

Zur Entstehung alpinotyper Eklogite

Autor(en): **Bearth, Peter**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **45 (1965)**

Heft 1

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-35193>

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.

Zur Entstehung alpinotyper Eklogite

Von *Peter Bearth* (Basel)

Mit 1 Textfigur

Summary

In the western Alps "ophiolitic eclogites" (SMULIKOWSKI 1963) are very common within the albite-epidote-amphibolite facies. These eclogites are associated with glaucophane schists and prasinites; they developed from basic eruptive rocks such as gabbros, dolerites, and diabases.

The formation of omphacite and garnet from gabbros has been described. The smaragdite pseudomorphs after augite frequently occurring in these gabbros consist of omphacite aggregates (with talc and rutile). Omphacite is formed also in saussurite and in pseudomorphs of talc after olivine.

The garnet owes its development chiefly to the reaction of olivine with saussurite. In originally olivine-free gabbros there is no garnet or else it formed during a later phase of metamorphism. It contains relatively little pyrope but is almandine-rich and bears two to three mol per cent of spessartite.

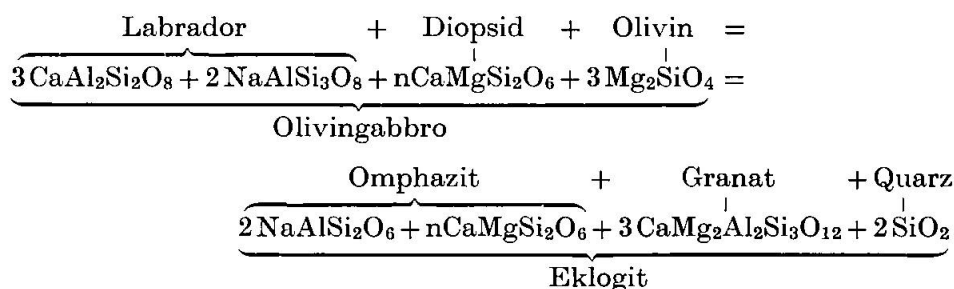
In einem vor kurzem erschienenen Aufsatz hat K. SMULIKOWSKI (1964) eine Aufteilung der in der Literatur als „Eklogite“ bezeichneten Gesteine in drei Gruppen vorgeschlagen. In die erste fallen die Griquaite, die Ariégite, die sogenannten „Hypersthen-Eklogite“ von YODER und TILLEY (1962) und andere ultrabasische Gesteine. Diese Gesteine sind Na-arm, und der charakteristische Pyroxen gehört nicht der Omphazitreihe an. Sie fallen deshalb auch nicht in das Feld der eigentlichen Eklogite und werden besser als Granatpyroxenite bezeichnet. Seine zweite Gruppe nennt SMULIKOWSKI ophiolithische Eklogite. Sie sind mit Glaukophanschiefern und Prasiniten vergesellschaftet (Bretagne, Alpen, Kalifornien, Japan und andernorts). In eine dritte Gruppe stellt SMULIKOWSKI die in Gneis- und Migmatitkomplexen verbreiteten Eklogite der Sudeten, des Fichtelgebirges, der Steiermark und des Ötztals, des Massif Central und von Schottland.

In den Alpen sind alle drei Gruppen SMULIKOWSKIS vertreten, und zwar sowohl als Produkte der alpinen wie auch als Relikte älterer Metamorphosen.

Die sogenannten ophiolithischen Eklogite sind vor allem im inneren Gürtel der penninischen Zone, im Bereich der Albit-Epidot-Amphibolitfazies, sehr verbreitet; sie verdanken ihre Bildung der alpinen Metamorphose basischer Eruptiva (Gabbros, Dolerite, Diabase). Ähnliche schon von NOVARESE beschriebene Paragenesen sind aber auch in der Sesiazone häufig. A. BIANCHI und GB. DAL PIAZ (1963) haben in einer sehr interessanten Arbeit gezeigt, dass die Eklogite und Glaukophangesteine der Sesiazone nicht, wie das oft geglaubt wird, alpin, sondern präpermisch sind. Sie sind, zum Teil wenigstens, aus Sedimenten hervorgegangen, sind also nicht ophiolithogen.

Die Bildung eklogitischer Mineralien in gabbroiden Ophiolithen

Die Bildung eines Eklogites aus einem Gabbro kann durch folgende summarische Gleichung dargestellt werden:



Eine Reaktion, die entsprechend dieser Gleichung verläuft, würde bedeuten, dass der Abbau von Labrador, Diopsid und Olivin parallel und simultan mit der Neubildung von Omphazit und Granat geht. Die eklogitische Paragenese kann aber auch das Endergebnis von Teilreaktionen sein, die mehr oder weniger unabhängig voneinander verlaufen.

Solche Teilprozesse lassen sich tatsächlich an gewissen Gabbros der Ophiolithe der Westalpen beobachten. Das geeignetste Material lieferte uns der Allalingabbro im oberen Saastal, doch können analoge Beobachtungen an anderen Gabbromassen von Piemont und Ligurien gemacht werden, zum Beispiel am Gabbro der Rocciavré bei Giaveno (W Turin), an demjenigen von Bobbia Pellice oder von Crissolo im oberen Po-Tal.

Wie alle genannten ist auch der Allalingabbro sehr inhomogen, schlierig. Sein Mineralbestand schwankt zwischen olivingabbroider, troktolithischer, anorthositischer und pyroxenitischer Zusammensetzung.

zung. Er hat also nur teilweise die von der obigen Gleichung verlangte Zusammensetzung. Zu einem Studienobjekt par excellence wird er aber dadurch, dass undeformierte Relikte der magmatischen Paragenese mit Labrador, einem tonerdearmen, dem Diopsid nahestehenden Augit und einem Fe-armen Olivin zum Teil noch erhalten geblieben sind und dass man die Umbildungen, die die einzelnen Komponenten durch Deformation und Metamorphose erfahren haben, Schritt für Schritt verfolgen kann. Entsprechend der ursprünglichen Inhomogenität und der von Punkt zu Punkt variierenden Intensität der alpinen Metamorphose sind sehr verschiedenartige Paragenesen entstanden. Ein Teil davon enthält auch Omphazit, ein anderer Glaukophan, beides mit oder ohne Granat. Hier sollen nur die Teilprozesse, die zur Bildung von Omphazit und Granat führen, besprochen werden.

Die Bildung von Omphazit

Im Allalingabbro konnten drei voneinander unabhängige Prozesse, deren Ergebnis Omphazit ist, unterschieden werden, nämlich die Verdrängung von Augit durch Omphazit und die Sprossung dieses Minerals in Saussurit einerseits, in den Talkpseudomorphosen nach Olivin andererseits.

Die Omphazitpseudomorphosen nach Augit

Im Allalingabbro und in manchen anderen ophiolithogenen Gabbromassen wird der Augit bei der Metamorphose zunächst durch leuchtend grünen Smaragdit ersetzt, der gewöhnlich als feines Aggregat aktinolithischer Hornblende betrachtet wird. Das ist nun nur teilweise richtig; in der weitaus überwiegenden Zahl der von mir untersuchten Pseudomorphosen besteht der Smaragdit aus einem Aggregat eines sehr feinkörnigen, blassgrünen Pyroxens, dem noch Talk und Rutil beigemischt sind. Erst mit fortschreitender Umkristallisation stellt sich Strahlstein ein; das schöne Grün des Smaragdites geht dabei aber allmählich verloren.

Die in und um den Augit wachsenden sekundären Pyroxenkriställchen sind parallel oder subparallel orientiert, homoaxial zum ursprünglichen Korn. In verschieferten Partien der Gabbros werden die Aggregate aufgelöst und in schlierenartige Züge ausgewalzt, die sich dabei mit anderen Produkten der Metamorphose (Zoisit, Granat) vermischen können.

Aus einem relativ grobkörnigen Smaragdit eines Metagabbros vom

Täschtal (Mellichen) konnte die Pyroxenkomponente isoliert und quantitativ spektroskopisch analysiert werden. Wie die folgende Tabelle zeigt, ergab die Analyse einen typisch omphazitischen Chemismus.

Tabelle 1. *Omphazitkomponente von Smaragdit (PB 1305)*

Analytiker: PD. Dr. H. SCHWANDER

SiO ₂	56,2 Gew.-%	Atomproportionen gerechnet für 0 = 6					
Al ₂ O ₃	10,2 „	(ohne Rücksicht auf H ₂ O und TiO ₂)					
Fe ₂ O ₃	1,5 „	theor. (1)					
FeO	2,3 „	Si	2,03	2,03	2	2,03	
MgO	10,2 „	Al	0,43	1,09	1	0,44	1,02
MnO	0,1 „	Fe ^{3x}	0,04			0,08	
CaO	12,2 „	Fe ^{2x}	0,07			0,08	
Na ₂ O	5,8 „	Mg	0,55	0,89	1	0,42	0,97
K ₂ O	0,2 „	Ca	0,47			0,47	
H ₂ O	0,8 „	Na	0,41			0,49	
TiO ₂	0,2 „	K	0,01			0,01	
	99,7 Gew.-%						

Optische Daten

	PB 1305		PB 1320
n _x	1,670—1,671	n _x	1,673
n _z	1,694	n _y	1,681
Δ	0,023—0,024	n _z	1,695
		Δ	0,022
		2 V _z	74°
		Z/c	42°

Zum Vergleich sind unter (1) die Atomproportionen eines Pyroxens aus einem Omphazitfels vom Findelengletscher (PB 1320) angegeben. (Analytiker: Dr. H. SCHWANDER.)

Aus den beiden Analysen wurde folgende Zusammensetzung errechnet:

PB 1305: Wo 24,6 En 28,6 Fs 3,7 Jd 38,9 Ak 4,1
(Überschuss an SiO₂ 3,4, an Al₂O₃ 1,0)

PB 1320: Wo 23,8 En 21,2 Fs 4,4 Jd 45,5 Ak 5,1
(Überschuss an Al₂O₃ 2,5)

Die Totalanalyse eines Smaragdites aus dem Allalingabbro ergab nach Abzug von Talk 66,4 Mol. % für den Omphazit. Zusammensetzung: 62,5% Diopsid, 31,4% Jadeit und 6,1% Akmit.

Demnach wäre der Smaragdit in erster Linie eine Omphazitpseudo-morphose nach Augit. Seine leuchtend grüne Farbe ist wahrscheinlich durch den Cr-Gehalt bedingt, der beim Smaragdit PB 1305 grösser als 1000 ppm ist.

Der Omphazit entsteht aus dem ursprünglich diopsidischen Augit durch Aufnahme von Na und Al aus der Saussuritsubstanz. (Abbau von Albit oder Reaktion mit Jadeit?)

Pyroxenitische Schlieren des Gabbros werden durch diesen Vorgang in Omphazitite umgewandelt.

Die Umbildung Augit $\rightarrow$ Omphazit ist wohl der wichtigste, aber nicht der einzige Schritt, der von einer gabbroiden zu einer eklogitischen Paragenese führt. Die folgenden Vorgänge fallen quantitativ wahrscheinlich weniger ins Gewicht.

Omphazit und Jadeit als Neubildung im Saussurit

Der Saussurit des Allalingabbros ist in der Regel milchig weiss und dicht, öfters auch apfelgrün — besonders am Kontakt mit den Mafiten —, seltener ist er rötlich und deutlich kristallin (Thulit?). Optisch ist gewöhnlich nur ein mikrokristallines Aggregat von Zoisit erkennbar. In den grünlichen Varietäten aber fallen einzelne Körner oder winzige Aggregate von Pyroxen auf. (In andern Fällen wurde auch eine farblose Hornblende beobachtet.) Die Menge des Pyroxens ist deutlich abhängig von der Distanz vom Augit oder Olivin und ihren Pseudomorphosen; in der Nähe derselben nimmt er zu und kann sogar Hauptbestandteil des Saussurits werden.

Sowohl Dichtebestimmungen wie auch chemische Analysen von Saussurit bestätigen, dass der grüne Saussurit einen wesentlichen Anteil an Pyroxen enthalten muss. In vereinzelt, gröber rekristallisierten Partien von Saussurit konnten Auslöschungsschiefe und $2V_z$ des Pyroxens bestimmt werden; sie stimmen mit denjenigen von Omphazit überein.

Eine Bestätigung dieser Vermutung ergab eine im Mineralogischen Institut Bern von T.J. PETERS durchgeführte röntgenographische Analyse eines grünen Saussurits. Wie weitere, im hiesigen Institut von R. SCHMID, cand. min., durchgeführte Vergleichsaufnahmen mit reinem Omphazit zeigten, kann dieses Mineral neben Zoisit sogar Hauptgemengteil der grünen Saussurite werden. Darüber hinaus aber zeigte die Aufnahme eines milchigweissen Saussurites mit grosser Wahrscheinlichkeit die Gegenwart von *Jadeit* und *Quarz* an, neben Zoisit und vermutlich Relikten von basischem Plagioklas.

Der jadeitführende Saussurit stammt aus einem Olivin-Gabbro, der keine Spur von Durchbewegung und nur geringe randliche Umbildung von Olivin zeigt. In den rekristallisierten Saussuriten haben wir stets nur

Albit — neben Zoisit —, nie aber Jadeit finden können. Es scheint als ob mit fortschreitender Metamorphose wieder eine Rückbildung von Jadeit und Quarz in Albit stattfindet. Die Untersuchungen darüber werden fortgesetzt. Jedenfalls zeigen die bisherigen Ergebnisse, dass ein Austausch von Substanz zwischen Saussurit und Smaragdit stattfindet.

Omphazit als Neubildung in Talkpseudomorphosen nach Olivin

Ebenfalls auf einen Stoffaustausch zwischen Mafit und Saussurit ist die Bildung von Omphazit in den Talkpseudomorphosen nach Olivin zurückzuführen. Im Allalin — und in anderen, ursprünglich olivinführenden Gabbros — sind diese Pseudomorphosen stets von einem Granatsaum umgeben (Fig. 1). Von diesem aus wachsen radial nach innen idiomorphe

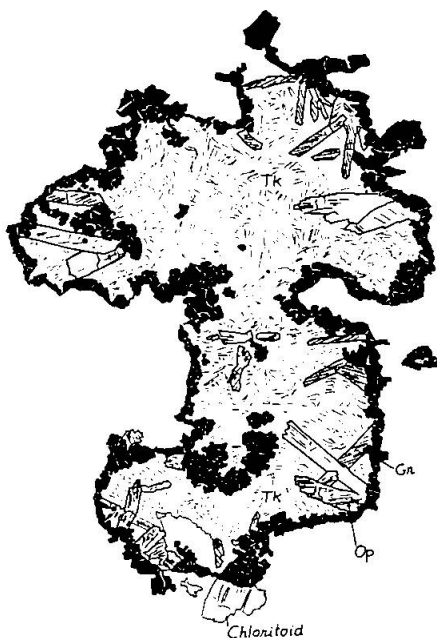
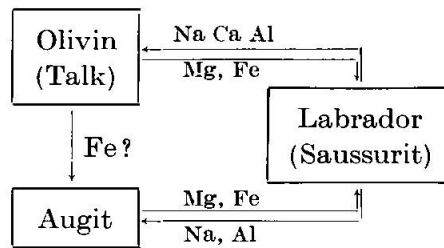


Fig. 1. In Saussurit eingebettete Talkpseudomorphose (Tk) nach Olivin mit Granatrand (Gr) und idiomorphen Stengeln von Omphazit (Op). Vergr. 20/3.

Stengel eines Pyroxens, dessen optische Eigenschaften mit denen des Omphazits unserer Eklogite völlig übereinstimmen (undulöse Auslöschung, starke Dispersion, c/z 40—45°, $2V_z$ 70—80, Δ 0,027).

Es ist klar, dass die Omphazitbildung in dem ursprünglich von Olivin (Talk) eingenommenen Raum nur möglich ist, wenn vom Saussurit Substanz (Na, Ca, Al) einwandern kann.

Wir fassen zum Schluss die Austauschvorgänge, die in den Gabbros zur Omphazitbildung führen, in einem Schema zusammen:



Dem Omphazit dürfen wir genetisch den akmitreichen Chloromelanit gleichsetzen. Chloromelanitreiche Gesteine entstehen nach unsern Beobachtungen vor allem in melagabbroiden und pyroxenitischen Gesteinen. Solche finden sich als Gänge im Allalingabbro, in grösseren Massen und in Gängen im Serpentin, vor allem in den ligurischen Alpen.

Ein wesentlicher Teil der Omphazit- oder Chloromelanitkomponente der Eklogite wird demnach durch Pseudomorphosen nach Augit gebildet. In der Regel sind diese im Zusammenhang mit einer subsequenten Deformation des Gesteines zu feinkörnigen Lagen oder Schlieren ausgewalzt, die häufig noch Relikte grösserer Pseudomorphosen einschliessen. Dies ist *einer* der Gründe für den heterogranularen Charakter der meisten alpinen Eklogite. Ein weiterer Grund ist der Grössenunterschied zwischen dem mikrokristallinen, im Saussurit wachsenden und dem aus dem Augit entstandenen Omphazit.

Die Bildung von Granat

In erster Linie ist die Bildung von Granat bei der Metamorphose gabbroider Gesteine an die Gegenwart von Olivin gebunden. Ursprünglich olivinfreie Gesteine sind entweder granatfrei oder dieser bildet sich erst in einem fortgeschrittenen Stadium der Metamorphose als Reaktionsprodukte von Saussurit und Smaragdit.

Die oben erwähnten, um die Talkpseudomorphosen nach Olivin gebildeten Granatränder (siehe Fig. 1) sind selten dicker als 1—2 mm. Man kann oft einen innern und einen äussern Ring unterscheiden, die durch eine feine, aus Pyroxen bestehende mediane Naht getrennt sind. Vermutlich bildete diese Naht den ursprünglichen Rand des Olivins: bei der Reaktion mit Saussurit wuchs ein Teil des Granates nach innen, der andere nach aussen.

In ähnlicher Weise wie hier können Granatsäume auch am Smaragdit entstehen, sie sind aber seltener und in der Regel nicht zusammenhängend.

In beiden Fällen ist die Granatbildung auf eine Reaktion der Mafite mit Saussurit zurückzuführen.

Bei einer Durchbewegung des Gabbros werden diese Granatkrusten mechanisch aufgelöst. Die einzelnen Teile rekristallisieren dann zu idiomorphen, kleinen Granaten, die sich mit dem ebenfalls feinkörnigen Omphazit vermischen und auf diese Weise Schlieren eklogitischer Zusammensetzung bilden.

In Tab. 2 ist das Ergebnis der quantitativen spektrochemischen Analyse der Granatkruste einer Talkpseudomorphose nach Olivin angegeben. (Es standen nur einige Milligramm zur Verfügung, und das Material war nicht absolut rein.)

Zum Vergleich fügen wir noch die Resultate der Analyse eines Granates aus einem Smaragditgabbro und aus einem Eklogit bei.

Tabelle 2

Analytiker: PD. Dr. H. SCHWANDER				Atomproportionen berechnet			
SiO ₂	42,2	Gew.-%		auf 0 = 24			
Al ₂ O ₃	20,9	„					theoret.
Fe ₂ O ₃	2,0	„		Si	6,44	6,44	6
FeO	17,0	„		Al	3,72		
MnO	0,5	„		Fe ³⁺	0,26	3,98	4
MgO	7,1	„		Fe ²⁺	2,14		
CaO	9,7	„		Mn	0,06		
TiO ₂	0,1	„		Mg	1,60	5,36	6
	99,5	Gew.-%		Ca	1,56		
				(1)	(2)		
Almandin	39,2	Mol.-%		55,0	52,0		
Pyrop	29,2	„		20,0	18,0		
Grossular	22,1	„		16,6	7,4		
Andradit	7,0	„		6,7	20,4		
Spessartin	2,5	„		2,5	2,2		
	100,0			100,8	100,0		

(1) Granat aus einer eklogitischen Schliere des Smaragditgabbros PB 1305, Mellichen (Täschtal).

(2) Granat aus mukowitführendem Eklogit, Mellichen (Täschtal).

Wie man sieht, handelt es sich um andradit- oder grossularreiche Almandine. Der Pyropgehalt liegt an der Untergrenze, die für Eklogitgranate noch als zulässig angesehen wird. Er ist durchwegs niedriger als bei den Eklogiten der 3. Gruppe SMULIKOWSKIS (WEINHEIMER, 1964).

Der relativ hohe Mn-Gehalt scheint ein weiteres typisches Merkmal von Granaten aus Eklogiten der Albit-Epidot-Amphibolitfazies zu sein. Niedriger Pyrop- und hoher Almandingehalt bei 2—3 Mol. % Spessartin sind sowohl für die alpinen wie auch für die kalifornischen Eklogite charakteristisch (BORG, 1956).

Für die alpinen Eklogitkomplexe bildet ein schlieriger Aufbau die Regel. Grössere, homogene Eklogitmassen fehlen. Sofern die Eklogite aus Gabbros entstanden sind, spiegelt sich darin zum Teil die Heterogenität des Ausgangsmaterials. Grössere einheitliche Eklogitkörper sind nur dort zu erwarten, wo das ursprüngliche Material homogen und das Korn schon genügend fein war, um eine vollständige Umsetzung zu ermöglichen, also bei Doleriten, Diabasen, Spiliten und bei basischen und ultrabasischen Gängen. Diese Gesteinsgruppen haben ohne Zweifel einen wesentlichen, wenn nicht den Hauptanteil der mesozoischen Ophiolithe ausgemacht. Im inneren Gürtel der penninischen Zone sollten dementsprechend auch die eklogitischen Gesteine dominieren. Aber in den Alpen haben posteklogitische, diaphtoritische Prozesse, vor allem die Umwandlung der Eklogite in Granat-Gastalditschiefer, in Granatamphibolite und schliesslich in Prasinite, grosse Teile der Eklogite zum Verschwinden gebracht. Nur kleinere, meist linsen- oder schlierenartige Körper, die wir überall als Relikte in diesen diaphtoritischen Paragenesen antreffen, lassen noch erkennen, welche weite Verbreitung die Eklogite als erste Bildungen der alpinen Metamorphose in gewissen Teilen der penninischen Zone ursprünglich hatten.

Der Verfasser dankt Herrn PD. Dr. H. Schwander für die spektrochemischen Analysen, den Herren Drs. O. Grütter und A. Glauser für die optischen Bestimmungen und Herrn R. Schmid für die röntgenographischen Untersuchungen.

Literaturverzeichnis

- BEARTH, P. (1959): Über Eklogite, Glaukophanschiefer und metamorphe Pillow-laven. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 39, 267—286.
— (1962): Versuch einer Gliederung alpinmetamorpher Serien der Westalpen. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 42, 127—137.
— (1963): Chloritoid und Paragonit aus der Ophiolith-Zone von Zermatt-Saas Fee. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 43, 269—286.
BIANCHI, A. e DAL PIAZ, GB. (1963): Gli inclusi di „micascisti eclogitici“ della Zona Sesia nella formazione porfirica permiana della Zona del Canavese fra Biella ed Oropa. Giorn. di Geol., Ann. Mus. geol. Bologna, Ser. 2a, Vol. 31, 39—76.

- BORG, Y. I. (1956): Glaucophane schists and eklogites near Healdsburg, California. *Bull. Geol. Soc. America*, 67, 1563—1584.
- EICHENBERGER, R. (1926): Die geologischen Verhältnisse des oberen Saastales. In: Lütshg, O. Über Niederschlag und Abfluss im Hochgebirge. Schweiz. Wasserwirtschaftsverb.-Schrift 14.
- HAHN-WEINHEIMER, P. and LUECKE, W. (1963): Garnets from the eclogites of the Muenchberger gneiss massif. *Canad. Mineralogist*, 7, 764—795.
- SCHAEFER, R. (1895): Über die metamorphen Gabbrogesteine des Allalingerbietes im Wallis zwischen Zermatt- und Saasthal. *Diss. Heidelberg und Tscherm. mineral. petrogr. Mitt.*, NF, 15, 1896, 91—134.
- SMULIKOWSKI, K. (1960): Comments on eclogite facies in regional metamorphism, *Rep. Internat. Geol. Congr.*, XXI Session Norden, XIII, 372—382.
- (1964): An Attempt at Eclogite Classification. *Bull. Acad. pol. Sc., Sér. Sc. géol. et géogr.*, XII, 27—33.
- YODER, Jr., H. S. and TILLEY, C. E. (1962): Origin of Basalt Magmas: An Experimental Study of Natural and Synthetic Rock Systems. *J. Petrology*, 3, 342—532.

Manuskript eingegangen am 30. Oktober 1964.