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

Band: 62 (1982)

Heft: 3

Artikel: Die Alkaliamphibole der Platta-Decke zwischen Silsersee und Lunghinpass (Graubünden)

Autor: Philipp, Reto

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-47980

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 62, 437–455, 1982

Die Alkaliamphibole der Platta-Decke zwischen Silsersee und Lunghinpass (Graubünden)

von *Reto Philipp**

Abstract

On the slope NW of Lake of Sils (Upper Engadine Valley, Grisons) the alkaline amphiboles Mg-riebeckite, riebeckite and richterite occur at the contact between radiolaritic sediments and serpentinites of the Platta Nappe (uppermost Penninic). These rocks contain up to 7.8% Na_2O. Although the alkaline amphiboles of the eastern occurences (Grevasalvas, Plaun Grand) do not exhibit compositional zoning, the amphiboles at Lunghinpass have actinolithic cores ($Na_{0.1}Ca_{1.9}Mg_{2.6}Fe^{2+}_{2.1}Fe^{3+}_{0.2}Si_{8.0}O_{22}[OH]_2$) rimmed by more Mg-riebeckitic compositions ($Na_{1.8}Ca_{0.2}Mg_{1.2}Fe^{2+}_{2.0}Fe^{3+}_{1.2}Si_{8.0}O_{22}[OH]_2$). The alkaline amphiboles formed syn-to post-kinematically. K-Ar data of the alkaline amphiboles indicate, that the last penetrative phase of deformation in the Upper Engadine occurred before 70 to 90 my.

Zusammenfassung

Am Hang NW des Silsersees (Oberengadin, Graubünden) treten am Kontakt zwischen Sedimenten und Serpentiniten der oberpenninischen Platta-Decke verschiedene Alkaliamphibole (Mg-Riebeckit, Riebeckit, Richterit) in radiolaritähnlichen Sedimenten auf. Diese Gesteine enthalten bis 7,8% Na_2O. Während die Alkaliamphibole der östlichen Vorkommen (Grevasalvas, Plaun Grand) kaum zoniert sind, bestehen die Vorkommen im Lunghingebiet aus Amphibolen mit aktinolithischen Kernen ($Na_{0,1}Ca_{1,9}Mg_{2,6}Fe^{2+}_{2,1}Fe^{3+}_{0,2}Si_{8,0}O_{22}[OH]_2$) und blauen Anwachsrändern aus Mg-Riebeckit ($Na_{1,8}Ca_{0,2}Mg_{1,2}Fe^{2+}_{2,0}Fe^{3+}_{1,2}Si_{8,0}O_{22}[OH]_2$). Die Alkaliamphibole sind syn- bis postkinematische Bildungen. Ihre K-Ar-Alter liegen zwischen 70 und 90 my. Die letzte penetrative Durchbewegung der tektonischen Einheiten im Oberengadin war im wesentlichen zu dieser Zeit abgeschlossen.

1. Einleitung

Nordwestlich des Silsersees (Oberengadin) treten oberpenninische und unterostalpine Decken auf (Fig. 1, Gliederung nach TRÜMPY & HACCARD, 1969; TRÜMPY, 1975): Die Margna-Decke als tiefste Einheit besteht aus mächtigen

* Institut für Kristallographie und Petrographie ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.

Gneis- und Phyllitserien sowie aus markanten Dolomiten und Dolomitbrecien. Posttriadische Sedimente der Margna-Decke (Kalkschiefer, Kieselschiefer) bilden die tektonisch selbständige Blaunca-Schuppe (PHILIPP, 1982). In der Platta-Decke kommen vor allem Ophiolithe und untergeordnet Sedimente (v.a. Kieselschiefer) vor. Darüber folgen die unterostalpinen Serien der Carungas-Decke (Kalkphyllite, Radiolarite, Kalkmarmore), der Err-Decke (Kristallin, permische Vulkanite, Sedimente) und der Julier-Decke.

Die Serpentinitschuppen der oberpenninischen Platta-Decke werden durch etliche dünne Sedimentlagen voneinander getrennt. Am Kontakt im Hangenden der tektonisch höchsten und zugleich mächtigsten Trennzone befindet sich eine dünne, max. 5 m mächtige Lage Alkaliamphibolschiefer (Fig. 1). Die Vorkommen werden von CORNELIUS in seinen Arbeiten von 1912 und 1935 sehr genau beschrieben.

Die besten Aufschlüsse befinden sich bei der Brücke unterhalb Grevasalvas (2090 bis 2290 m). Im Lunghinkessel kommen weitere Alkaliamphibolschiefer zusammen mit Linsen von Kieselschiefern und Kalkglimmerschiefern (Westgrat Piz Lunghin, 2700 m) oder als isolierte Züge (NE Piz dal Sasc, 2680 m) in den Serpentiniten vor. Die Alkaliamphibolschiefer befinden sich ca. 50 bis 250 m unter der Überschiebung des Unterostalpins auf die Platta-Decke.

Ein zusammenhängendes Profil über den ganzen Alkaliamphibolschiefer-führenden Sedimentzug ist nur bei Plaun Grand möglich (Fig. 2). Diese Trennzone besteht hauptsächlich aus gebänderten Kieselschiefern, d.h. stark tektonisierten Radiolariten. Sie sind isoklinal im m- bis 10-m-Bereich verfaltet und zeigen stellenweise Mangan-Anreicherungen als schwarze Bändchen. Randlich kommen neben den Kieselschiefern einige Kalkphyllite, Kalkglimmerschiefer sowie Dolomitlinsen vor. Die Störungszonen gegen die benachbarten Serpentinite sind oft von tektonischen Breccien begleitet: Serpentinit-Breccie, Dolomit-Breccie.

Die Alkaliamphibolschiefer folgen der Störungszone zwischen Kieselschiefern und den lherzolithischen Serpentiniten im Hangenden. Es ist ein kontinuierlicher mineralogischer Übergang zwischen Kieselschiefern und Alkaliamphibolschiefern festzustellen. Menge und Grösse der Amphibolbüschel und -stengel nehmen gegen den Serpentinit hin zu. Das Gestein lässt sich in cm-dicke Platten spalten. Diese sind dunkelgrau bis braungrau gefärbt, abhängig von den jeweiligen Gehalten an Graphit bzw. Stilpnomelan. Auf den Schieferungsflächen bilden die Alkaliamphibole radialstrahlige Büschel und Nadeln von dunkelblauer bis dunkelgrüner Farbe.

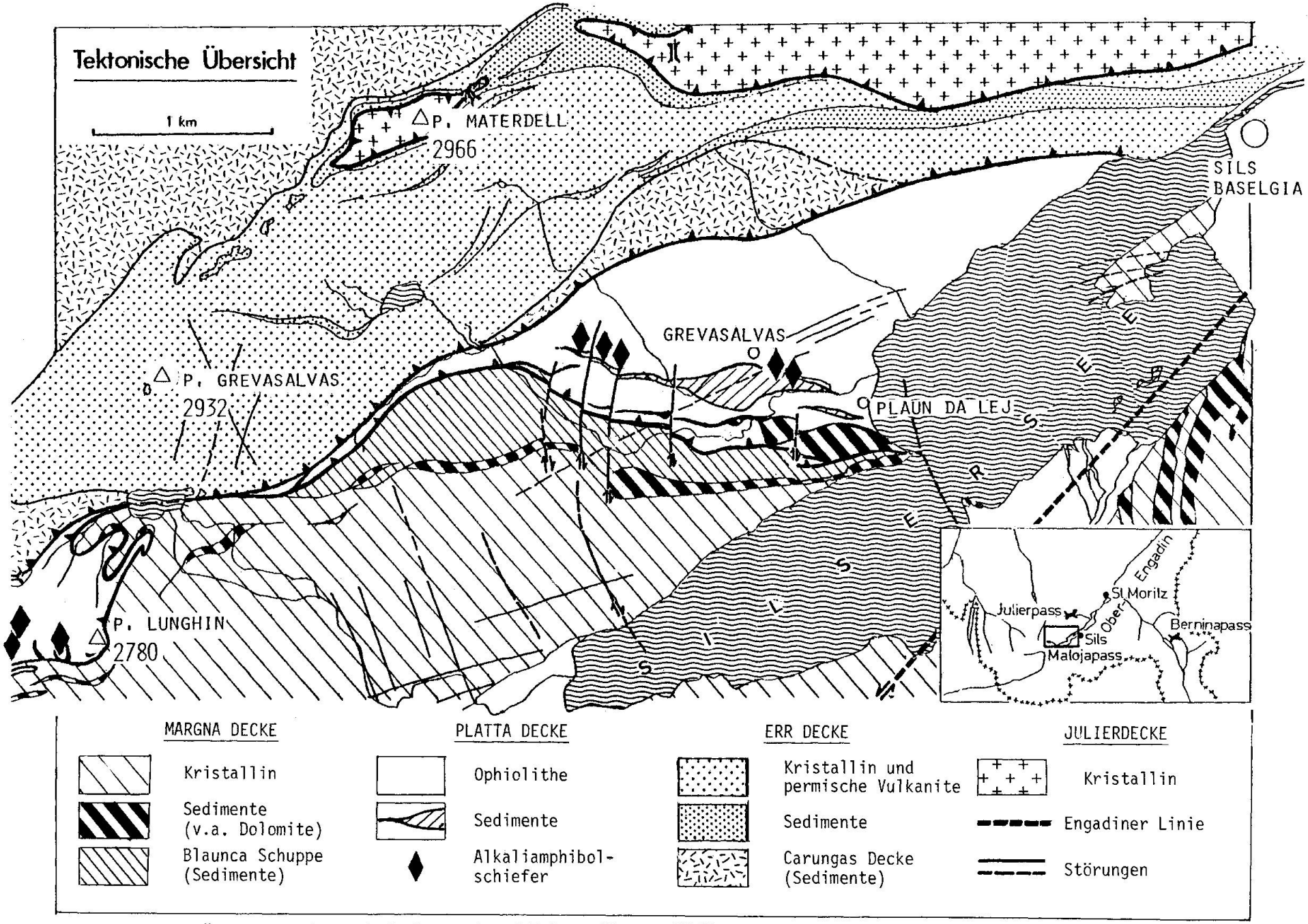


Fig. 1 Tektonische Übersicht. Gliederung des Deckenstapels nach TRÜMPY & HACCARD (1969).

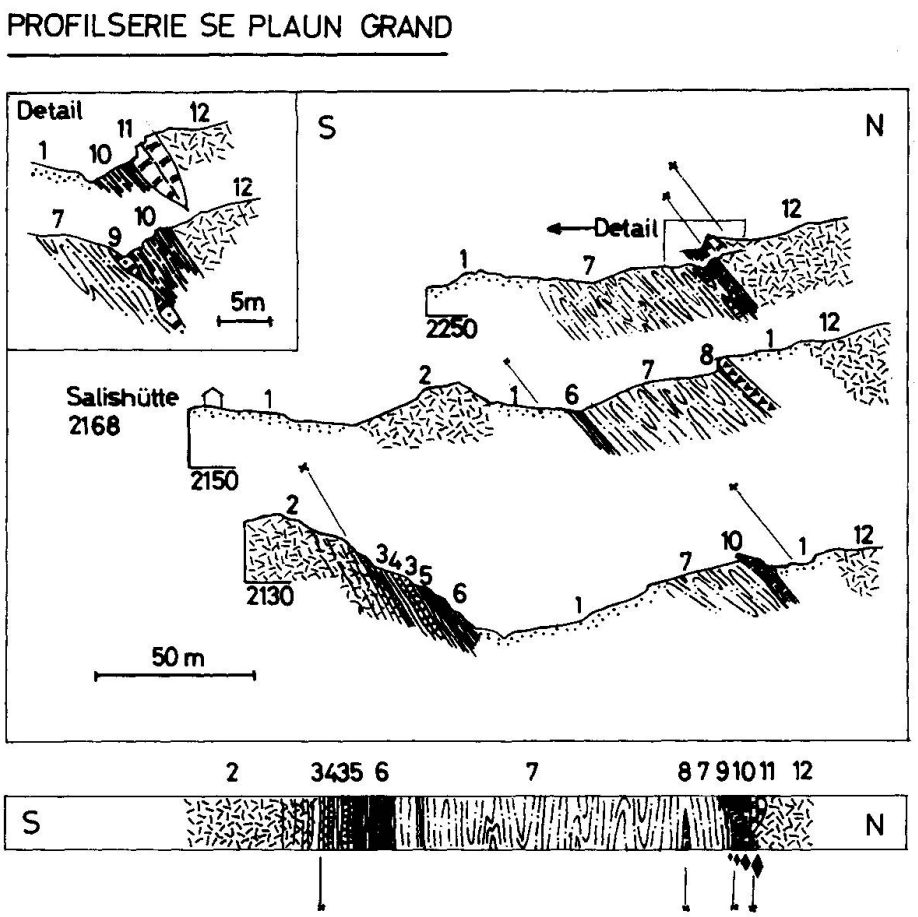


Fig. 2 Profilserie durch den Hang unterhalb Plaun Grand:
1. Moränen- und Schuttbedeckung
2. massiger Serpentinit, vorwiegend pyroxenfrei
3. dunkle Kalkphyllite und kalkige Glimmerschiefer mit stark ausgewalzten Serpentinit-Komponenten
4. glimmerführende Kieselschiefer mit ausgewalzten Serpentinit-Komponenten
5. gelbe, chloritführende Kalkphyllite mit gröberen Serpentinit-Komponenten
6. kalkige, dunkelgraue Quarz-Glimmerschiefer, z. T. mit Quarz-Knauern
7. gebänderte Kieselschiefer (Radiolarite), isoklinal verfaltet, stellenweise mit Mn-Anreicherungen
8. Serpentinit-Breccie, Komponenten bis 5 cm (tektonische Breccie)
9. geschieferte Dolomitbreccie, Matrix: Calcit, Quarz, Plagioklas, büschelig ausgebildeter Aktinolith
10. Alkaliamphibolschiefer: Quarz, Albit, Mg-Riebeckit, Stilpnomelan, Graphit. Grösse der Amphibole gegen 12. zunehmend.
11. heller Dolomit, massig
12. Serpentinit, pyroxenführende und pyroxenfreie Typen

2. Gesamtgesteinschemismus und Mineralbestand

An 5 Haupttypen der Alkaliamphibolschiefer wurde der Gesamtgesteinschemismus durch XRF-Analyse bestimmt:

CORNELIUS (1912, p. 448, 452) gibt 2 Gesamtgesteinsanalysen von Proben von Grevasalvas und vom Piz Lunghin an. Obige Resultate entsprechen diesen Analysen.

Tab. 1 XRF-Analysen von 5 Alkaliamphibolschiefer-Typen.

Probe	0-02/06 Grevasalvas 1920 m	0-03/03 Grevasalvas 1930 m	1-09/10 E Plaun Grand 2135 m	1-13/08 W P.Lunghin 2700 m	1-31/03 E P.dal Sasc 2720 m
Mineralien (* = zoniert)	Quarz Mg-Riebeckit Stilpnomelan Graphit	Quarz Albit Richterit Stilpnomelan Graphit	Albit (Quarz) Mg-Riebeckit Stilpnomelan	Quarz Albit Stilpnomelan Riebeckit *	Albit Quarz Mg-Riebeckit * (Stilpnomelan) Graphit
Gesamtgesteinsanalyse, Gewichts %					
SiO2	71.80	70.09	61.36	74.32	63.62
TiO2	.38	.39	.43	.32	.55
Al2O3	9.96	9.93	11.10	8.57	13.75
Fe2O3	4.08	3.65	4.59	6.06	3.14
FeO	2.25	2.20	4.20	1.70	3.20
MnO	.48	.89	.96	.05	.10
MgO	2.29	2.26	4.94	1.49	2.59
CaO	.35	1.52	2.01	.91	1.82
Na2O	6.80	6.09	7.84	3.87	7.84
K2O	.07	.38	.23	.51	.21
P2O5	.12	.15	.11	.08	.09
H2O+	1.04	1.30	1.31	1.71	1.10
C	.35	.54	.04	.03	1.05
Cr2O3	.01	.02	.12	.01	.01
NiO	.01	.03	.07	.01	.01
Total	99.99	99.80	99.31	99.64	99.08

Der seltsame Chemismus der Alkaliamphibolschiefer lässt sich kaum mit einem anderen Gestein vergleichen. Bemerkenswert ist vor allem der extrem hohe Gehalt an Na_2O (bis 7,8%). Na wird in den Alkaliamphibolen Magnesio-Riebeckit, Riebeckit oder Richterit eingebaut. Na wird weiter in Albit eingebaut, der zusammen mit Quarz die Matrix des Gesteins bildet. In einigen Fällen besteht sogar der Hauptanteil des Gesteins aus Albit. Stilpnomelan bildet in allen Alkaliamphibolschiefern einen mehr oder weniger grossen Volumenanteil (0% bis max. 50%). Am Piz dal Sasc kommt neben den reichlich vorhandenen Alkaliamphibolen auch giftgrüner Ägirin-Augit vor. Die Na_2O-Gehalte der Ägirin-Augite entsprechen mit 6 bis 7% denjenigen der Alkaliamphibole (vgl. Tab. 2). CORNELIUS (1935, p. 112) beschreibt zonierten Ägirin bis Ägirin-Augit als untergeordneten Gemengteil der Alkaliamphibolschiefer zwischen Ova del Mulin und Lavatera.

Die Alkaliamphibolschiefer enthalten bis 1 Gew% MnO. Wie bei den Na-Amphibol-führenden Gesteinen des Avers (OBERHÄNSLI, 1978) liegen die Werte für Fe_2O_3 im allgemeinen höher als diejenigen für FeO. Erwähnenswert ist noch der hohe Gehalt an Kohlenstoff (bis 1 Gew%, Coulomat-Messung). C liegt ausschliesslich als Graphit vor, welcher im Dünnschliff die Schieferung als schwarzes Pigment abbildet. Karbonate kommen in den Alkaliamphibolschiefern nie vor. Fehlt Graphit, so ist die Matrix des Gesteins makroskopisch weiss.

3. Gefüge

Die aus Quarz und Albit bestehende Matrix bildet ein mosaikartiges Gefüge aus rekristallisierten, isometrischen Körnern. In dieser Matrix kommen Alkaliamphibole, Stilpnomelan und Ägirin-Augit vor. Diese neugebildeten Mineralien überwachsen die Schieferung und die oft deutlich ausgeprägten Crenulation in allen Richtungen.

Die optischen Eigenschaften der Alkaliamphibole sind sehr markant. Am auffälligsten ist der extreme Pleochroismus (Magnesio-Riebeckit: X = preussischblau, Y = strohgelb, Z = violettblau) und die sehr starke Dispersion. Anstelle völliger Dunkelstellung treten im weissen Licht Übergänge zwischen braunen, blauen und purpurnen Restfarben auf.

Die Alkaliamphibole bilden garbenförmige Büschel oder isolierte, völlig idiomorphe Einzelkörner. In einigen Fällen ist jedoch noch eine leichte Deformation der Alkaliamphibole festzustellen:

- Rotation einzelner Amphibolbüschel und Einregelung in die Schieferungsebene,
- Verbiegung langer Amphibolnadeln,
- Abbrechen der äussersten «Finger» von quer zur Schieferung gewachsenen Amphibolstengeln.

Ein vollständiges Zerbrechen der Amphibole wurde nicht beobachtet.

Der goldgelbe bis rötlichbraune Stilpnomelan tritt ebenfalls in garbenförmigen Büscheln auf, die die Schieferung überwachsen. CORNELIUS (1935, p. 116) bezeichnet den Stilpnomelan noch als «Chrysobiotit» (griech. chrysos = Gold) und beschreibt sein Gefüge sehr treffend:

> «Sie sind sehr häufig - nicht immer - zu garbenförmigen Büscheln vereinigt oder allseitig-strahlig um eine Achse gruppiert oder zu Gebilden von sonnenförmigem Querschnitt.»

Im Gegensatz zu den Alkaliamphibolen, die stellenweise noch von den letzten Phasen der Deformation berührt wurden, entstand Stilpnomelan überall postkinematisch.

Die Ägirin-Augite des Piz dal Sasc treten nur in einigen Lagen des Gesteins als Leisten oder gedrungene Stengel auf und überwachsen die Magnesio-Riebeckite.

Für diese syn- bis postkinematische Mineralgeneration lässt sich folgende Abfolge aufstellen:

1. Albit
2. Alkaliamphibole — Deformation
3. Ägirin-Augit
4. Stilpnomelan

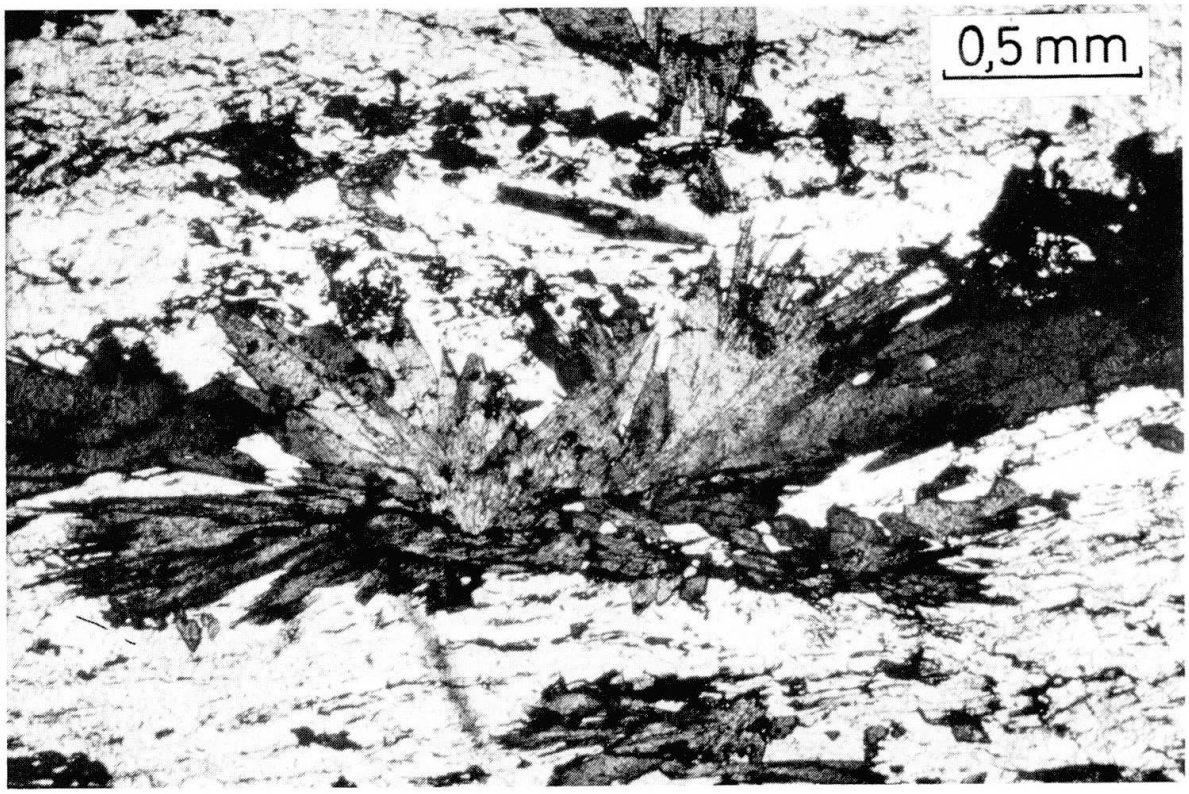


Fig. 3 Völlig undeformierte, büschelig angeordnete Magnesio-Riebeckit-Nadeln; Grevasalvas, 1920 m.

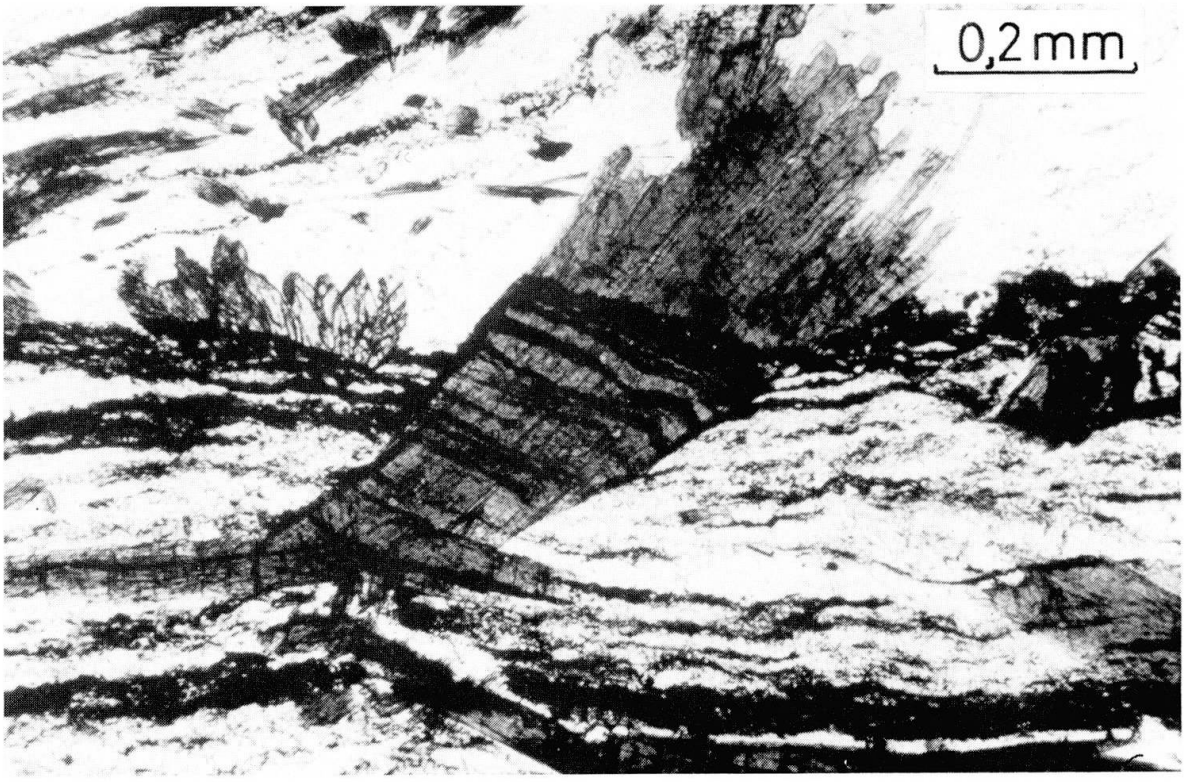


Fig. 4 Leicht rotiertes Mg-Riebeckit-Büschel; Plaun Grand, 2135 m.

4. Mineralchemie

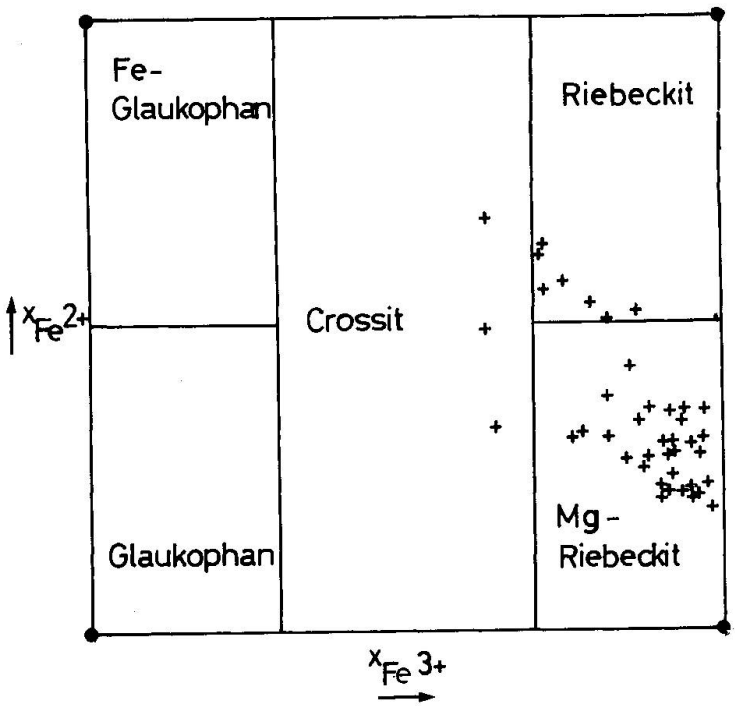
Tab. 2 Mikrosondenanalysen verschiedener Alkaliamphibole. * = H_2O fixiert auf 2,00; ZAF-Korrektur durch Programm EMMA (GUBSER et al., 1975); Normierung durch Programm AMPH3 (nach LAIRD, 1980): Kationen-Ca-Na-K = 13.

	1 0-03/03 Richterit Grevasalvas 1930 m	2 1-13/08 Riebeckit Piz Lunghin 2700 m	3 0-02/06 Mg-Riebeckit Grevasalvas 1920 m	4 1-09/10 Mg-Riebeckit Plaun Grand 2135 m	5 1-31/04 (Rand) Mg-Riebeckit Piz dal Sasc 2680 m	6 1-31/04 (Kern) Aktinolith
SiO2	52.58	49.50	53.89	54.63	53.65	53.52
TiO2	.28	.05	.29	.07	.00	.00
Al2O3	.30	4.11	.50	1.32	2.75	.81
Cr2O3	.04	.08	.00	.19	.09	.07
FeO tot	16.17	23.33	20.74	19.94	25.96	19.25
MnO	.98	.37	1.20	1.72	.37	.29
MgO	12.91	7.95	9.64	9.82	5.50	11.72
CaO	5.85	7.41	.57	1.02	1.38	11.75
Na2O	4.75	3.53	7.79	6.60	6.31	.53
K2O	1.52	.26	.45	.31	.07	.05
H2O (*)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Total	98.22	98.59	97.16	97.62	98.09	100.00
Normierung:						
Si	7.925	7.471	8.018	7.964	7.999	7.875
Ti	.031	.005	.033	.008	.000	.000
Al [IV]	.052	.529	.000	.036	.001	.125
Al [VI]	.000	.202	.087	.190	.482	.015
Cr	.004	.010	.000	.022	.011	.009
Fe (3+)	.513	.826	1.302	1.566	1.227	.235
Fe (2+)	1.494	2.120	1.275	.866	2.011	2.135
Mn	.123	.047	.150	.213	.046	.036
Mg	2.856	1.790	2.134	2.135	1.223	2.571
Ca	.931	1.198	.091	.159	.221	1.853
Na [M4]	1.069	.802	1.909	1.841	1.779	.147
Na [A]	.298	.232	.334	.026	.046	.005
K	.288	.050	.084	.057	.014	.010

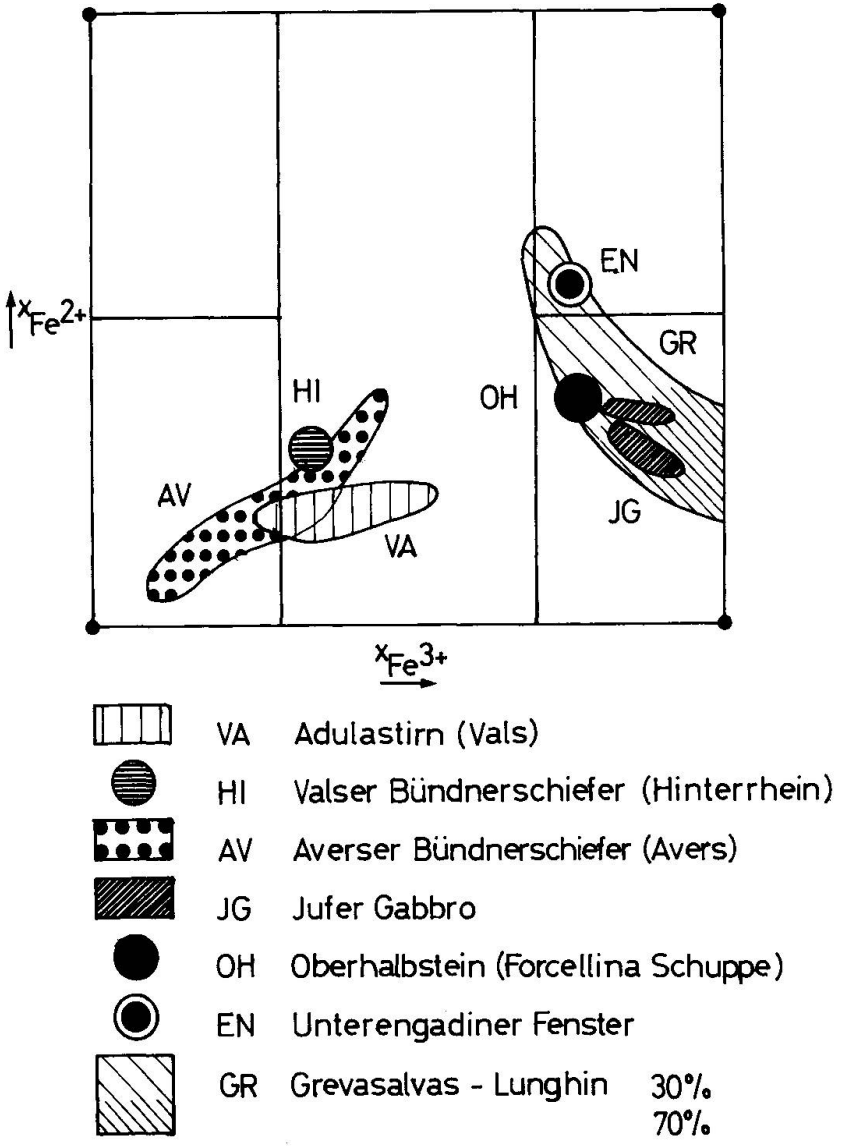
Mit den Werten aus Tab. 2 übereinstimmende Analysen von Alkaliamphibolen aus Grevasalvas finden sich in CORNELIUS (1912, p. 447) und WENK et al. (1974). CORNELIUS (1912) stellt fest, dass das Riebeckit-Molekül gegenüber dem Glaukophan-Molekül bedeutend überwiegt.

Dem Chemismus der Analyse 1 kommt Richterit am nächsten (A-Platz zu über 50% mit Na und K besetzt, M 4-Platz mit Na und Ca besetzt). Auch Diffraktometer-Untersuchungen weisen auf Richterit. In DEER, HOWIE, ZUSSMANN (1978) wird eine spezielle Varietät von Richterit mit grünblauen Eigenfarben beschrieben (X = gelbgrün, Y = blauviolett, Z = blaugrün).

Die am Silsersee auftretenden Alkaliamphibole bilden Mischkristalle zwischen den folgenden Endgliedern:



Klassifikation der Alkaliamphibole am Silsersee und im übrigen Graubünden (nach Miyashiro 1957)



ergänzt nach Oberhänsli (1977)

Fig. 5 Fe-Variations-Diagramm zur Klassifizierung von Alkaliamphibolen (nach MIYASHIRO, 1957).

Gitterplatz	A	M4	O	T
Magnesio-Riebeckit:	[]	Na_2	$Mg_3Fe^{3+}_2$	$Si_8O_{22}(OH)_2$
Riebeckit:	[]	Na_2	$Fe^{2+}_3Fe^{3+}_2$	$Si_8O_{22}(OH)_2$
Richterit:	Na	NaCa	$(Mg,Fe^{2+})_5$	$Si_8O_{22}(OH)_2$

Der chemische Übergang zwischen diesen Endgliedern, vor allem die Besetzung des A-Platzes, ist stufenlos (Fig. 6). Die Bildung unterschiedlicher Alkaliamphibole ist weitgehend vom Chemismus des Wirtgesteins abhängig (Fig. 7; BOCQUET, 1974; OBERHÄNSLI, 1977).

4.1. ZONIERUNG

Mikroskop- und Mikrosonden-Untersuchungen zeigen, dass eine uneingeschränkte Mischbarkeit und alle Übergänge zwischen Aktinolith und Magnesio-Riebeckit bestehen (Fig. 6). Dies äussert sich in einer stufenlosen Zonie-

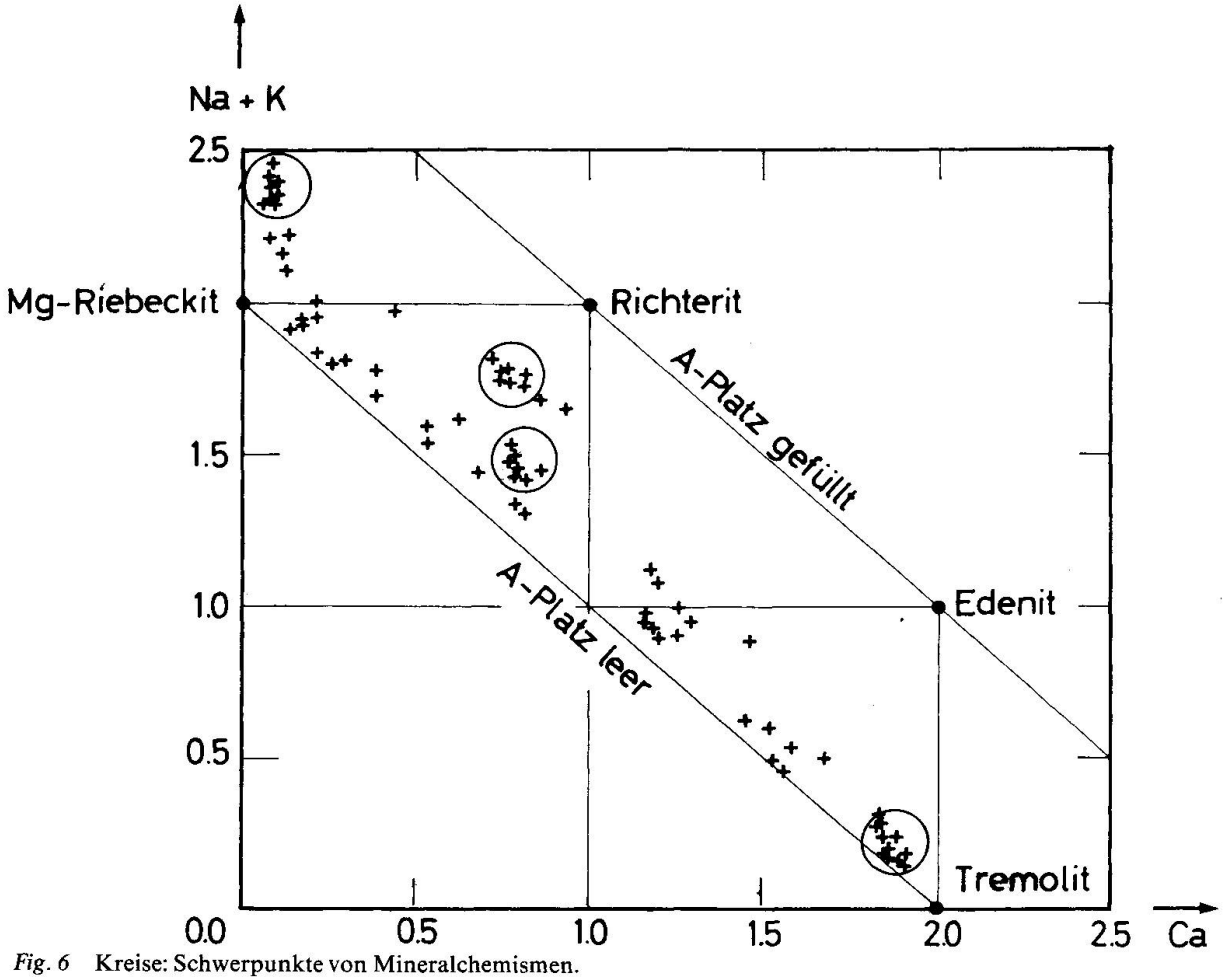


Fig. 6 Kreise: Schwerpunkte von Mineralchemismen.

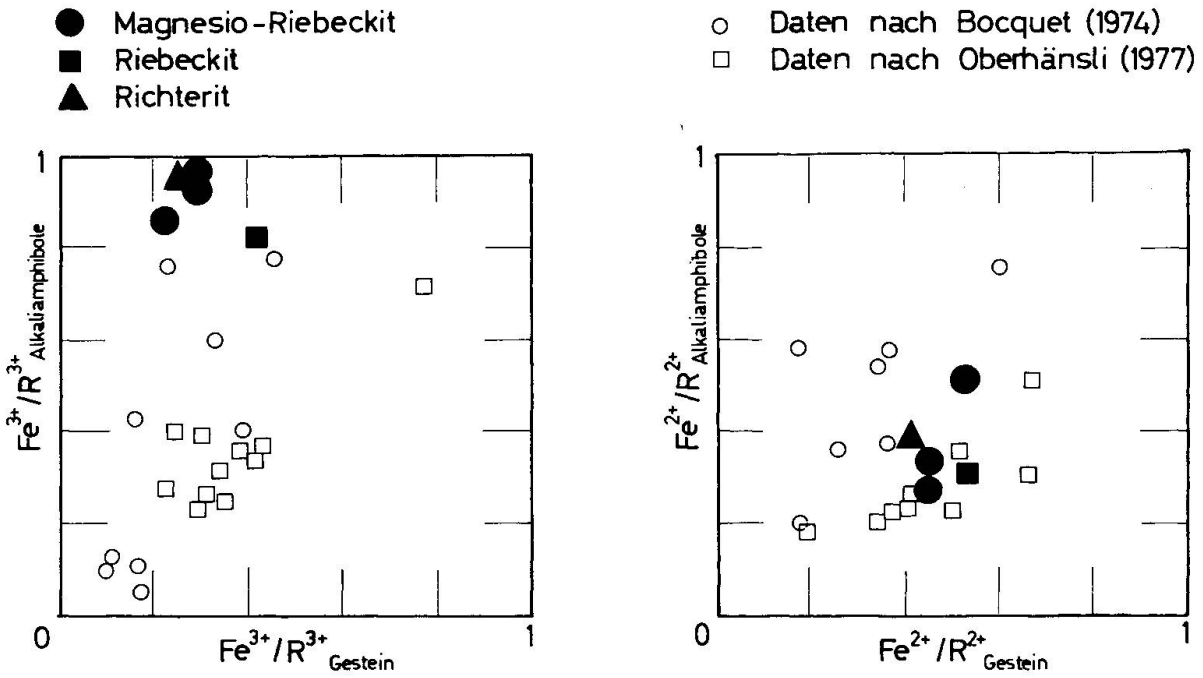


Fig. 7 Abhängigkeit der Amphibolchemismen vom Gesamtgesteinschemismus (ergänzt nach BOCQUET, 1974; OBERHÄNSLI, 1977).

rung, welche im Gebiet von Grevasalvas und Plaun Grand noch sehr schwach ist, gegen W jedoch sehr deutlich wird. Am Piz Lunghin und Piz dal Sasc werden helle aktinolithische Kerne von dunkelblauen Rändern aus Magnesio-Riebeckit umschlossen (CORNELIUS, 1912, p. 450). Vom Kern zum Rand ist eine deutliche Zunahme von Na_2O (0 bis 6%) auf dem M4-Platz und von FeO_{tot} (14 bis 23%) auf dem Oktaeder-Platz festzustellen. Die Normierung der Amphibol-Analysen (Programm AMPH3, LAIRD, 1980) zeigt, dass diese Zunahme hauptsächlich auf das Fe^{3+} zurückzuführen ist; Fe^{2+} bleibt konstant. Eine Abnahme dagegen ist auf dem M4-Platz bei CaO (10 bis 2%) und auf dem Oktaeder-Platz bei MgO (15 bis 8%) festzustellen. Daraus lässt sich nun folgender Austausch formulieren:

	Kern: Aktinolith	Rand: Mg-Riebeckit
M4-Platz	Ca^{2+}	Na^{+}
Oktaeder-Platz	Mg^{2+}	Fe^{2+}

	M4-Platz	Oktaeder-Platz
Kern:	$Na_{0,1}Ca_{1,9}$	$Mg_{2,6}Fe^{2+}_{2,1}Fe^{3+}_{0,2}Si_8O_{22}(OH)_2$
Rand:	$Na_{1,8}Ca_{0,2}$	$Mg_{1,2}Fe^{2+}_{2,0}Fe^{3+}_{1,2}Si_8O_{22}(OH)_2$

CORNELIUS (1912) beschreibt bei den Alkaliamphibolen des Piz dal Sasc eine Durchdringung der lichtgrünen aktinolithischen Kerne durch Magnesio-Riebeckit der blauen Randzone und deutet dies als während der Kristallisation wieder verheilte Rupturen. Auch aufgrund der gemessenen höheren Alterswerte zonierter Alkaliamphibole ist anzunehmen, dass die aktinolithischen Kerne älter sind als die Anwachsränder.

Die hellblauen Riebeckite des Piz Lunghin hingegen werden von einem farblosen Reaktionsrand aus Aktinolith umschlossen. Dies kann auf erhöhte Temperaturen während später Metamorphosephasen zurückgeführt werden. Ähnliche Zonierungen beschreibt OBERHÄNSLI (1977) bei Glaukophanen und Crossiten des Avers.

4.2. AUSTAUSCHVEKTOREN

Für die normalisierten Mineralchemismen können verschiedene Austauschvektoren aufgestellt werden. In Analogie zu LEAKE (1978) lässt sich auch aus diesen Austauschvektoren ein Würfel zusammensetzen:

- Edenit-Vektor: $Na_A Al_T[\,]^{-1} Si^{-1}$
- Glaukophan-Vektor: $Na_{M4} Al_O Ca^{-1} Mg^{-1}$
- Fe-Mg-Austausch: $Fe^{2+} Mg^{-1}$

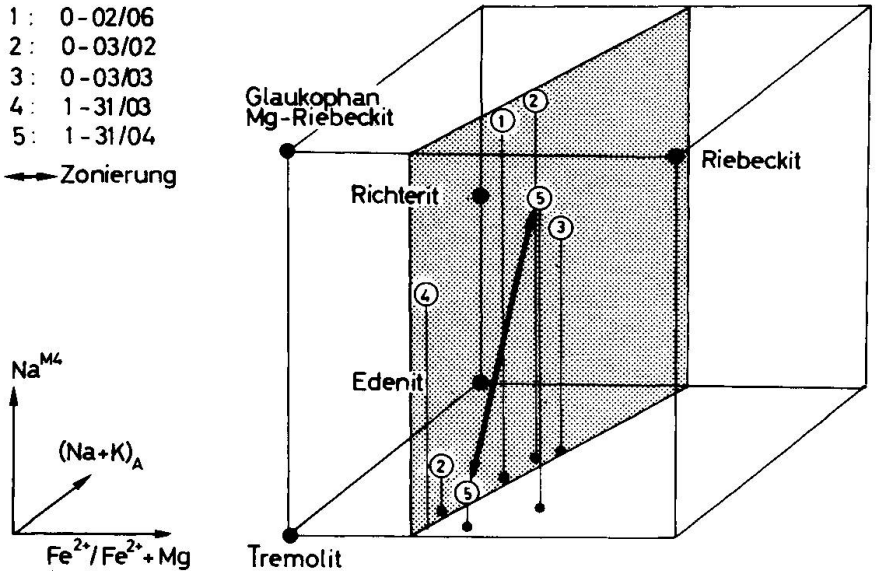


Fig. 8 Würfel aus Edenit-Vektor, Glaukophan-Vektor und X^{2+}_{Fe}. Zur Verdeutlichung der räumlichen Lage ist in der Basisebene der Fusspunkt der jeweiligen Mineralchemismen eingetragen.

Im Gegensatz zu der druckabhängigen M4-Platz-Besetzung (Glaukophan-Substitution) ist das Auffüllen des vakanten A-Platzes vielmehr eine Funktion der zunehmenden Temperatur (LAIRD & ALBEE, 1981).

Die in diesem Würfel eingetragenen Schwerpunkte von Mineralchemismen liegen alle in einer senkrecht stehenden Ebene. Die eben besprochene Zonierung (Aktinolith–Mg-Riebeckit) und die Besetzung des A-Platzes (Mg-Riebekkit–Richterit) fallen in diese Ebene.

5. Bildungsbedingungen

Die Entstehung der Alkaliamphibole ist recht schwierig zu deuten. CORNELIUS (1912, 1935) stellt die «Alkalihornblendeschiefer» zum «Altkristallin der Platta-Decke». Er deutet sie als metamorph umgewandelte Kontaktgesteine zwischen Ophiolithen und Phylliten. Er weist auf Grund seiner Analysen ausdrücklich darauf hin, dass Alkalien in grosser Menge metasomatisch zugeführt worden sein müssen.

Der SiO_2-reiche Gesamtgesteinschemismus, die MnO-Gehalte von bis 1 Gew% (Tab. 1) und der kontinuierliche mineralogische Übergang zwischen Kieselschiefern und Alkaliamphibolschiefern (Fig. 2) scheinen für eine Entstehung der Alkaliamphibolschiefer aus kieseligen Sedimenten zu sprechen. Die in den Kieselschiefern häufigen Lagen mit Chlorit und Hellglimmern fehlen jedoch in den Alkaliamphibolschiefern. Die Störungszone gegen die Serpentinite begünstigt die metasomatische Zufuhr von alkalireichen Lösungen. Dies erklärt auch die Zunahme von Menge und Grösse der Amphibole gegen den Kontakt hin.

Na stammt möglicherweise aus umgewandelten Pillow-Laven. Die chloritisierten Randpartien metamorpher Pillows enthalten tiefere SiO_2-, K_2O- und Na_2O-Gehalte als die Zentren. Lösungsumsetzung an glasigen Pillow-Rändern und «Spilitisierung» bewirken einen Austausch von SiO_2 und Alkalien (CANN, 1969; OBERHÄNSLI & DIETRICH, 1975). Dieser kann sowohl im ozeanischen Stadium als auch während der alpinen Metamorphose stattgefunden haben.

Die Alkaliamphibolschiefer können auch aus primär Na-reichen Sedimenten entstanden sein. In Frage kommen aufgearbeitete Hyaloklastite oder ein Plagiogranit-Detritus.

Das Fehlen von druck- und temperaturkritischen Mineralparagenesen erschwert das Abschätzen der Metamorphosebedingungen. Gepufferte Gleichgewichtsparagenesen mit Amphibol + Chlorit + Plagioklas + Epidot + Quarz treten erst weiter nördlich auf, z. B. in der Forcellina-Schuppe (DIETRICH, 1969, DIETRICH et al., 1974). Im Meta-Gabbro von Grevasalvas kommt noch wenig Pumpellyit vor (PHILIPP, 1982). Weitere Pumpellyit-Paragenesen beschreibt DIETRICH (1969) nördlich einer Linie Juf–Julierpass.

Vergleicht man die Mineralchemismen von Alkaliamphibolen aus ganz Graubünden (Fig. 5), so ist eine deutliche Gliederung in zwei Gruppen festzustellen (nach OBERHÄNSLI, 1977):

- Westliche Vorkommen (Avers, Vals, Hinterrhein):
  Glaukophan und glaukophanartige Crossite.
- Östliche Vorkommen (Oberhalbstein, Oberengadin, Unterengadiner Fenster):
  Magnesio-Riebeckit und Riebeckit.

Bei hohen Drucken und niedrigen Temperaturen sowie geeignetem Gesteinschemismus kann Glaukophan auftreten (ERNST, 1960, 1968): westliche Vorkommen. Bei abnehmenden Drücken und steigenden Temperaturen wird jedoch Magnesio-Riebeckit stabiler (MIYASHIRO, 1957): östliche Vorkommen. OBERHÄNSLI (1977, 1978) postuliert ein p-T-Kurvenmuster, welches sich mit den Beobachtungen von ERNST und MIYASHIRO deckt. Aus der Tatsache, dass gegen E Magnesio-Riebeckit häufiger auftritt, kann ein gegen E abnehmender Einfluss des Drucks für die frühalpine Metamorphose abgeleitet werden. Die Drücke waren kaum höher als während der nachfolgenden Lepontinischen Phase. Für die Bildung von Alkaliamphibolen genügten bei geeignetem Gesteinschemismus die Bedingungen der oberen Grünschieferfazies (OBERHÄNSLI, 1977).

Die Temperaturen waren während späterer Metamorphosephasen höher, was lokal zur Bildung von aktinolithischen Reaktionsrändern um Alkaliamphibole führte, z. B. bei den Riebeckiten des Piz Lunghin.

6. K-Ar-Altersbestimmungen

6.1. RESULTATE

Die syn- bis postkinematisch gewachsenen Alkaliamphibole ermöglichen eine Datierung der letzten penetrativen Deformationsphase im Oberengadin. Dr. A. Deutsch (ETH-Zürich) hat an 6 Proben aus dem Gebiet zwischen Grevasalvas und dem Lunghinpass K-Ar-Altersmessungen vorgenommen:

Tab. 3 K-Ar-Alter der Alkaliamphibole, Konstanten nach STEIGER & JÄGER (1977).

Probe	Lokalität Koordinaten	Mineral	K-Ar-Alter (my)
0-03/03	Grevasalvas 775.27/143.82/1930	Richterit (mit Einschlüssen von Stilpnomelan)	62,3 ± 0,5
1-09/10	Plaun Grand 774.44/143.92/2135	Mg-Riebeckit	66,5 ± 1,1 70,8 ± 1,1
0-02/06	Grevasalvas 775.33/143.73/1920	Mg-Riebeckit	84,2 ± 1,3 80,5 ± 1,3
1-13/08	Piz Lunghin 771.37/142.32/2700	Riebeckit (Rand: Aktinolith)	90,2 ± 1,9
1-31/03	Piz dal Sasc 770.89/142.29/2720	Mg-Riebeckit (Kern: Aktinolith)	108,3 ± 1,9 111,7 ± 2,0

Die Methodik, detaillierte Messresultate und eine weiterreichende geologische Interpretation dieser Alter sind in DEUTSCH (1983) publiziert. Die erhaltenen K-Ar-Modellalter sind in Fig. 9 dargestellt. Dazu noch einige Ergänzungen:

Das Alter von 110 my vom Piz dal Sasc stammt von stark zonierten Magnesio-Riebeckiten. Wie bereits erwähnt, sind die hellen, aktinolithischen Kerne wahrscheinlich älter als die Alkaliamphibol-Anwachsränder. Das Alter von 110 my kann als Mischalter dieser beiden Phasen betrachtet werden.

Der Richterit von Grevasalvas ergab ein scheinbares Alter von 62 my. Bei dieser Probe lassen sich unter dem Mikroskop feinste Stilpnomelan-Nadeln in Spaltrissen der Amphibolkörner erkennen. Es wurde also ein Gemisch aus Richterit und Stilpnomelan analysiert. Um eine mögliche Herabsetzung des Modellalters des Richterits durch Stilpnomelan zu überprüfen, wurde versucht, Stilpnomelan als weiteres postkinematisches Mineral mit der K-Ar-Methode zu datieren. Erstaunlicherweise hat die K-Ar-Analyse unrealistisch tiefe, jedoch reproduzierbare Alter um 4 my ergeben. Schon geringste Stilpnomelan-Anteile können also eine deutliche Erniedrigung des effektiven Amphibol-Alters bewirken (DEUTSCH, 1983).

An den unterschiedlichen Siebfraktionen des Magnesio-Riebeckits von Grevasalvas wurden Modellalter von 84 my (125 bis 220 μm) und 80 my (315 bis 425 μm) gemessen worden. Diese Werte stimmen innerhalb des Fehlers überein. Nach der Bildung der Alkaliamphibole hat also kein Gasverlust stattgefunden, da sonst die kleinere Fraktion jünger wäre.

Die grosse Streuung der Altersdaten könnte auf die Mehrphasigkeit des Mineralwachstums und/oder auf eine langsame Abkühlung nach der Metamorphose zurückzuführen sein.

6.2. VERGLEICH

In den Westalpen ist ein frühes Hochdruck-Metamorphoseereignis mit zahlreichen K-Ar-Altern an Alkaliamphibolen zwischen 80 und 100 my und an Hellglimmern zwischen 60 bis 90 my gut belegt (BOCQUET et al., 1974; HUNZIKER, 1974).

In den Ostalpen sind oberkretazische Alter ebenfalls weit verbreitet. Aus dem Ötztal- und Silvrettakristallin und westlich des Tauernfensters (Schneebergerzug) sind K-Ar-Alter zwischen 65 und 90 my bekannt (THÖNI, 1981; SATIR, 1976).

Zwischen dem Gebiet Unterengadin–Ofenpass und dem Oberengadin fehlen kretazische Alterswerte. Oberkretazische Alter sind erst wieder an Proben aus den oberpenninischen Decken nordöstlich des Bergells gemessen worden:

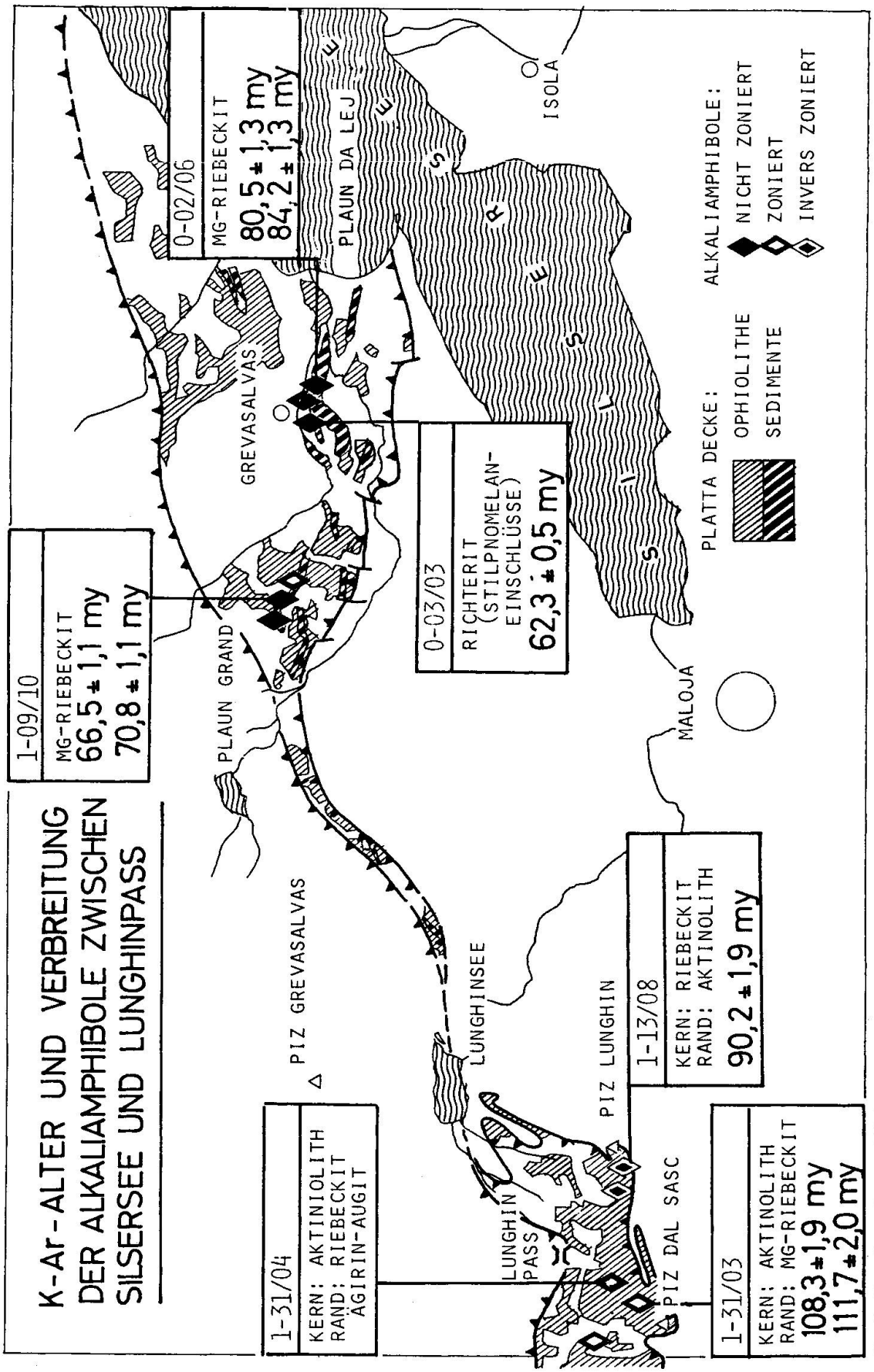


Fig. 9 Verteilung der Modellalter der Alkaliamphibole.

Phengite und Biotite zwischen 60 und 80 my, Alkaliamphibole und Stilpnomelan zwischen 58 und 63 my (JÄGER, 1973; FREY et al., 1974). Die Amphibolalter von Grevasalvas–Lunghin passen gut in dieses Muster.

7. Interpretation

Als syn- bis postkinematische Bildungen datieren die Alkaliamphibole mit 90 bis 70 my (Turon–Campan) das Ende der letzten penetrativen Druchbewegung der tektonischen Einheiten im Oberengadin. Darunter ist die von Isoklinalfaltung, Schieferung und Crenulation begleitete Platznahme der unterostalpinen auf den oberpenninischen Decken zu verstehen. Für Tektonik und Metamorphose an der Grenze Oberpenninikum–Unterostalpin kann also ein oberkretazisches Alter angenommen werden.

In der Oberkreide beginnende alpine Tektonik im ostalpinen Raum wird schon früh beschrieben (WILCKENS, 1911; SPITZ & DYHRENFURTH, 1915 usw.). Sie wird durch viele paläontologische und stratigraphische Untersuchungen bestätigt (OBERHAUSER, 1964; DIETRICH, 1969, 1970; CARON et al., 1982): Die jüngsten Sedimente der Platta-Decke und der Aroser Zone stammen aus der Oberkreide. In der Val Bercla hat DIETRICH (1969) eine Mikrofauna aus Hedbergellen des Albian–Aptian (100–110 my) nachgewiesen, welche von detritischem Cenoman überlagert wird und durch eine nachfolgende Bewegungsphase noch deformiert wird. Chromspinelle in cenomanen Flysch-Sandsteinen weisen auf frühe Bewegungen (Alb – Cenoman) im Grenzbereich Penninikum–Ostalpin (DIETRICH, 1970).

Der Arblatschflysch bildet am Piz Arblatsch (nördliches Oberhalbstein) eine grosse liegende Falte und hat im Kern Einheiten der Platta-Decke mit verschuppt (ZIEGLER, 1956). Fossil ist der Arblatschflysch bis oberste Kreide sicher belegt. Auch die jüngsten Sedimente des Unterostalpins reiche nur bis ins Cenoman (RÖSLI, 1946; TRÜMPY, 1980). Trümpy nimmt in CARON et al. (1982) ein kretazisches Alter für den gesamten Innenbau der westlichen ostalpinen Decken an.

Die eozäne Überschiebung des mit der Platta-Decke bereits verbundenen ostalpinen Deckenstapels auf das mittlere Penninikum (TRÜMPY, 1975) hat en bloc stattgefunden. Die Deformationen sind beschränkt auf diskrete Bewegungshorizonte. Das Maximalalter dieser Überschiebung wird u.a. durch eine neulich beschriebene mittelpaläozäne bis untereozäne Foraminiferenfauna im NW des Unterengadiner Fensters belegt (RUDOLPH, 1982). Auch in den Schieferserien des Prättigauer und Oberhalbsteiner Flyschs ist Untereozän nachgewiesen (THUM & NABHOLZ, 1972, BERTLE, 1973).

Verdankung

Ich möchte Dr. A. Deutsch für die aufwendigen Altersmessungen danken.

Literaturverzeichnis

BERTLE H. (1973): Zur Geologie des Fensters von Gargellen (Vorarlberg) und seines kristallinen Rahmens - Österreich. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. 22, 1-60.

BOCQUET, J. (1974): Blue Amphiboles of the Western Alps, Chemistry and Physical Characters. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 54, 425-448.

BOCQUET, J., DELALOYE, M., HUNZIKER, J. C. & KRUMMENACHER, D. (1974): K-Ar and Rb-Sr Dating of Blue Amphiboles, Micas and Associated Minerals from the Western Alps. Contrib. Mineral. Petrol. 47, 7-26.

CANN, J. R. (1969): Spilites from the Carlsberg Ridge, Indian Ocean. J. Petrol. 10/1, 1-19.

CARON, M., DÖSSEGGER, R., STEIGER, R. & TRÜMPY, R. (1982): Das Alter der jüngsten Sedimente der Ortler-Decke (Oberostalpin) in der Val Trupchun (Schweizerischer Nationalpark, Graubünden). Eclogae geol. Helv. 75/1, 159-169.

CORNELIUS, H. P. (1912): Petrographische Untersuchungen in den Bergen zwischen Septimer- und Julierpass. N. Jb. Min. Geol. Pal., Beilageband 35, 374-498.

CORNELIUS, H. P. (1935): Geologie der Err-Julier-Gruppe, Band I: Das Baumaterial. Beitr. geol. Karte Schweiz, 70 I.

DEER, W. A., HOWIE, R. A. & ZUSSMAN, J. (1978): Rock Forming Minerals. Vol. 2: Chain Silicates, Longman, London.

DEUTSCH, A. (1983): Datierungen an Alkaliamphibolen und Stilpnomelan aus der südlichen Platta-Decke (Graubünden). Eclogae geol. Helv., i. D.

DIETRICH, V. (1969): Die Ophiolithe des Oberhalbsteins (Graubünden) und das Ophiolithmaterial der ostschweizerischen Molasseablagerungen. Ein petrographischer Vergleich, Diss. Europ. Hochschulschr., 17/1 Lang & Co., Bern.

DIETRICH, V. (1970): Die Stratigraphie der Platta-Decke. Fazielle Zusammenhänge zwischen Oberpenninikum und Unterostalpin. Eclogae geol. Helv. 63/2, 631-671

DIETRICH, V., VUAGNAT, M. & BERTRAND, J. (1974): Alpine Metamorphism of Mafic Rocks. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 54/2-3, 291-332.

ERNST, W. G. (1960): Stability Relations of Mg-Riebeckite. Geochim. Cosmochim. Acta 19, 10-40.

ERNST, W. G. (1968): Amphiboles. Springer, New York.

FREY, M., HUNZIKER, J. C., FRANK, W., BOCQUET, J., DAL PIAZ, G. V. & NIGGLI, E. (1974): Alpine Metamorphism of the Alps. A Review. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 54/2-3, 247-290.

GUBSER, R. et al. (1975): Programm EMMA. Computerbibliothek Petrographie ETHZ.

HUNZIKER, J. C. (1974): Rb-Sr and K-Ar Age Determinations and the Alpine Tectonic History of the Western Alps. Mem. Ist. geol. mineral. Univ. Padova 31, 54 p.

JÄGER, E. (1973): Die alpine Orogenese im Lichte der radiometrischen Altersbestimmung. Eclogae geol. Helv. 66/1, 11-21.

LAIRD, J. (1980): Phase Equilibria in Mafic Schist from Vermont. J. Petr. 21/1, 1-37.

LAIRD, M. & ALBEE, A. L. (1981): Pressure, Temperature and Time in Mafic Schist: Their Application to Reconstructing the Polymetamorphic History of Vermont. Amer. J. Sci. 281, 127-175.

LEAKE, B. E. (1978): Nomenclature of Amphiboles. Am. Mineralogist 63, 1023-1052.

MIYASHIRO, A. (1957): The Chemistry, Optics and Genesis of the Alkali Amphiboles. J. Fac. Sci. Univ. Tokyo II/11, 57-83.

OBERHÄNSLI, R. (1977): Na-Amphibol-führende metamorphe basische Gesteine aus den Bündnerschiefern Graubündens. Diss. ETH Nr. 5982.

OBERHÄNSLI, R. (1978): Chemische Untersuchungen an Glaukophan-führenden Gesteinen aus den Bündnerschiefern Graubündens. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 58/1, 139–156.

OBERHÄNSLI, R. & DIETRICH, V. (1975): Geochemische Untersuchungen an Metabasalten der alpinen Ophiolithe. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 55/3, 574–576.

OBERHAUSER, R. (1964): Zur Frage des vollständigen Zuschubs des Tauernfensters während der Kreidezeit. Verh. geol. Bundesanstalt, Wien, Heft I, 47–52.

PHILIPP, R. (1982): Geologie und Petrographie der Bernina: VI. Grevasalvas–Lunghin. Diplomarbeit ETH Zürich (unveröffentlicht).

RÖSLI, F., (1946): Sedimentäre Zone von Samedan (Kt. Graubünden). Eclogae geol. Helv. 38/2, 329–336.

RUDOLPH, J. (1982): Tieferes Tertiär im oberen Fimbertal, Unterengadiner Fenster. N. Jb. Geol. Pal., Monatshefte 1982.

SATIR, M. (1976): Rb-Sr- und K-Ar-Altersbestimmungen an Gesteinen und Mineralien des südlichen Ötztal-Kristallins und der westlichen Hohen Tauern. Geol. Rundschau 65, 394–410.

SPITZ, A. & DYHRENFURTH, G. (1915): Monographie der Engadiner Dolomiten zwischen Schuls, Scanfs und dem Stilfserjoch. Beitr. geol. Karte Schweiz 44.

STEIGER, R. H. & JÄGER, E. (1977): Subcommission on Geochronology: Convention on the Use of Decay Constants in Geo- and Cosmochronology. Earth and Plan. Sci. Lett. 36, 359–362.

THÖNI, M. (1981): Regional Distribution of Pre-Alpine and Alpine Metamorphism between the Tauern Window and the Prättigau-Bernina-Region in the Light of K-Ar and Rb-Sr Age Determination on Biotite and White Micas. Jb. Geol. Bundesanstalt 124, Beilage 2 (Tafel2–5).

THUM, I. & NABHOLZ, W. (1972): Zur Sedimentologie und Metamorphose der penninischen Flysch- und Schieferabfolgen im Gebiet Prättigau – Lenzerheide – Oberhalbstein. Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F. 144.

TRÜMPY, R. (1975): Penninic-Austroalpine Boundary in the Swiss Alps: A Presumed Former Continental Margin and its Problems. Amer. J. Sci. 275 A, 209–238.

TRÜMPY, R. (1980): Geology of Switzerland. A guide Book. Wepf & Co., Basel, New York.

TRÜMPY, R. & HACCARD, D. (1969): Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France: Les Grisons (14–21 sept. 1969). Soc. Géol. France 9, 330–356.

WENK, E., SCHWANDER, H. & STERN, W. (1974): On Calcic Amphiboles from the Lepontine Alps. Schweiz. min. petrogr. Mitt. 54/1, 97–149.

WILCKENS, O. (1911): Über mesozoische Faltungen in den tertiären Kettengebirgen Europas. Geol. Rundschau II.

ZIEGLER, W. H. (1956): Geologische Studien in Flyschgebieten des Oberhalbsteins (Graubünden). Eclogae geol. Helv. 49/1, 1–76.

Manuskript eingegangen 31. Oktober 1982.