Die andesitisch-basaltischen Gänge des Piz Lizun (Bergell)

Autor(en): **Nievergelt, Peter / Dietrich, Volker**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **57 (1977)**

Heft 2

PDF erstellt am: **18.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-44434

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 57, 267–280, 1977

Die andesitisch-basaltischen Gänge des Piz Lizun (Bergell)

Von *Peter Nievergelt* und *Volker Dietrich* (Zürich)*)

Abstract

During remapping of the Averser Bündnerschiefer, greenschists and amphibolites in the area between Piz Duan and Piz Salacina (in the southeastern part of Grisons, near the Bergell granite), completely undeformed basaltic dikes have been discovered for the first time.

These dikes (10 cm to 1 m thickness) crosscut Jurassic to Lower Cretaceous greenschists and exhibit chilled margins as well as primary fluidal textures and mineral composition (plag An 70–80 and hastingsitic amphiboles). Only the glassy matrix is recrystallized into chlorite, epidote + quartz assemblages.

The major and minor element compositions of these subvolcanic rocks are similar to andesitic basalts of the calcalkaline series. The chemistry is very similar to the average chemistry of the Bergell tonalites. The Lizun dikes possibly represent the first phase of the plutonic differentiation of the Bergell granitic complex and could be similar in age to the tonalites.

Zusammenfassung

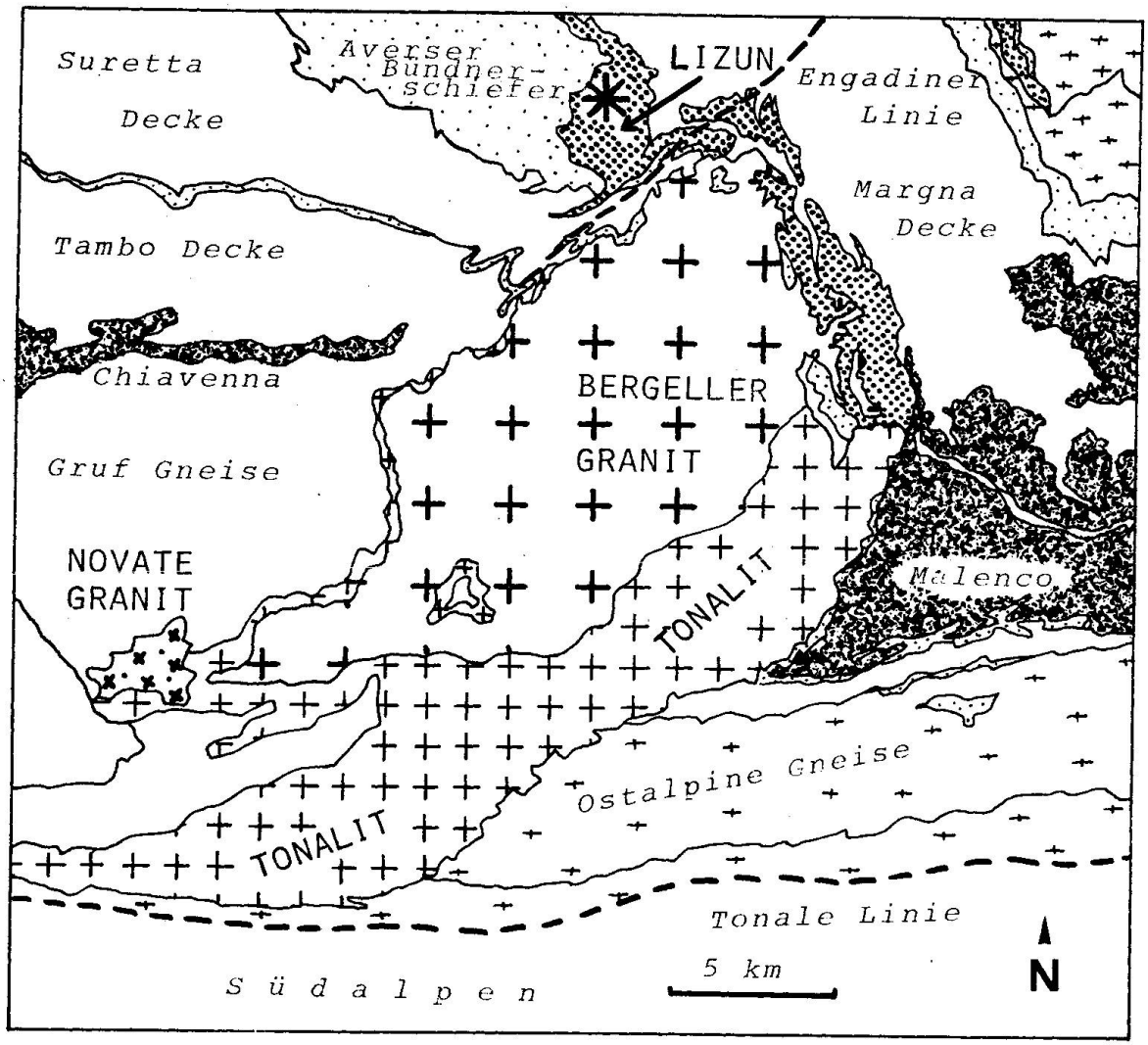
Bei der geologischen Neuaufnahme der Averser Bündnerschiefer, Grünschiefer und Amphibolite des Gebietes zwischen Piz Duan und Piz Salacina (Nordrand des Bergeller Granites) wurden völlig undeformierte andesitisch-basaltische Gänge in den jurassischen bis unterkretazischen Grünschiefern des Piz Lizun erstmals gefunden.

Die dezimeter- bis metermächtigen Gänge durchschlagen diskordant die Grünschiefer und weisen neben den typischen Abkühlungsrändern noch ursprüngliche fluidale Strukturen und primären Mineralbestand (Plagioklas An 70–80 und hastingsitische Amphibole) auf. Lediglich die Glasbasis ist schwach rekristallisiert und setzt sich aus wechselnden Anteilen von Chlorit, Klinozoisit und Quarz zusammen.

Aufgrund der Haupt- und Spurenelemente sind diese subvulkanischen Gesteine als andesitische Basalte der Kalkalkalireihe zu bezeichnen. In den Hauptelementen besteht eine nahe Verwandtschaft zu den tonalitischen Tiefengesteinen des Bergeller Plutons. Es wird daher angenommen, dass das Gangsystem im Piz Lizun den Beginn der Bergeller Differentiationsreihe darstellt und etwa gleichaltrig wie der Tonalit sein könnte.

---

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



Penninische Decken

prämesozoische kristalline Deckenkerne

mesozoische Metasedimente

mesozoische Ophiolithe: Lizun-Muretto Meta-basalte und ozeanische Metasedimente

Malenco- und Chiavenna-Ultramafitite

Tertiäre Intrusiva

Bergeller Granit und Tonalit, Novate Granit

postkinematisches basaltisches Gangsystem in den Grünschiefern des Piz Lizun

Fig. 1. Geologisch-tektonische Übersichtskarte der Bergeller Region (südliches Graubünden, Schweiz, und Provinz Sondrio, Norditalien).

GEOLOGISCHE SITUATION

Im Rahmen einer Dissertation wurden im Sommer 1977 erstmals die *Grünschiefer des Piz Lizun* (Fig. 1) geologisch und petrographisch untersucht. Die mehrere 100 m mächtige, stark verfaltete Sequenz von Grünschiefern (deformierte Pillow- und Hyaloklastit-Strukturen vereinzelt noch erkennbar) taucht mit 40–80° gegen NE bis E ab. Gegen Norden schliessen die Grünschiefer des Piz Lizun an die Grünschiefer-Bündnerschiefer-Abfolgen des Piz Duan (Averser Bündnerschiefer) an. Tektonisch dürften die Grünschiefer des Piz Lizun damit zu den Averser Bündnerschiefern, das heisst zur mesozoischen Bedeckung der Suretta-Decke zu rechnen sein (vgl. auch STAUB 1920, 1921 und 1946). Im Süden, oberhalb Löbbia im Bergell enden die Grünschiefer an der Engadiner Linie. Dort setzt ruckartig eine Amphibolit-Metasedimentserie ein, welche möglicherweise mit der Mt.-Forno-Serie (FERRARIO und MONTRASIO, 1976) am Bergeller Nordostrand parallelisiert werden kann. Die Mt.-Forno-Serie stellt das Verbindungsglied zum Malenco-Serpentinit dar und dürfte als die basaltische Bedeckung der Ultramafitite aufzufassen sein.

Das Auftreten von aplitischen und pegmatitischen Gängen im Nord- und Nordostrahmen des Bergeller Granites, welche diese Amphibolit-Serien diskordant durchschlagen, ist allgemein bekannt. Bisher wurden jedoch aus diesem Gebiet nie andere, vom Bergeller Granit abgetrennte, mittel- bis oberpenninischen Decken durchsetzende Gangsysteme beschrieben.

Die *basaltischen Gänge* des *Piz Lizun* stellen somit das erste Beispiel dieser Art[1]) dar.

In der Gipfelpartie des Piz Lizun wurden bisher drei grössere Gänge entdeckt. Die Gänge haben eine hellgraue bis grünlichgraue Anwitterungsfarbe und heben sich bei ungünstiger Beleuchtung kaum von den umgebenden Grünschiefern ab:

- Ein $\sim$ 50 cm mächtiger Gang in der SE-Wand auf 2420 m (Fig. 2), Koord. 769.04/139.45, welcher steil gegen den Gipfel hinaufzieht;
- 30–40 cm mächtiger Gang im südwestlichsten Felsgrat des Piz Lizun, Koord. 768.96/139.44;
- etwa 1–1,2 m mächtiger Gang in der NW-Wand bei Koord. 769.04/139.60, welcher mit geringerer Winkeldiskordanz als die beiden ersteren Gänge die Grünschiefer durchsetzt. Ein Teil dieses Ganges liegt in Kubikmeter grossen Bergsturzblöcken am Fusse der NW-Wand. Aus dem grössten Block stammen die Gesteinsproben eines Querprofiles durch den Gang: Liz 1A (Ab-

[1]) Nach mündlicher Mitteilung von G. Bangerter und A. Gautschi (Zürich) treten in den Gneisen der Margna-Decke und im Malenco-Serpentinit diskordante basaltische Gänge auf, welche zurzeit von A. Montrasio (Mailand), G. Bangerter und A. Gautschi bearbeitet werden.

Fig. 2. 40–50 cm mächtiger basaltischer Gang in den Grünschiefern des Piz Lizun (SE-Wand auf 2420 m).

kühlungsrand A), 1 B–D (Zentrum des Ganges), 1 E (Abkühlungsrand E) und 1 F (Grünschiefer unmittelbar neben dem Kontakt).

Die Proben Liz 2 bis Liz 4 repräsentieren Dezimeter breite Gänge, welche unregelmässig verteilt die NW-Wand durchsetzen.

PETROGRAPHIE

Die massigen Ganggesteine weisen ausser einer typischen Querklüftung (Fig. 2) keinerlei Deformationserscheinungen auf. Die umgebenden Grünschiefer werden in den meisten Fällen mit scharfer Diskordanz (Fig. 2–4) durchsetzt. Häufig ist ein Millimeter breites *Salband* vorhanden, das aus einem submikroskopisch feinsten Titanit-Quarz-Gemenge besteht. In einzelnen Fällen reichen Zentimeter breite Apophysen in die Grünschiefer hinein. In den Kontaktzonen treten zudem Pyritanreicherungen auf.

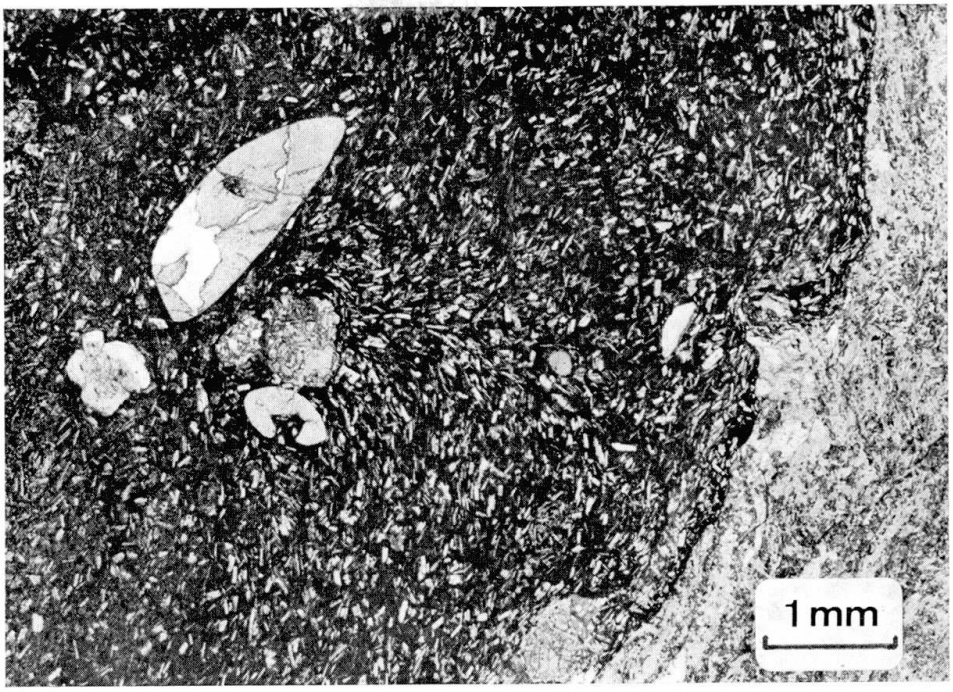


Fig. 3. Gang Liz 1 (NW-Wand Piz Lizun), Kontaktzone Gang-Grünschiefer Liz 1E–F. Dunkle felsitische Grundmasse (chemische Analyse MA 1E, Tabelle 1C) mit fluidalstruierten Plagioklasmikrolithen (PG 1E, Tabelle 1A) und Einsprenglingen von zoniertem Plagioklas (PZ+PR 1E, Tabelle 1A) und teilweise resorbierten Amphibolen (AZ+AR 1E, Tabelle 1B). Detailliertes Bild des Kontaktes in Fig. 4.

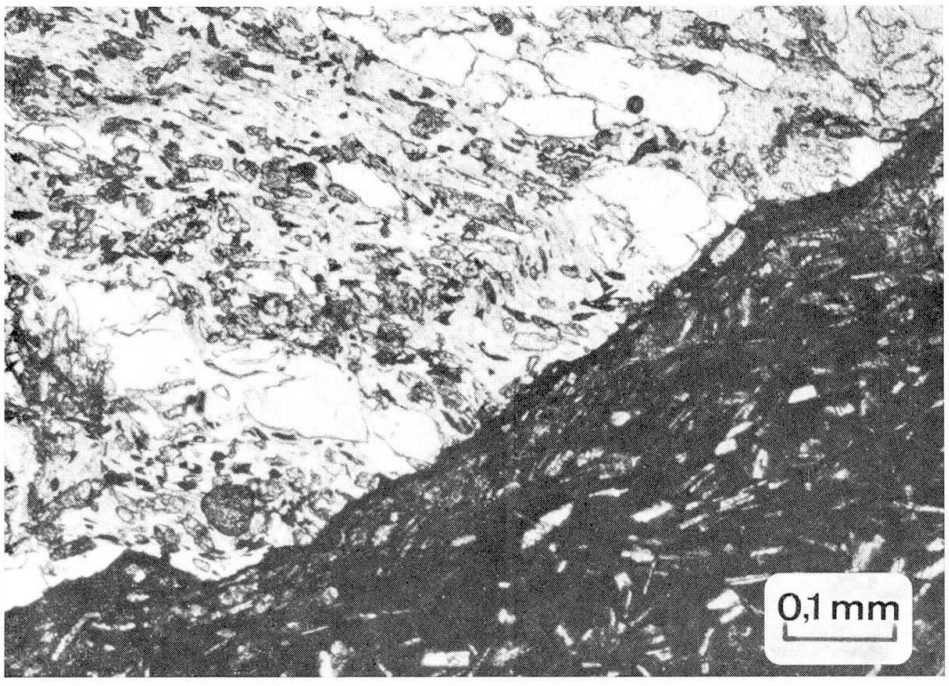


Fig. 4. Wie Fig. 3. Der Kontakt wird durch einen dunklen Saum markiert, der aus einem feinsten Quarz-Titanit-Gemenge besteht. Die diskordant abgeschnittenen feinlagigen Grünschiefer setzen sich aus der Paragenese Albit, Epidot, Aktinolith, Chlorit, Phengit und Titanit zusammen.

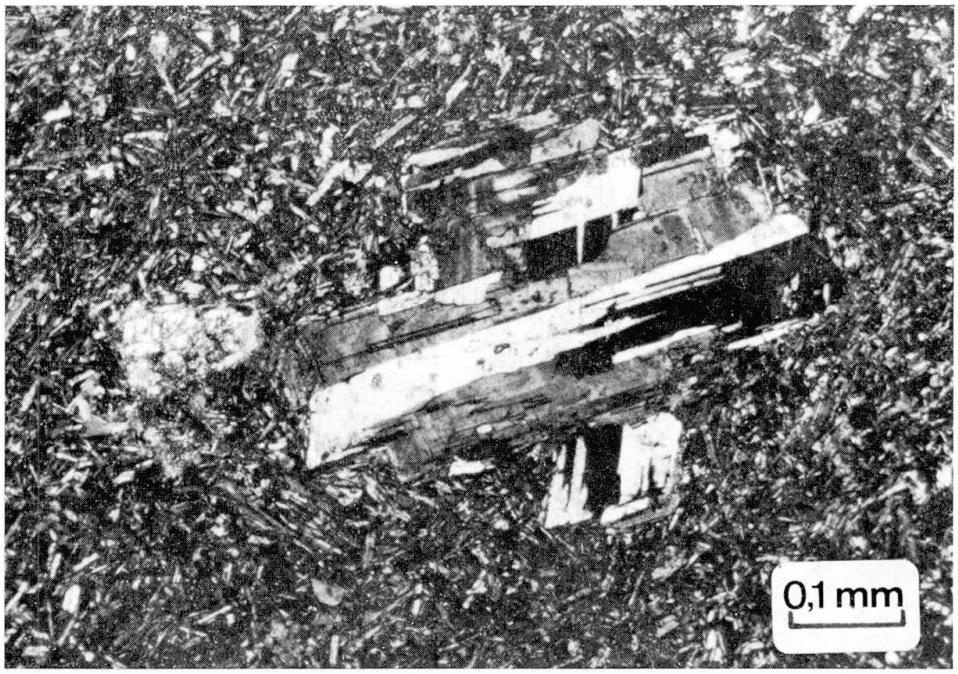


Fig. 5. Zonierter und verzwillingter Plagioklaseinsprengling aus dem Zentrum des Ganges Liz 1 (vgl. Analysen PZ+PR 1C, Tabelle 1A). Die Grundmasse besteht aus einem fein intersertalen Gemenge von Plagioklas (PG 1C) und Amphibol (siehe auch Fig. 6).

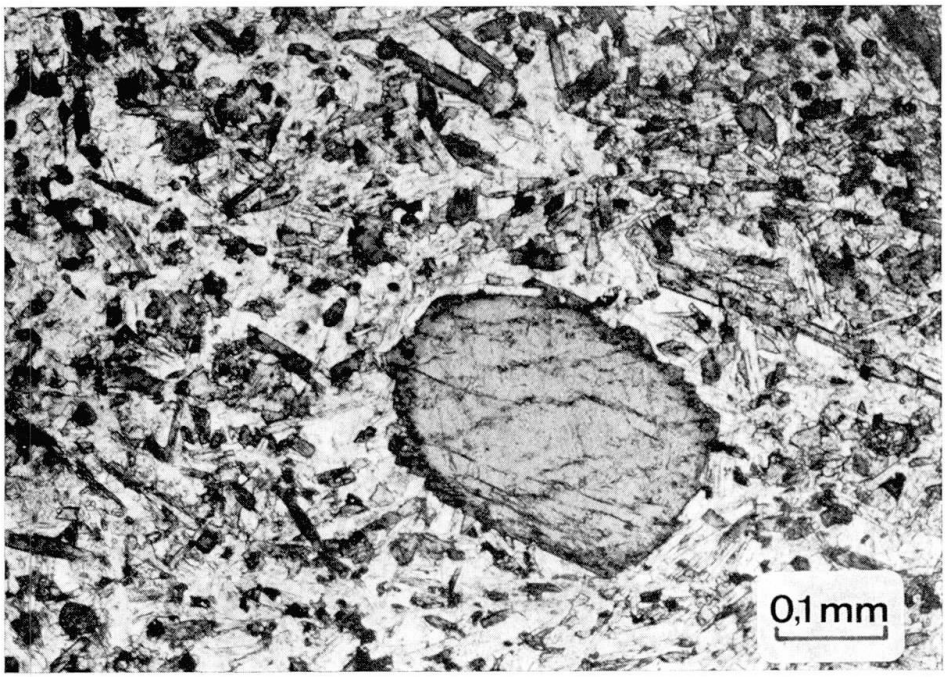


Fig. 6. Zonierter, teilweise resorbierter Amphiboleinsprengling (Analyse AZ+AR 1C, Tabelle 1B) in Grundmasse aus Plagioklas und Amphibol (Hastingsit). Epidot, Chlorit und Quarz finden sich in den Zwickeln zwischen Plagioklas und Amphibol.

Während die dunkelgrauen zentimeterbreiten Abkühlungsränder ein typisches Plagioklas-Fluidalgefüge (Fig. 3 und 4) mit hohen Anteilen an feinster felsitischer Grundmasse (primär [?] Glas) aufweisen, besitzen die inneren Gangpartien ein feinkörnig holokristallines (intersertales) porphyrisches Gefüge (Fig. 5 und 6). Bläschen oder Mandeln wurden in den Gängen nicht beobachtet.

Die mächtigeren Gänge scheinen einen multiplen Aufbau zu besitzen. Dies zeigt sich im Gestein sowohl durch leichte Farbänderung an den Grenzflächen der verschiedenen Zonen als auch im unterschiedlichen Anteil an Einsprenglingen innerhalb der einzelnen Zonen.

MINERALBESTAND

Einige Proben des mächtigsten Ganges (Liz 1) wurden mit der ARL-Mikroelektronensonde (Petrographie ETH, Zürich) näher untersucht (Tab. 1 Mineralanalysen).

— Primärer Mineralbestand der Gänge (Tab. 1A, B und C):

Grundmasse		
Plagioklase:	An_{68-79} (Bytownit), 0,01–0,2 mm Länge	
Amphibole:	Hastingsit (hastingsitische Hornblende), 0,05–0,1 mm Länge X = hell gelblich-grün Y = olivgrün Z = olivgrün	
Einsprenglinge	*Zentrum*	*Rand*
Plagioklase (max. 1–2 mm):	$An_{68\,(57)-78}$	An_{78-82}
Amphibole (max. 2 cm):	Hastingsit X = hell gelbbraun Y = hell bräunlich-grün Z = dunkel olivbraun	hastingsitische Hornblende X = hell gelblich-grün Y = olivgrün Z = olivgrün
vereinzelt Klinopyroxenrelikte	Salit	

— Sekundärer Mineralbestand der Gänge (Tab. 1D):

Grundmasse	Quarz (röntgenographisch und mit Mikrosonde ermittelt) Klinozoisit, Epidot Chlorit (Ripidolith) vereinzelt Calcit (besonders an Klinopyroxenrelikten)

Während die Grundmasse-Plagioklase nur polysynthetisch verzwillingt sind, zeigen die Plagioklaseinsprenglinge meist einen zonierten Aufbau (Fig. 5). In stärker verwitterten Proben sind sie bereits in Serizit-Calcit-Aggregate umge-

wandelt. Die felsitische Grundmasse nahe des Abkühlungsrandes (Fig. 4) scheint aus einem feinsten Gemenge von saurem Plagioklas und Quarz zu bestehen. Es ist fraglich, dieses Gemenge wie auch den freien Quarz in der Grundmasse der zentralen Partien des Ganges als primär anzusehen.

Die Amphibole zeigen einen ähnlichen Trend wie die Plagioklase. Im Gegensatz zu den Grundmassenamphibolen (hastingsitische Hornblenden bis Hastingsite) sind die zum Teil recht grossen Einsprenglinge randlich zoniert (Fig. 6) und weisen häufig Resorptionserscheinungen auf (zum Beispiel Fig. 3). Bemerkenswert ist, dass die Grundmasseamphibole und die Umwachsungsränder höhere Ti- und Fe-Gehalte (dementsprechend tiefere Mg-Gehalte) als die eigentlichen Einsprenglinge (eher normale Hastingsite) aufweisen.

Die *Mineralien der Grünschiefer* (Tab. 1D) wurden direkt am Kontakt zum Gang Liz 1 analysiert. Die Mineralparagenese besteht aus reinem Albit, Epidot, Aktinolith, Phengit, Chlorit und Titanit. Untergeordnet treten Kalzit und Quarz auf.

Tabelle 1. *Mikroelektronensonde-Analysen der gesteinsbildenden Mineralien aus den Lizun-Gängen und aus dem Nebengestein (Grünschiefer)*

PG = Grundmasse Plagioklase
PZ = Plagioklas-Einsprenglinge Zentrum (PZI = Innenzone, PZR = Übergangszone)
PR = Plagioklas-Einsprenglinge Rand
Alb = Albit
AG = Grundmasse: Hastingsite bis hastingsitische Hornblende (Mittelwert)
AZ = Einsprenglinge Zentrum: Hastingsit
AR = Einsprenglinge Rand: Hastingsit bis hastingsitische Hornblende

A. Plagioklase

	GANG Liz 1							Grün-schiefer	GANG Liz 2		
	Zentrum			Kontakt							
	PG 1C	PZ 1C	PR 1C	PG 1E	PZI 1E	PZR 1E	PR 1E	Alb 1F	PG 2	PZ 2	PR 2
SiO_2	50,2	47,59	47,15	47,61	53,49	50,20	47,67	68,9	49,18	49,39	46,78
TiO_2	0,01	0,00	0,00	0,06	0,03	0,04	0,05	0,0	0,00	0,00	0,00
Al_2O_3	30,5	32,15	33,04	32,45	28,85	31,49	31,95	19,3	31,46	31,59	33,01
FeO_{tot}	0,6	0,37	0,37	0,60	0,22	0,32	0,67	0,1	0,51	0,12	0,42
MnO	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00
MgO	0,1	0,11	0,10	0,16	0,03	0,03	0,12	0,0	0,08	0,00	0,08
CaO	14,1	15,65	16,22	15,42	11,37	14,04	15,15	0,04	14,38	13,38	15,99
Na_2O	3,5	2,35	1,91	2,19	4,54	3,16	2,30	11,7	2,73	3,35	1,96
K_2O	0,1	0,04	0,03	0,05	0,17	0,11	0,06	0,03	0,07	0,11	0,05
Total	99,13	98,26	98,80	98,54	98,69	99,38	97,98	100,07	98,41	97,93	98,30
Z	3,97	3,99	4,00	3,99	4,00	4,00	3,99	3,99	4,00	4,01	3,99
X	1,03	1,01	1,00	1,02	0,98	0,99	1,01	0,99	1,00	1,00	1,01
Ab	31,13	21,33	17,51	20,39	41,51	28,76	21,45	99,65	25,45	31,00	18,11
An	68,22	78,42	82,30	79,30	57,45	70,61	78,20	0,18	74,16	68,35	81,59
Or	0,63	0,25	0,18	0,31	1,04	0,63	0,35	0,17	0,40	0,65	0,30

Die Analysen PG und Alb stellen Mittelwerte aus mehreren Messungen an verschiedenen Mineralkörnern dar.

B. Amphibole

	GANG Liz 1 Zentrum						Kontakt		GANG Liz 2	
	AG 1C	AZ 1C1	AR 1C1	AZ 1C2	AR 1C2	AZ 1C3	AZ 1E	AR 1E	AZ 2	AR 2
SiO_2	42,9	41,96	41,73	41,42	43,23	43,24	41,55	41,65	41,89	41,42
TiO_2	2,3	1,61	1,91	1,49	1,88	1,63	1,58	2,24	1,31	1,89
Al_2O_3	11,4	14,52	12,19	14,43	15,19	12,84	14,42	13,08	13,49	12,06
FeO_{tot}	12,5	9,51	12,12	9,31	10,30	11,37	8,91	9,62	8,01	9,98
MnO	0,3	0,17	0,22	0,17	0,15	0,17	0,13	0,15	0,10	0,15
MgO	13,7	14,41	13,43	14,40	11,93	12,59	14,51	14,36	15,28	14,05
CaO	10,6	11,68	11,15	11,69	11,16	11,03	11,10	11,04	11,36	10,83
Na_2O	2,2	2,41	2,34	2,27	2,63	2,23	2,22	2,35	2,38	2,32
K_2O	0,3	0,46	0,35	0,45	0,33	1,22	0,44	0,37	0,46	0,35
Cr_2O_3	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	96,2	96,71	95,43	95,55	96,79	96,32	94,85	94,87	94,41	94,28
H_2O	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Si	6,25	6,07	6,17	6,05	6,31	6,39	6,07	6,13	6,16	6,23
Al	1,75	1,93	1,83	1,95	1,69	1,61	1,93	1,87	1,84	1,77
Σ IV	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Al	0,21	0,55	0,30	0,54	0,92	0,63	0,55	0,40	0,50	0,37
Ti	0,25	0,18	0,21	0,16	0,21	0,18	0,17	0,25	0,14	0,21
Fe^{+3}	1,04	0,65	0,83	0,69	0,06	0,27	0,83	0,75	0,69	0,75
Fe^{2+}	0,48	0,50	0,67	0,45	1,20	1,13	0,26	0,43	0,29	0,51
Mn	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
Mg	2,98	3,11	2,96	3,14	2,60	2,77	3,16	3,15	3,35	3,15
Σ VI	5,0	5,01	5,0	5,0	5,01	5,0	4,99	5,0	4,98	5,01
Ca	1,66	1,81	1,77	1,83	1,75	1,75	1,74	1,74	1,79	1,74
Na	0,62	0,68	0,67	0,64	0,74	0,65	0,63	0,77	0,68	0,68
K	0,06	0,08	0,07	0,08	0,06	0,23	0,08	0,07	0,09	0,07
Σ	2,34	2,57	2,51	2,55	2,55	2,63	2,45	2,48	2,47	2,49

Normalisiert auf 23 (O), Norm-Programm «Amphiboles» (BRADY, Harvard 1973, after STOUT, 1972). H_2O = 2,5 nur für ZAF-Korrektur geschätzt.

C. Pyroxenrelikte (Salite)

Mittelwerte aus GANG Liz 1 C	
SiO_2	50,7
TiO_2	0,45
Al_2O_3	4,4
FeO_{tot}	4,9
MnO	0,08
MgO	15,3
CaO	22,6
Na_2O	0,27
Total	98,70
für O = 6	
Si	1,90
Ti	0,01
Al	0,19
Fe_{tot}	0,15
Mg	0,85
Ca	0,91
Na	0,02
Total	4,03

D. Metamorphe Mineralien

	GANG Liz 1C			Grünschiefer		
	Epidot EP 1C	Chlorit CH 1C	Matrix MA 1E	Chlorit CH 1F	Phengit GL 1F	Epidot EP 1F
SiO_2	38,08	25,10	62,0	28,13	51,36	38,96
TiO_2	0,14	0,00	0,5	0,00	0,11	0,12
Al_2O_3	27,13	20,78	17,8	19,76	27,81	29,30
FeO_{tot}	8,96	26,67	3,5	16,62	1,89	5,40
MnO	0,17	0,65	0,1	0,51	0,06	0,18
MgO	0,06	12,70	2,5	19,65	3,63	0,04
CaO	22,90	0,06	6,8	0,05	0,08	22,37
Na_2O	0,00	0,00	4,9	0,00	0,17	0,00
K_2O	0,00	0,00	0,2	0,02	9,03	0,00
Cr_2O_3	0,00	0,00	0,0	0,00	0,10	0,07
Total	97,45	85,47	98,3	84,61	94,24	96,43

MA 1E, felsitische Matrix (Mittelwert aus mehreren Messungen), besteht aus einem submikroskopisch feinen Gemenge von Quarz und (?) saurem Plagioklas.

GESTEINSCHEMISMUS

Der Gesteinschemismus der Lizun-Gänge wurde anhand von acht Vollanalysen bestimmt (Tab. 2). Die Hauptelementverteilung ist sowohl über die Breite des mächtigsten Ganges Liz 1 als auch innerhalb der kleineren Gänge

Tabelle 2. *Gesteinschemismus der Lizun-Gänge und des Nebengesteins (Grünschiefer)*

	GANG Liz 1, 1 m mächtig					Nebengestein	3 kleine GÄNGE ca. 10–20 cm mächtig		
	Kontakt-Zone	10 cm vom Kontakt	Zentrum	10 cm vom Kontakt	Kontakt Zone	Grünschiefer			
	Liz 1A	Liz 1B	Liz 1C	Liz 1D	Liz 1E	Liz 1F	Liz 2	Liz 3	Liz 4
SiO_2	52,63	53,43	51,99	51,76	51,59	47,93	52,24	51,61	51,52
TiO_2	0,81	0,79	0,81	0,81	0,81	1,57	0,80	0,80	0,82
Al_2O_3	19,26	19,25	19,25	19,13	19,10	16,07	19,28	19,13	19,13
Fe_2O_3	1,68	2,20	2,26	1,98	2,18	4,45	1,74	2,21	2,03
FeO	5,96	5,09	5,60	5,74	5,60	4,74	5,96	5,45	5,74
MnO	0,15	0,13	0,14	0,15	0,14	0,16	0,14	0,14	0,14
MgO	4,73	4,70	4,70	4,70	4,81	6,89	4,94	4,58	4,63
CaO	7,79	7,47	8,24	8,92	7,57	13,27	7,80	8,79	8,61
Na_2O	3,14	3,11	2,96	3,01	2,87	1,85	2,89	2,87	3,13
K_2O	0,40	1,30	0,89	0,74	1,42	0,00	1,34	1,44	0,82
P_2O_5	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	0,14	0,10	0,10	0,10
H_2O^+	3,22	2,62	2,84	2,49	3,49	2,98	2,95	3,06	3,47
Cr_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Total	99,87	100,20	99,78	99,54	99,69	100,09	100,18	100,18	100,14
Spuren ppm									
Nb	2	2	<2	<2	2	<2	2	2	<2
Zr	58	62	59	60	59	114	61	58	58
Y	22	23	22	22	22	37	24	22	21
Sr	211	219	224	227	204	201	226	211	230
Rb	24	24	14	9	26	<2	4	16	14
S.I.	29,73	28,66	28,64	29,07	28,50	38,43	29,28	27,67	28,32
D.I.	33,77	37,66	33,24	32,22	34,65	15,67	34,65	33,82	33,04
Mg-No	55,38	56,43	54,57	54,97	55,39	60,11	56,30	54,55	54,48

S.I. Bergeller Tonalit 20–30; S.I. = Solidifikations-Index

$$MgO \times \frac{100}{MgO + FeO + Fe_2O_3 + Na_2O + K_2O}$$

(Kuno et al., 1957)

D.I. Bergeller Tonalit 33–60; D.I. = Differentiations-Index (CIPW-Norm: Q + Or + Ab + Lc + Ne; Thornton und Tuttle, 1960)

Mg-No Bergeller Tonalit 53–60; Mg-No $= \frac{100\ Mg^{2+}}{Mg^{2+} + Fe^{2+}}$ (Mg-No als Fraktionierungsgrad; Green und Ringwood, 1967)

Analysenmethodik: Röntgenfluoreszenzanalyse mit Philips-Sequenzspektrometer PW 1450 (EMPA, Dübendorf); FeO titrimetrisch mit $KMnO_4$; H_2O^+ (enthält Spuren von CO_2 und S) berechnet aus Glühverlust und Oxydation von FeO. Genauigkeit der Spurenanalyse ± 2 ppm. Als «blanks» für Untergrundkorrekturen der Spurenanalyse wurden reiner Quarz und PCC-1 (Peridotit) verwendet. Die Massenabsorptionskorrekturen wurden aus den Konzentrationen der Hauptelemente berechnet. Die Eichung der Hauptelemente erfolgte mit 12, diejenige der Spuren mit 5 internationalen Gesteinsstandards (US Geol. Survey und NIM-Serie).

Liz 2, 3 und 4 recht einheitlich. Die Gesteine können entsprechend ihrem Chemismus entweder als andesitische Basalte oder als Si-arme Andesite (TAYLOR, 1969) bezeichnet werden.

Typisch für andesitische Basalte der Kalkalkalireihe sind ein hoher Al_2O_3-Gehalt (bei den Lizun-Gesteinen sogar etwas anormal hoch), hohe normative Plagioklasgehalte (> 50 Gew.-%) sowie normativer Quarz und Hypersthen.

Lizun-Gänge

(Mittelwerte)		CIPW-Norm			
SiO_2	52,0	Q	2,0–4,8	Plag.	An 56–59
TiO_2	0,8	Or	2,5–8,5	Feldsp.	Or 11–12
		Ab	24–26		Ab 36–38
Al_2O_3	19,1	An	34–37		An 50–55
Fe_2O_3	2,0	Di	1–4		
FeO	5,8	Hy	20–22		
MgO	4,7	Mt	1,4–1,5		
CaO	8,1	Ilm	1,5		
Na_2O	3,0				
K_2O	~ 1,0	Ap	0,24		

FeO_{total}/MgO = 1,5–1,6

Im AFM-Diagramm (Fig. 7) fallen die Gänge in den Bereich der «Hypersthen führenden Al-reichen Basalte der Kalkalkalireihe (KUNO, 1968) und

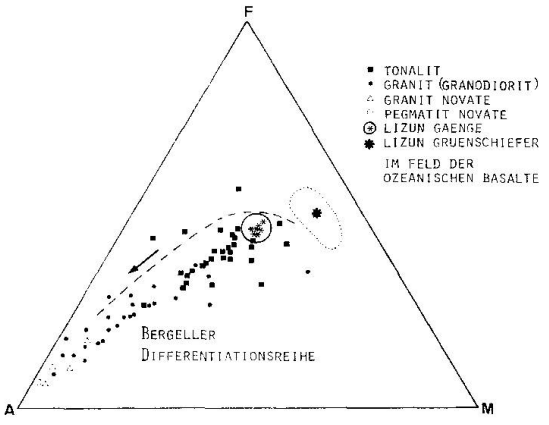


Fig. 7

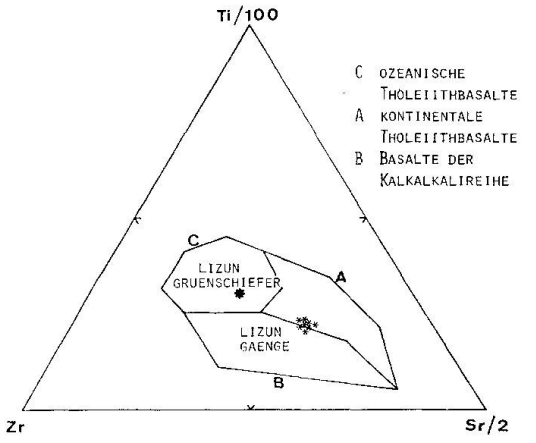


Fig. 8

Fig. 7. AFM-(Na_2O+K_2O/FeO_{total}/MgO)Diagramm mit Analysen der Lizun-Gänge (Tabelle 2) und älteren Analysen der Bergeller Tonalite, Granite und Pegmatite sowie des Novate-Granits (NIGGLI et al., 1930; DE QUERVAIN und FRIEDLAENDER, 1942; WEIBEL, 1960; MOTISCKA, 1970; RICHARDSON et al., 1976). Das Diagramm soll die nahe chemische Verwandtschaft der subvulkanischen andesitischen Basalte im Piz Lizun zur Bergeller Tiefengesteinsdifferentiationsreihe verdeutlichen. Im krassen Gegensatz zu den basaltischen Ganggesteinen liegen die Grünschiefer des Piz Lizun, die in den Bereich der ozeanischen Tholeiithbasalte fallen.

Fig. 8. Diskriminations-Diagramm nach PEARCE und CANN (1973), um mit Hilfe von Ti, Zr und Sr genetisch verschiedene Basalttypen zu unterscheiden. Dieses Diagramm eignet sich für die Abgrenzung ozeanischer Tholeiithbasalte von kontinentalen Tholeiithbasalten und Basalten der Kalkalkalireihe. Im Gegensatz zu den als typisch ozeanisch zu charakterisierenden Lizun-Grünschiefern fallen die andesitischen Basalte der Lizun-Gänge ins kalkalkalische Feld bzw. auf die Grenze zu den kontinentalen Tholeiitbasalten.

unterscheiden sich deutlich von den ozeanischen Tholeiithbasalten der umgebenden, in Grünschieferfazies umgewandelten Pillow-Laven des Piz Lizun. Auffallend ist zudem, dass die andesitischen Basalte direkt an die Bergeller Tonalite anschliessen und eine ideal, flach geneigte Kurve mit den Tiefengesteinen markieren.

Aufgrund der Spurenelementkonzentrationen kann ebenfalls ein kalkalkalischer Trend der Lizun-Ganggesteine belegt werden. Im Zr/Ti/Sr-Diagramm (Fig. 8) liegen die Gesteine auf der Grenze zwischen dem kalkalkalischen Bereich und dem Feld kontinentaler Tholeiithbasalte. Nb, Y und Rb zeigen keine Anomalien und stimmen mit den Mittelwerten Si-armer Andesite (TAYLOR, 1969) überein. Ni und Cr sind nur in Spuren vorhanden, das heisst unterhalb der Nachweisgrenze von etwa 50 ppm bei der Röntgenfluoreszensanalyse der Hauptelemente.

GENETISCHE INTERPRETATION

Das Auftreten der basaltischen Gangsysteme des Piz Lizun im N-Rahmen des Bergeller Granites weist auf eine mögliche Verwandtschaft zu den Tiefengesteinen hin. Eine genetische Diskussion der subvulkanischen Gänge dürfte somit für die genetische Interpretation des Tonalit-Granitkörpers[2]) einen weiteren Beitrag liefern.

Zusammenfassend ergeben sich folgende Gesichtspunkte, die für eine genetische Verknüpfung der Lizun-Gänge mit dem Tonalit und damit für den rein magmatischen Ursprung des Bergeller Granites wichtig erscheinen:

— Das postkinematische Auftreten der Gänge in der mesozoischen Hülle der oberpenninischen Suretta-Decke;
— der multiple Aufbau der mächtigeren Gänge und
— der andesitische (kalkalkalische) Charakter der Ganggesteine. Übereinstimmung der Solidifikations- und Differentiationsindizies sowie der Mg-Number (Tab. 2) der Gänge und der Bergeller Tonalite.

Im AFM-Diagramm (Fig. 7) scheinen die andesitischen Basalte den Anfang der Bergeller Differentiationsreihe zu markieren. In den Mineralchemismen der Plagioklas- und Amphiboleinsprenglinge scheint sich ebenfalls diese Entwicklung des Magmas abzubilden. Die zentralen Partien der zonierten Plagio-

[2]) Bekannt ist die Kontroverse zwischen Vertretern der rein magmatischen, syn- bis postkinematischen Herkunft der Bergeller Plutonite (STAUB, 1918 und 1920; GANSSER und GYR, 1964; GYR, 1967; MOTISCKA, 1970; TROMMSDORFF und EVANS, 1972; GULSON, 1973; DIETRICH, 1976; RICHARDSON et al., 1976) und Vertretern einer migmatitischen Abstammung aus prämesozoischen mittelpenninischen Gneisen als Folge der Lepontinischen Regionalmetamorphose (E. WENK, 1956, und H. R. WENK, 1973). DRESCHER-KADEN (1940) sprach sich sogar für eine rein metasomatische Bildung des Bergeller Granites aus.

klase besitzen saureren Charakter (gegen Labradorit) als die Grundmasse-Bywtonite.

Die Zentren der grossen resorbierten Amphiboleinsprenglinge sind Mg-reicher, Ti- und Fe-ärmer als die Anwachsränder und Grundmasse-Amphibole, was für eine typische Differentiation in der Basaltreihe mit Überleitung zu den Andesiten spricht (YODER, 1969). Die Chemismen dieser hastingsitischen Hornblenden sind ebenfalls typisch in andesitischen Gesteinen (PE, 1974). Die Amphiboldominanz als dunkler Gemengteil in den Lizun-Ganggesteinen und die damit verbundenen Wassergehalte im Magma belegen ebenfalls die Verwandtschaft zu den tonalitischen Tiefengesteinen.

Diese Kriterien lassen sogar die Annahme zu, dass die Gänge gleichaltrig wie der Tonalit sein könnten und subvulkanische Zufuhrkanäle zu Vulkanen auf der ostalpinen Landoberfläche darstellten. Diese vulkanische Aktivität könnte entweder an der Wende Eozän/Oligozän oder im Oligozän stattgefunden haben. Ein Zusammenhang mit der Ablagerung des kalkalkalischen vulkanischen Detritus im helvetischen Taveyannaz-Sandstein, wie STAUB (1920) annahm, ist nicht ausgeschlossen. Allerdings steht dies im Widerspruch zu den bisher ermittelten radiometrischen Alterswerten von etwa 30 Mio Jahren am Bergeller Granit (GRÜNENFELDER und STERN, 1960; GULSON, 1973). Altersbestimmungen an den Amphibolen der Lizun-Gänge sind in Vorbereitung.

Verdankungen

Den Herren A. Esenwein (Eidgenössische Materialprüfungsanstalt Dübendorf), O. Schellhorn und J. Sommerauer danken wir für die Hilfe am analytischen Teil der Arbeit sowie Herrn A. Gautschi (Zürich) für zahlreiche Hinweise, Diskussionen und für die Durchsicht des Manuskriptes. Die Arbeit wurde im Rahmen des Schweizerischen Nationalfonds-Projektes 2.617-0.76 durchgeführt.

Literatur

DIETRICH, V. J. (1976): Plattentektonik in den Ostalpen – Eine Arbeitshypothese. Geotekt. Forsch. *50*, 1–84.

DRESCHER-KADEN, F. K. (1940): Beiträge zur Kenntnis der Migmatit- und Assimilationsbildungen sowie der synantetischen Reaktionsformen. 1. Über Schollenassimilation und Kristallisationsverlauf im Bergeller Granit. Chemie der Erde *12*, 304–417.

FERRARIO, A. and A. MONTRASIO (1976): Manganese ore deposit of Monte del Forno. Its stratigraphic and structural implications. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. *56*, 377–385.

GANSSER, A. und T. GYR (1964): Über Xenolithschwärme aus dem Bergeller Massiv und Probleme der Intrusion. Eclogae geol. Helv. *57/2*, 577–598.

GREEN, D. H. and A. E. RINGWOOD (1967): The genesis of basaltic magmas. Contr. Mineral. Petrol. *15*, 103–190.

GREEN, D. H. and A. E. RINGWOOD (1969): High pressure experimental studies on the origin of andesites. Proceedings of the Andesite Conf., Internat. Upper Mantle Project, Scientific Rep. *16*, 21–32.

GRUENENFELDER, M. und T. W. STERN (1960): Das Zirkon-Alter des Bergeller-Massivs. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. *40*, 253–259.

Gulson, B. L. (1973): Age relations in the Bergell region of the south-east Swiss Alps: With some geochemical comparisons. Eclogae geol. Helv. *66*/2, 293–313.

Gyr, T. (1967): Geologische und petrographische Untersuchungen am Ostrande des Bergeller Massivs. Mitt. aus dem Geol. Inst. ETH und der Universität Zürich, N.F. *66*, 125 S.

Kuno, H., K. Yamasaki, G. Lida and K. Nagashima (1957): Differentiation of Hawaiian magmas. Jap. J. Geol. Geogr. *28*/4, 214–218.

Kuno, H. (1968): Differentiation of basalt magmas: Basaltic rocks: Treatise on Rocks of Basaltic compositions, New York, John Wiley & Sons, Inc.

Motiscka, P. (1970): Petrographie und Strukturanalyse des westlichen Bergeller Massivs und seines Rahmens. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. *50*, 355–443.

Niggli, P., F. de Quervain und R. U. Winterhalter (1930): Chemismus schweizerischer Gesteine. Beitr. geol. Karte Schweiz, geotech. Ser., 14. Lfg., 389 S.

Pe, G. G. (1974): Petrology and geochemistry of volcanic rocks of Aegina, Greece. Bull. volcanol. *37*, 4, 491–514.

Pearce, J. A. and J. R. Cann (1973): Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. Earth and planet. Sci. Lett. *19*, 290–300.

Quervain, F. de und C. Friedlaender (1942): 1. Nachtrag zu Chemismus schweizerischer Gesteine. Beitr. geol. Karte Schweiz, geotech. Ser., 20. Lfg., 108 S.

Richardson, D., E. Condliffe e A. Mottana (1976): Caratteri petrochimici del massiccio Val Masino-Val Bregaglia (Alpi Centrali). Rend. Soc. ital. Mineral. Petrol. *32*/1, 83–96.

Staub, R. (1918): Geologische Beobachtungen am Bergeller Massiv. Vjschr. Natf. Ges. Zürich *63*, 1–18.

— (1920): Neuere Ergebnisse der geologischen Erforschung Graubündens. Eclogae geol. Helv. *16*/1, 1–26.

— (1921): Geologische Karte der Val Bregaglia. Schweiz. Geol. Komm., Spezialkarte Blatt 90.

— (1946): Geologische Karte der Bernina-Gruppe. Schweiz. Geol. Komm., Spezialkarte Blatt 118.

Stout, J. H. (1972): Phase petrology and mineral chemistry of coexisting amphiboles from Telemark, Norway. J. Petrol. *13*, 99–145.

Taylor, S. R. (1969): Trace element chemistry of andesites and associated calc-alkaline rocks. Proceedings of the Andesite Conf., Internat. Upper Mantle Project, Scientific Rep. *16*, 43–64.

Thornton, C. P. and O. F. Tuttle (1960): Chemistry of igneous rocks, I. Differentiation index. Amer. J. Sc. *258*, 664–684.

Trommsdorff, V. and B. W. Evans (1972): Progressive metamorphism of antigorite schists in the Bergell tonalite aureole (Italy). Am. J. Sci. *272*, 423–437.

Weibel, M. (1960): Chemismus und Mineralzusammensetzung von Gesteinen des nördlichen Bergeller Massivs. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. *40*, 69–93.

Wenk, E. (1956): Die Lepontinische Gneisregion und die jungen Granite der Valle della Mera. Eclogae geol. Helv. *49*/2, 251–265.

Wenk, H. R. (1973): The structure of the Bergell Alps. Eclogae geol. Helv. *66*/1, 255–291.

Yoder Jr., H. S. (1969): Calcalkalic andesites: experimental data bearing on the origin of their assumed characteristics. Proceedings of the Andesite Conf., Internat. Upper Mantle Project, Scientific Rep. *16*, 77–90.

Manuskript eingegangen am 31. August 1977.