

Das zweite Experiment entspricht den Verhältnissen in der Natur, die Klassifikation der metamorphen Gesteine aber stützt sich noch auf die erste Betrachtungsweise, d. h. diese läßt im allgemeinen die Verbandsverhältnisse außer Acht und behandelt jedes Gestein für sich. Soll eine Klassifikation aber den natürlichen Verhältnissen entsprechen und vor allem Vergleichswerte schaffen, die unabhängig sind vom jeweils gerade erreichten Zustand, so muß der zurückgelegte Weg eines jeden Gesteinstypus mit in Betracht gezogen werden. Wie außerordentlich schwierig das vorläufig noch ist, wurde bereits eingangs gezeigt. Die ganze Erscheinung läßt sich auch versuchsweise diagrammatisch erfassen (vide Fig. pag. ).

*Zusammenfassend* seien die allgemeinen Erörterungen kurz noch einmal wiederholt:

Der derzeitige Zustand eines dislokationsmetamorphen Gesteines ist nicht nur bedingt durch Chemismus, Mineralbestand, Struktur, Textur und Lagerungsform seines Ausgangsgesteines und den Grad der umgestaltenden Kräfte, sondern im Wesentlichen auch durch die Art seiner Nebengesteine. Für gleiche Zeiten der Beanspruchung wird deshalb von den verschiedenen Gesteinen ein verschieden weiter Weg zurückgelegt. Die metamorphosierenden Kräfte wirken auslesend, die Metamorphose ist eine selektive. Eine natürliche Klassifikation hat alle diese Verhältnisse zu berücksichtigen. Hinweise zu einer Methode für eine derartige Systematik sind durch die tektonische Analyse (*Sander, Schmidt*) gegeben. Sowohl die Begriffe der Zonen (*Grubenmann*),<sup>1)</sup> als der Facien (*Eskola*),<sup>2)</sup> als der isophysikalischen Gesteinsserien (*Niggli*),<sup>3)</sup> umfassen wohl die Gesteine eines Komplexes, die

<sup>1)</sup> *Grubenmann -- Niggli*: Die Gesteinsmetamorphose, Band I, Berlin 1923.

<sup>1)</sup> *Grubenmann*: Die kristallinen Schiefer, 2. Auflage, 1910.

<sup>2)</sup> *Eskola, P.*: The mineral facies of rocks. Norsk. Geol. Tidsskr. VI, 1920.

<sup>3)</sup> *Niggli*: In *Grubenmann-Niggli*: Gesteinsmetamorphose. Bd. I. Berlin, 1923.

gleichen Bedingungen unterlegen haben, sie lassen aber den verschiedenen Grad, in welchem die Edukte auf die Bedingungen reagiert haben, außer Acht. Was in den folgenden Beispielen an ausgesprochen gegensätzlich sich verhaltenden Gesteinen als wahrscheinlich gezeigt wird, gilt überhaupt für jedes System verschieden sich verhaltender Gesteine. Die Unterschiede im Verhalten sind nur durch den Grad der Gegensätzlichkeit bedingt. Um die Auswirkungsweise einer Dislokationsmetamorphose kennen zu lernen, genügt nicht ein Gestein allein, sondern es sind die Mittelwerte sämtlicher zu einer Serie gehörigen Gesteine zu fixieren. Diese Betrachtungen zeigen auch, daß zwei genau gleich ausgebildete, metamorphe Gesteine nicht unbedingt der gleichen Zone, d. h. gleichen äußeren Bedingungen zu entstammen brauchen. Die Verschiedenheit der Edukte ist in diesem Fall ausgeglichen worden durch einen verschieden weit zurückgelegten Weg, die Produkte sind sich gleich geworden.

Von welcher Bedeutung dieser Fragenkomplex für den im Felde arbeitenden Geologen ist, sei durch einige Beispiele erläutert.

Je einheitlicher vor einer Dislokation eine Gesteinsserie, z. B. ein Massiv gebaut war, umso einheitlicher und gleichmäßiger wird es auch infolge der Dislokation durchbewegt werden. Sind in einem solchen Verband Gesteine ganz abweichender Struktur und Textur enthalten, so erfahren diese einen entsprechend anderen Grad von Metamorphose, sie nehmen eine Ausnahmestellung ein.

Pegmatite und Aplite in Verbindung mit einem granitischen Herd stellen zwei Spaltungsprodukte des granitischen Magmas dar, die strukturell und texturell außerordentlich voneinander abweichen. Die grobkörnigen, ungerichteten Pegmatite durchbrechen kreuz und quer die Hülle des Herdes; im allgemeinen steht ihre Grobkörnigkeit im starken Gegensatz zum meist mittleren bis feinen Korn ihrer Umgebung. Ganz anders die Aplite, die sich zumeist als feinkörnige Injektionslager mehr oder minder den ausgezeichneten Richtungen der Kontaktgesteine einfügen.

Es ist nun geradezu auffällig, wie in hochmetamorphen Gebieten, etwa im Bereich der untern penninischen Decken im Tessin, trotz den zahllosen Orthogneis- und Granitgneiskernen, zugehörige Pegmatite zu großen Seltenheiten gehören, während umgekehrt Aplite und ganze Zonen aplitischer Injektion zu den allerhäufigsten Erscheinungen zählen. Folgende Vermutung liegt sehr nahe: Pegmatite fehlen nicht zum Vorneherein, sondern sie werden als struk-



turelle und texturale Fremdlinge im Gesteinsverband von einer Dislokation am ehesten in Mitleidenschaft gezogen. Das vor allem dort, wo sie von Gesteinen eingeschlossen waren, deren innere Reibung ebenso groß oder noch größer, als die der Pegmatite war. Es hat also hier mit ziemlicher Sicherheit eine Assimilation der Pegmatite durch die Nebengesteine stattgehabt; sie sind gleichsam „verdaut“, aus dem Wege geschafft worden. Nicht so die Aplite, deren feines Korn, deren meist einheitliche Parallellagerung eine selbständige Weiterexistenz begünstigte.

Ferner sei noch auf einen zweiten verbreiteten und mir persönlich bekannten, ähnlichen Fall hingewiesen. Im schon erwähnten Gebiet der unter-penninischen Decken finden sich als Einschaltungen zahlreiche, peridotitische Stöcke (Loderio, Centovalli, Geißpfad etc.), die, trotzdem sie in gewaltige Massen zumeist mesometamorpher Gesteine (Gneise, Amphibolite) eingebettet sind, nur geringe Spuren von Metamorphose zeigen. Randlich sind sie meist geschiefert. Es treten hier Mineralneubildungen, wie Biotit, Aktinolith, Grammatit, Serpentin und Chlorit auf, der Kern ist aber durchwegs wohl erhalten.

Es bleibt gar kein Zweifel, daß diese Peridotitstöcke genau den gleichen physikalischen Bedingungen der Metamorphose unterlegen haben, wie die Nebengesteine. Warum aber dieses absonderliche Verhalten, das den ganzen Zonenverband zu stören scheint? Es ist voraussichtlich die Selektion durch die Metamorphose. Die Linsenform dieser kleinen Stöcke scheint in erster Linie dafür verantwortlich zu sein. Sie wirkt ablenkend auf die differenziell über den ganzen Gesteinskomplex verteilten Gleitflächen, ähnlich wie irgendwelche keil- und linsenförmige Körper in andern bewegten Medien, etwa in Wasser oder Luft. Gleichzeitig bildete sich randlich dieser Stöcke ein sehr dicht geschartes Gleitflächenbündel heraus, oft vereinigt zu einer einheitlich stark entwickelten Gleitfläche. Hier tritt dann auch eine der Epizone entsprechende Umgestaltung der Gesteine auf; es bilden sich Serpentine, Biotit-schiefer, Chloritschiefer, Talkschiefer und im Strömungsschatten wirrnadelige Strahlsteinschiefer, etc. Das alles auf Kosten des verschont gebliebenen Kernes.

Liegen solche Stöcke eher im Bereich der Epizone und werden sie vom intensiver gerichteten Druck betroffen und, wie z. B. die Serpentine der Bündnerschiefer, im Deckenverband weit wegtransportiert, so ist die Serpentinisierung eine durchgehende und gleich-



zeitig eine einheitlichere; es fehlen im allgemeinen Talkschiefer, Strahlsteinschiefer etc.

Ob die linsige Form der Stöcke und ihre Kleinheit allein Schuld an diesem Ausnahmeverhalten trägt, scheint fraglich. Mineralbestand (geringe Fähigkeit zur Herausbildung von Translations-ebenen bei Olivin und Pyroxenen), sowie eine ursprünglich außerordentlich hohe Zähigkeit fallen mit ins Gewicht.

In Verbindung mit diesen Peridotitstöcken treten immer langgezogene Lager von Plagioklas-Amphiboliten auf. Diese tragen durchwegs die typischen Kennzeichen mesometamorpher Gesteine, die Mineralien dieser Zone sind z. T. bruchlos umgeformt und zeigen eine recht ausgesprochene Streßwirkung. Diese Amphibolite reihen sich, im Gegensatz zu den Peridotiten, ohne weiteres dem allgemeinen Habitus des ganzen Gesteinskomplexes ein (Glimmerschiefer, Mesogneise, Mesomarmore etc.). Lagerungsform, Mineralbestand, Textur und Struktur des Eduktes ließen hier den Verlauf der Metamorphose ihren üblichen Mittelweg gehen, eine selektive Wirkung in größerem Ausmaße fand nicht statt. So können sich innerhalb sehr enger Grenzen folgende Verhältnisse finden:

Peridotitstock, Kern. Scheinbare Bedingungen der Katazone, in Wirklichkeit aber nur reliktsch, mit Spur einer Epimetamorphose.

Peridotitstock, Kontakt mit Nebengestein. Ausgesprochene Epimineralien mit hoher Schieferigkeit.

Nebengestein (Amphibolite, Mesogneise etc.). Für die Mesozone bezeichnend.

Je nach Ausdehnung der Linsen und der Zähigkeit resp. der innern Reibung des Nebengesteins können diese verschiedenen Zonen minder und mehr ausgesprochen sein.

Ähnliche Umstände tragen auch zum Erhaltenbleiben von Pegmatitbruchstücken bei, die, allerdings in viel kleinerem Ausmaße, fast stets von sog. Streßmineralien umhüllt sind und gleichsam das „Zuwenig“ an Gleitflächen im Pegmatit durch ein „Zuviel“ kompensieren.

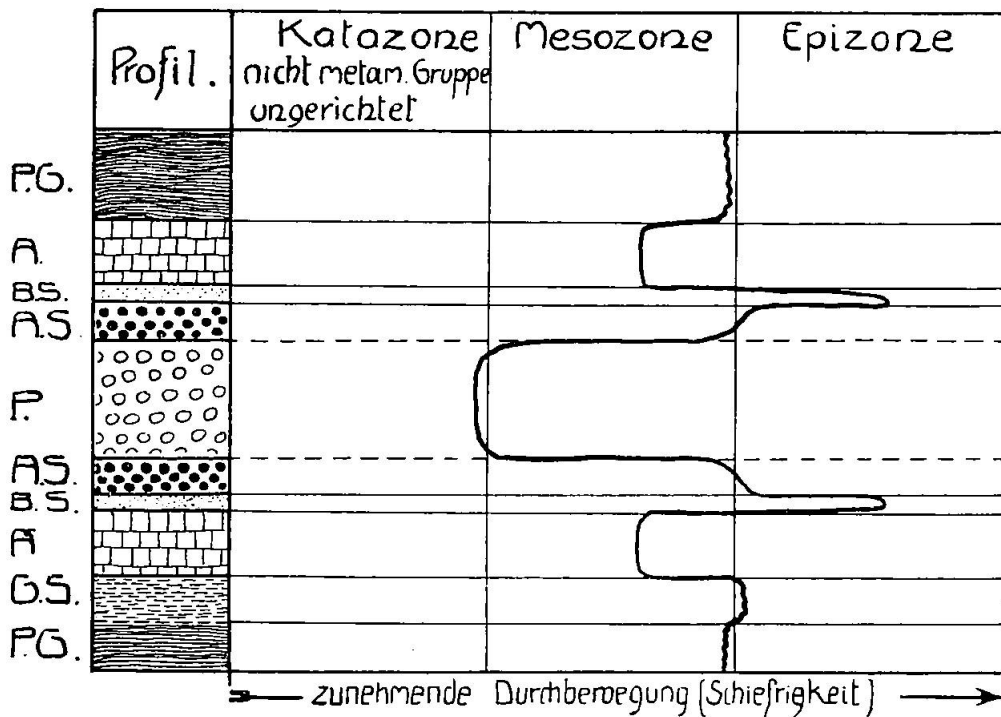
Es sei am Beispiel des Peridotites versucht, die Vorgänge im Diagramm zu zeigen. Eine physikalische, genaue Erfassung ist noch nicht möglich, wohl aber kann hier die prinzipielle Seite dieser Probleme zur Darstellung gelangen.

Hat man einmal von bekannten Produkten die Ursprungsgesteine (Edukte) mit allen ihren zu umschreibenden Eigenschaften (Struktur, Textur, etc.) ermittelt, so läßt sich innerhalb eines Ver-

bandes der von den einzelnen Gesteinen zurückgelegte Weg, der Grad der Metamorphose, zweifellos einschätzen. Dieser kann dann durch eine Kurve im Profil dargestellt werden. Von Wichtigkeit ist natürlich, daß die einwirkenden Kräfte für alle Gesteine die gleichen waren und gleich lang gedauert haben. Ein Idealfall wäre,

Profildiagramm eines penninischen Peridotitstockes.

Die Kurve bringt die verschiedenartige strukturelle und texturale Umgestaltung eines metamorphen Gesteinsverbandes zur Darstellung.



Legende:

- |   |                            |
|---|----------------------------|
| P. G. = Paragneis;  | A. = Plagioklasamphibolit; |
| B. S. = Biotitschiefer;   | A. S. = Aktinolithfels;    |
| P. = Peridotitstock, linsenförmig,<br>randlich etwas serpentiniert. | G. S. = Glimmerschiefer.   |

wenn ein solches Diagramm sämtliche Veränderungen zur Veranschaulichung bringen könnte, es muß aber vorläufig getrennt werden in drei Hauptdarstellungen:

1. Diagramm für chemische und mineralogische Umgestaltung,
2. Diagramm für strukturelle Umgestaltung,
3. Diagramm für texturale Umgestaltung.

Im behandelten Fall wird zum Beispiel das Profil als Ordinate gewählt, die strukturelle und texturale Umformung als Abszisse. Diese letztere umfaßt in diesem ganz einfach gehaltenen Beispiel

die hauptsächlichsten Charakteristika der *Grubenmann'schen* Zonenbegriffe (vor allem Grad der Schieferigkeit). Es sei nochmals Gewicht darauf gelegt, daß es sich hier um einen Versuch handelt, und daß eingehendere Studien in dieser Richtung nicht nur wünschenswert, sondern sicher auch sehr erfolgreich sein werden.

Aus diesem Diagramm ist leicht ersichtlich, wie die strukturelle Umgestaltung an der Stelle der größten ursprünglichen Inhomogenität, am Kontakt von Peridotit-Amphibolit, eingetreten ist und zur Bildung der außerordentlich schiefrigen Biotitgesteine geführt hat.

Katazone und nicht metamorphe Gesteine bleiben in dieser Darstellung zusammengefaßt, da sie strukturell ineinander übergehen, und in vielen Fällen (siehe folgendes Beispiel) sehr schwer zu trennen sind.

Unter ähnlichen Gesichtspunkten sei eine Gruppe von Gesteinen betrachtet, die, eben weil diese selektive Wirkung der Metamorphose zumeist nicht berücksichtigt wird, eine recht zweifelhafte Stellung einnimmt.

Es sind die Eklogite. Neuerdings werden sie mit guten Gründen von *Eskola*<sup>1)</sup> zum großen Teil als primärmagmatisch und in großen Tiefen gebildet, aufgefaßt. *Grubenmann*<sup>2)</sup> stellte sie, nur Mineralbestand, Struktur und Textur berücksichtigend, zu den metamorphen Gesteinen der Katazone. Bei Untersuchungen in dem an Eklogiten zu reichen Gebiet von San Bernardino<sup>3)</sup> zeigen sich ähnliche Gegensätze wie bei den oben erwähnten Peridotitstöcken, die im gleichen Gebiet auch vorkommen. Es bilden die Eklogite einzelne, in der Größe stark wechselnde Linsen, die in typisch mesozonare Glimmerschiefer und Paragneise eingebettet sind. Diese Linsen sind randlich meist in Eklogit-Amphibolite, Kelyphit-amphibolite und Granatamphibolite übergegangen, während der Kern noch als reiner Eklogit anzusprechen ist. Die Grenzen zwischen Stock und Hülle sind nicht so ausgesprochen als Gleitebenen entwickelt wie bei den Peridotitstöcken, dementsprechend greift aber die Umwandlung des Eklogites tiefer in den Kern hinein. Im allgemeinen ist auch zu beobachten, daß je geschmeidiger das Nebengestein ist (z. B. Glimmerschiefer), je mehr Gleitflächen es in sich

<sup>1)</sup> *Eskola, P.*: On the eclogites of Norway. Vidensk. Skr. I. Math. nat. Klasse 1921.

<sup>2)</sup> *Grubenmann*: Die kristallinen Schiefer, 2. Aufl. 1910.

<sup>3)</sup> *Kündig*: Beiträge zur Geologie und Petrographie der Gebirgskette zwischen Val Calanca und Misox. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. VI, H. 1. 1926.

aufzunehmen vermag, um so geringer die Mächtigkeit der Zone von Mesogliedern der Eklogitgruppe ist.

Sollte das nun als Analogon zu den Verhältnissen bei den Peridotitstöcken aufgefaßt werden, unter Berücksichtigung der Annahme Eskolas, daß die Eklogite z. T. primärmagmatisch sind, so würden sich die Verhältnisse viel einfacher gestalten, als unter Herbeiziehung von Katabedingungen zur Erklärung der Umwandlung Gabbro-Amphibolit einerseits und Gabbro-Eklogit andererseits. Damit berücksichtigt man auch jene Erscheinungen, die eben z. B. bei den Eklogiten die Problemstellung erschweren. Freilich ist oft die Entscheidung, ob Katagesteine oder nicht metamorphe Gesteine vorliegen, ohne besondere Schwierigkeiten aus dem ganzen Gesteinsverband herauszulesen; so z. B. für die alpinen Eklogite, die mit einiger Wahrscheinlichkeit mesozoisch sind und wohl kaum je Katabedingungen unterworfen waren.

Aus diesen Gründen entspringt auch *Eskolas* Vermutung, die Eklogite könnten sowohl sedimentären als auch eruptiven Ursprunges sein. Sedimentär wären sie nach diesem Forscher, wenn eingebettet in Paragesteinen, also vor allem die alpinen Eklogite, eruptiv, wenn in Orthogneisen liegend, z. B. die nordischen Eklogite.

Die in Gneise eingebetteten Eklogite machen in viel höherem Maße die Gesamtmetamorphose mit, als die in Glimmerschiefer und Paraserien eingelagerten. Es darf also wohl mit Rücksicht auf diese Umstände angenommen werden, daß der Ursprung der Eklogite ein einheitlich magmatischer ist und die verschiedene Struktur und Textur einfach durch die selektive Wirkung der Metamorphose bedingt ist.

Im Allalengebiet (Wallis), wo wenig metamorphe Gabbros (Saussurit-Smaragdit-Gabbro) zusammen mit Eklogiten und Amphiboliten vorkommen, ist nach der bisherigen Ansicht die Deutung noch viel komplizierter. Epi-, Meso- und Katabedingungen an chemisch gleichwertigen Gesteinen im nämlichen Gesteinsverband!

Wenn man auch hier die selektive Wirkung der die Metamorphose bedingenden Vorgänge berücksichtigt, gelangt man zur einfacheren und wahrscheinlicheren Betrachtungsweise.

Auch für andere, in der Literatur bekannte Gesteine, wie z. B. der Granat-Olivinfels des Val Gorduno, mag ähnliches gelten.

Durchwegs scheint die linsen- und stockartige Form von Gesteinslagerstätten, zumal wenn sie verbunden ist mit massiger Textur, zu Sonderbedingungen zu führen.

Auf Grund ganz ähnlicher Überlegungen findet man auch plausible Ursachen für das Fehlen der Gänge und Zuleitungskanäle zu all diesen Grüngesteinen. Sie wurden, ähnlich wie die Pegmatite, durch die differentielle Durchbewegung der gesamten Gesteinsserie aufgeteilt und in die Gleitebenen einbezogen.

Manuskript eingegangen am 15. November 1926.

