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

Band: 59 (1979)

Heft: 3

Vereinsnachrichten: Bericht über die 54. Hauptversammlung der Schweiz. Mineralogischen und Petrographischen Gesellschaft in Lausanne : Samstag, 6. Oktober 1979

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: 14.07.2025

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

Bericht über die 54. Hauptversammlung der Schweiz. Mineralogischen und Petrographischen Gesellschaft in Lausanne

Samstag, 6. Oktober 1979

A. Bericht des Vorstandes für 1978

Bericht des Präsidenten

Mitgliederbestand

Im Jahre 1978 sind 25 persönliche Mitglieder (davon 8 aus dem Ausland) und 2 unpersönliche Mitglieder neu in unsere Gesellschaft eingetreten. Es sind dies:

Dr. F. Baroz, Nancy
W. Baumann, Nieder-Gösgen
U. Bernhardt, Aachen
F. Brack, Huttwil
K. E. Brugsch, Berlin
A. Henzen, Fribourg
C. Jaquier, Lausanne
A. Jornet, Fribourg
F. Kälin, Pfäffikon/SZ
Frl. E. Klaper, Zürich
H. Ledig, Mutterstadt
Dr. B. Lombardo, Torino
P. Mandelbaum, London
Dr. R. Maurizio, Vicosoprano
D. Pilloud, Jouxtens
A. Richard, Neggio
Dr. A. Ronco, Binningen
P. Rüesch, Zürich
M. A. Studer, La Chaux-de-Fonds
Dr. E. Sundt, Pinchat
M. Toros, Lausanne
Dr. F. Urbani, Caracas
Frau Dr. N. Vatin-Pérignon, Grenoble
K. Zehnder, Zürich
D. Zweidler, Neuchâtel

University Library, Auckland
Istituto di Geologia, Torino

Ferner können wir 2 Wiedereintritte verzeichnen.

Somit ergibt sich folgender Stand:

Eintritte und Wiedereintritte	29
Austritte	27
Zunahme	2
Bestand am 31. Dezember 1977	524
Zunahme	2
Bestand am 31. Dezember 1978	526

d.h. 432 persönliche und 94 unpersönliche Mitglieder, wovon 10 Freimitglieder.

Jahresversammlung

Anlässlich der Jahrestagung der SNG hielt unsere Gesellschaft ihre 53. Jahresversammlung am 6. und 7. Oktober 1978 in Brig ab. In Anwesenheit von ca. 100 Personen wurden im Rahmen einer mit der Schweiz. Geologischen Gesellschaft und der Schweiz. Paläontologischen Gesellschaft gemeinsam durchgeführten Sitzung 4 Hauptvorträge zum Thema «Penninikum» gehalten. 18 Referate gaben an der Sitzung unserer Gesellschaft vor einem Auditorium von ca. 45 Personen einen guten Einblick in die gegenwärtig in der Schweiz verfolgten Aktivitäten, insbesondere auf dem Gebiet der anal. Mineralogie, der alpinen Metamorphose, der Petrologie und Geochemie.

Zwei gut besuchte Exkursionen führten in den Raum Oberwallis - Val Antigorio - Simplon - Vispertal, bzw. in das Binntal.

Finanzielles

Die Gesellschaft dankt ihren Donatorenmitgliedern für die grosszügige Unterstützung. Ebenso verdankt sie der SNG eine Subvention von Fr. 12000.- an die Kosten ihrer Zeitschrift.

Der Präsident: *M. Grünenfelder*

Bericht des Redaktors

Band 58 der Schweizerischen Mineralogischen und Petrographischen Mitteilungen des Jahres 1978 umfasst ein Doppelheft 1/2 und Heft 3 in unveränderter Auflage von 1000 Exemplaren. Infolge der Umstellung auf den neuen Verlag verzögerte sich die Herausgabe der Hefte, sie wurden erst 1979 ausgeliefert.

Der Band umfasst 410 Seiten. Von 22 Artikeln sind 11 in deutscher, 8 in englischer und 3 in französischer Sprache abgefasst, in italienischer Sprache wurde keine Arbeit abgegeben. Die Hefte enthalten in der üblichen Reihenfolge mineralogische, petrographisch-geologische, petrologische, geotechnische und geophysikalische Beiträge, analytische Abhandlungen fehlen in diesem Band.

Band 58 enthält auch den Bericht der 53. Hauptversammlung unserer Gesellschaft in Brig mit 3 Referaten, die Berichte über die gemeinsamen Exkursionen mit der Schweiz. Geologischen Gesellschaft wurden dagegen in den Eclogae geol. Helv. veröffentlicht.

Über den Verlagswechsel unserer Zeitschrift orientierte eine Mitteilung in Heft 1/2. Die Schulthess Polygraphischer Verlag AG als Nachfolgerin der Leemann AG interessierte sich aus verschiedenen Gründen nicht für die Übernahme unserer Zeitschrift. Aufgrund verschiedener Offerten wurde durch die vom Vorstand speziell eingesetzte Kommission ein neuer Vertrag mit der Stäubli AG, Zürich, abgeschlossen. Das äussere Erscheinungsbild der Zeitschrift bleibt abgesehen von einer leichten Veränderung des Schriftbildes bestehen, durch den Einsatz moderner Verfahren (Lichtsatz, Offset) konnten die Gestehungskosten günstig gestaltet werden.

Der Redaktor dankt allen Mitarbeitern, speziell dem Quästor V. Köppel, für ihre Mithilfe bestens. Er bittet die Autoren erneut, nicht nur saubere und kurzgehaltene Manuskripte abzugeben, sondern vor allem auch um Rücksendung der Korrekturen innert nützlicher Frist. Sie tragen damit entscheidend zum regelmässigeren Erscheinen der Zeitschrift bei.

Der Redaktor: *W. F. Oberholzer*

Jahresrechnung 1978

Betriebsabrechnung

Einnahmen:	Mitgliederbeiträge	20 001.52
	Zinsen	2 977.90
	Zeitschrift, Verkauf	25 045.50
	Zeitschrift, Autorbeiträge	9 121.–
	Subvention SNG	12 000.–
		69 145.92
Ausgaben:	Zeitschrift, 1/1977	20 097.30
	Zeitschrift, 2/1977	24 336.60
	Zeitschrift, 3/1977	22 394.–
	IMA und IAGC	221.40
	Honorare	4 500.–
	Verwaltung und Drucksachen	4 237.40
	Beitrag SNG	1 440.–
	Reisebeiträge	1 000.–
		78 226.70
Betriebsverlust		- 9 080.78
		69 145.92

Bilanz per 31.12.1978

Aktiven:	Postcheck	1 387.56
	Kontokorrent	403.70
	Depositenkonto	5 924.30
	Anlagesparkonto	46 126.10
	Kasse	239.71
	Wertschriften (nominal)*	12 000.–
Passiven:	Rückstellung Zeitschrift	- 50 000.–
Kapitalstand per 31.12.1978		16 081.37
	Kapitalstand 31.12.1977	25 162.15
	Betriebsverlust	- 9 080.78
		16 081.37

Zürich, 17. Januar 1979 Der Kassier: *M. Weibel*

B. Sitzungsprotokoll

1. Geschäftliche Sitzung

Samstag, 6. Oktober 1979, 15.25 Uhr
Collège propédeutique de la Faculté des Sciences (CPFS), Dorigny/Lausanne
Vorsitz: Prof. Dr. M. Grünenfelder, Zürich (Präsident)
Anwesend: 15 Personen

1. Bericht des Präsidenten über das Geschäftsjahr 1979 (siehe Seite 409)
2. Bericht des Redaktors (siehe Seite 410)
3. Bericht des Kassiers über den Abschluss der Jahresrechnung 1978 (siehe Seite 411)
4. Budget 1980: Für das Jahr 1980 legt der Kassier ein ausgeglichenes Budget mit einer Bilanzsumme von Fr. 70 000.- vor, das einstimmig genehmigt wird.

Einnahmen:		*Ausgaben:*	
Mitgliederbeiträge	20 000.–	Zeitschrift	58 000.–
Zeitschrift Verkauf	22 000.–	Kongresse	1 000.–
Autorbeiträge	12 000.–	Int. Organisationen	500.–
Inserate	500.–	Drucksachen, Verwaltung	9 000.–
Zinsen	1 500.–	SNG-Beitrag	1 500.–
Subvention SNG	14 000.–		
	70 000.–		70 000.–

* nach Kündigung von Fr. 9000.–

5. Wahl eines neuen Vorstandes für die Jahre 1980–82. Zum neuen Präsidenten wird einstimmig Prof. R. Chessex, Genf, gewählt, der für das ihm entgegengebrachte Vertrauen dankt und die Wahl annimmt.

   Der übrige Vorstand setzt sich wie folgt zusammen:

Vizepräsident:	Prof. B. Kübler, Neuchâtel
Sekretär:	Prof. S. Graeser, Basel
Kassier:	PD Dr. V. Köppel, Zürich
Redaktor:	Dr. W. Oberholzer, Zürich
Beisitzer:	Prof. S. Ayrton, Lausanne
	Prof. M. Delaloye, Genève
	Prof. M. Frey, Basel
	Prof. E. Nickel, Fribourg
	Prof. Tj. Peters, Bern

6. Wahl eines Rechnungsrevisors für die Jahre 1980–1981. Anstelle des turnusgemäss ausscheidenden Dr. J. Bertrand (Genève) wird Prof. M. Maggetti (Fribourg) gewählt.

Der Sekretär: *S. Graeser*

2. Wissenschaftliche Sitzung

Samstag, 6. Oktober 1979, 08.00–12.30 und 14.00–15.20 Uhr, Collège propédeutique de la Faculté des Sciences.
Vorsitz: Prof. S. Graeser, R. Woodtli, Tj. Peters
Anwesend: 40–50 Personen

Kurzvorträge

S. Girsperger (Zürich): *Das Laboratorium für experimentelle Petrologie in Zürich.*

V. Dietrich (Zürich), **A. Esenwein** (Dübendorf), **E. Nisbet** (Cambridge), **P. Nievergelt** (Zürich): *Röntgenspektrometrische Totalanalyse von Mineralien und Gesteinen.*

B. Ayranci (Zürich): *Simultananalyse von H_2O, gesamtem und karbonatischem CO_2 in Gesteinen* (siehe dieses Heft, Seite 395).

K. Hammerschmidt (Bern): *Elementverteilung im Phengitgitter.*

M. Maggetti[1] und **R. Heimann**[2] (Fribourg): *Bildung und Stabilität von Gehlenit in römischer Feinkeramik.*

Das Gehlenit-Problem

Antike feinkeramische, Ca-reiche Scherben sind gewöhnlich Gehlenitfrei, während Brennproben des vermuteten kalkreichen Ausgangstones im Bereich von 850–1050 °C erhebliche Gehlenitgehalte aufweisen (MAGGETTI und KÜPFER, 1978, KÜPFER und MAGGETTI, 1978). Untersuchungen an

[1] Min. Petr. Institut, Universität, Pérolles, CH-1700 Fribourg.
[2] McMaster University, Institute for Materials Research, Hamilton, Ontario, LBS 4M1 Canada.

rezenten kalkhaltigen bis kalkreichen Ziegelrohstoffen bestätigen, dass Gehlenit im Brand gebildet wird (PETERS und JENNI, 1973), obwohl es sich um eine thermodynamisch metastabile Phase handeln muss, da die Zusammensetzung der modernen und antiken Rohstoffe im normativen Dreieck SiO_2- CaO+MgO+FeO-Al_2O_3 ausserhalb des Stabilitätsfeldes von Gehlenit liegt. Daher schlossen KÜPFER und MAGGETTI, dass Gehlenit auch in den antiken Scherben gebildet wurde, dass er sich aber im humiden Klimabereich im Kontakt mit wandernden Bodenlösungen zu Calcit umwandelte. Letzterer ist tatsächlich in vielen Scherben zu erkennen.

Um diesen Prozess auch experimentell nachzuweisen, wurden Proben des gebrannten mergeligen Tons von La Péniche (LP 141, 950 °C) und calcitführender natürlicher Gehlenit (Fassatal, Südtirol, Italien) simulierten Bodenlösungen ausgesetzt.

Bildung von Gehlenit beim keramischen Brand

Grundsätzlich sind zwei Haupt-Prozesse zu unterscheiden, die beim Brennen calcithaltiger Tone zur Entstehung von Gehlenit führen:

a) Reaktionen zwischen dissoziierendem Calcit mit freien Komponenten der zerfallenden Tonminerale (Al_2O_3, SiO_2).
b) Reaktion von primärem An-reichem Plagioklas mit dissoziierendem Calcit.

Die einzelnen Reaktionen des ersten Typs wurden von PETERS und JENNI (1973) sorgfältig mit einer Hochtemperatur-Kamera untersucht. Sie entsprechen denjenigen, die bereits von JANDER und PETRI (1938) beschrieben wurden. Diese Autoren geben folgende Gleichungen an:

(1) $$12\,CaCO_3 + 7\,Al_2O_3 \longrightarrow Ca_{12}Al_{14}O_{33} + 12\,CO_2$$

$$Ca_{12}Al_{14}O_{33} + 6\,SiO_2 \longrightarrow 6\,Ca_2Al[(Al,Si)_2O_7] + Al_2O_3,$$

(2) $$2\,CaCO_3 + SiO_2 \longrightarrow Ca_2SiO_4 + 2\,CO_2$$
$$Ca_2SiO_4 + Al_2O_3 \longrightarrow Ca_2Al\,[(Al,Si)_2O_7],$$

und

(1a) $$Ca_{12}Al_{14}O_{33} + 5\,Al_2O_3 \longrightarrow 12\,CaAl_2O_4$$

(2a) $$Ca_2SiO_4 + SiO_2 \longrightarrow 2\,CaSiO_3$$

(1a)+(2a) $$CaAl_2O_4 + CaSiO_3 \longrightarrow Ca_2Al\,[(Al,Si)_2O_7].$$

Gleichung (1) beschreibt die schnelle Hauptreaktion, Gleichung (2) die erheblich langsamere Nebenreaktion. Die Reaktionen unter Beteiligung von Calciumaluminat und Wollastonit (1a + 2a) sind stark verzögert und daher in diesem Zusammenhang zu vernachlässigen.

Nach YODER (1950) reagiert der primäre calciumreiche Plagioklas des Tons mit Calcit zwischen 700 und 800 °C unter Bildung von Gehlenit und Wollastonit:

(3) $$CaAl_2Si_2O_8 + 2\,CaCO_3 \longrightarrow Ca_2Al\,[(Al,Si)_2O_7] + CaSiO_3 + 2\,CO_2$$

Jedoch erfordert die vollständige Wegreaktion des Plagioklases nach Gleichung (3) eine homogene Verteilung des Calcits in der tonigen Matrix. Zudem ist das Vorkommen von Ca-reichem Plagioklas in einem Ton eher selten, so dass die Gleichung (3) nur von untergeordneter Bedeutung sein kann.

Oberhalb 1050 °C wird der Gehlenit zu Anorthit umgewandelt entsprechend den Gleichungen

(4) $$Ca_2Al\,[(Al,Si)_2O_7] + 2\,SiO_2 \longrightarrow CaAl_2Si_2O_8 + CaSiO_3$$

(5) $$Ca_2Al\,[(Al,Si)_2O_7] + 3\,SiO_2 + Al_2O_3 \longrightarrow 2\,CaAl_2Si_2O_8$$

Diese beiden Reaktionen verlaufen relativ schnell.

Simulation der Bodenlagerung

Die gepulverten Substanzen (LP 141 und Gehlenit) reagierten in teflonausgekleideten Autoklaven von 7 ml Volumen mit den Lösungen bei 200 °C während mindestens zwei Wochen. Die Temperatur wurde gewählt, um die Reaktionsgeschwindigkeit zu erhöhen, ohne jedoch den Reaktionsmechanismus allzusehr zu beeinflussen. Unter Berücksichtigung der ungefähren Verdoppelung der Reaktionsgeschwindigkeit bei Erhöhung der Temperatur um 10 °C entspricht eine Temperatur von 200 °C einer realistischen Bodenlagerungszeit von etwa 2000 Jahren. Die genaueren Details über die experimentelle Seite (Lösungen usw.) können der Arbeit HEIMANN und MAGGETTI (1980) entnommen werden.

Es wurden 4 Lösungsgruppen verwendet:

Gruppe 1 Verdünnte anorganische und organische Säuren (z. B. Salzsäure) pH 1–2.7
Gruppe 2 Standardpufferlösungen (z. B. Natriumcitrat-Salzsäure) pH 3–11
Gruppe 3 Cyclische organische Substanzen (z. B. Huminsäuren) pH 4.3 und 8.5
Gruppe 4 Phosphatlösungen (z. B. Calciumdihydrogenphosphat) ph 5–6, Raumtemperatur, 7 Monate Reaktionszeit.

Einige Lösungen wurden mit festem CO_2 versetzt, um die Verhältnisse der Realität anzupassen.

Auf der Grundlage der beschriebenen Experimente kann folgendes vorläufige Abbauschema des Gehlenites gegeben werden:

1) *Lösungen der Gruppe 1*

Ohne CO_2 sind Hydrogrossular (Hibschit) und geringe Mengen von $CaAl_2O_4.10H_2O$ die Abbauprodukte von Gehlenit; alle verwendeten Säuren reagieren in gleicher Weise mit Ausnahme von Oxalsäure, die zur Ausfällung von Whewellit führt.

2) *Lösungen der Gruppe 2*

Gehlenit reagiert mit CO_2-haltigen Lösungen zu *Calcit* im pH-Bereich 3–6. Zwischenprodukte sind Zeolithe (Wairakit, Scawtit). Daneben entsteht auch Montmorillonit.
Bei höheren pH-Werten bleibt Gehlenit erhalten, während sich An-reicher Plagioklas, Diopsid und/oder Wollastonit zu Calcit und Montmorillonit umsetzen. Aus der mehr oder weniger glasigen Matrix entsteht Ca-Harmotom (Garronit). Der Reaktionsmechanismus ist jedoch sehr komplex und die gegenseitige Beeinflussung der Reaktionswege können gegenwärtig noch nicht im Detail verstanden werden.
Ohne CO_2 bleiben alle Ca-haltigen Phasen auch bei hohen pH-Werten erhalten.

3) *Lösungen der Gruppe 3*

Abbauprodukte von Huminsäuren führen bei Gegenwart von CO_2 zur Bildung einer Reaktionsfolge von Calciumcarbonat-Modifikationen (Vaterit, Aragonit) unterschiedlicher Stabilität in bezug auf den Calcit, der das stabile Endprodukt darstellt.

4) *Lösungen der Gruppe 4*

Diese Lösungen bewirken den langsamen Abbau des Gehlenits unter Bildung von Brushit ($CaHPO_4.2\ H_2O$). Das gilt jedoch nur für die Dihydrogenphosphate. Das Diammoniumhydrogenphosphat bedingt keinerlei Änderung des Mineralbestandes.

Diese Experimente bestätigen demnach die Hypothese, dass sich Gehlenit im Boden unter Einfluss CO_2-haltiger Bodenlösungen zu Calcit zersetzen kann: Eine zusätzliche Bestätigung der Wirk-

samkeit der postulierten Abbaureaktionen wird durch den Nachweis weiterer experimentell gefundener Reaktionsprodukte (Garronit, Wairakit) in zwei römischen Terra Sigillata-Scherben erbracht (MAGGETTI, 1980).

Einfluss der Korngrösse auf die Gehlenitbildung

Die weitere röntgenographische Untersuchung der Scherben aus den anderen 3 römischen Töpferateliers von Lausanne (MAGGETTI, 1979) erbrachte überraschenderweise das Ergebnis, dass im gleichen Fundkomplex *gehlenithaltige* wie gehlenit*freie* feinkeramische Ware vorkommt, obwohl beide denselben CaO-Gehalt besitzen und bei gleichen Bedingungen gebrannt wurden (oxidierende Brandführung, gleiche Brenntemperatur). Eine Erklärung durch andersartige Bodenlösungen scheidet aus, da alle Scherben nebeneinander gefunden wurden und somit sicher den gleichen Bedingungen der Bodenlagerung unterworfen waren.

Ein Hinweis auf die mögliche Ursache dieses Phänomens ist bei PETERS und JENNI (1973) gegeben. Aus den Reaktionsverläufen der einzelnen Ziegelrohstoffen ist nämlich zu entnehmen, dass sich Gehlenit im Gesamtgestein bildet, in der Fraktion $< 2\,\mu m$ derselben Mischung - trotz vergleichbarem CaO-Gehalt - hingegen nicht! Es muss deswegen angenommen werden, dass die Bildung von Gehlenit in einem Ca-reichen Scherben auch korngrössenbedingt ist. Die Präsenz von Gehlenit in archäologischen Scherben kann demnach als ein Indiz für ein relativ grobes Ausgangsmaterial gewertet werden. Das Fehlen von Gehlenit in der Terra Sigillata (die ja ein ausgezeichnet aufbereitetes Material darstellt!) ist deswegen wohl nicht primär auf eine Zersetzung dieses Materials im Boden zurückzuführen, sondern auf die Auswahl feinkörniger Rohstoffe und deren perfekten Aufbereitung. Der Calcit in diesen Scherben muss demnach während der Bodenlagerung von aussen zugeführt worden sein.

Schlussfolgerung

Das Fehlen bzw. Vorhandensein von Gehlenit in einem CaO-haltigen antiken Scherben ist nach dem Gesagten auf folgende Ursachen zurückzuführen:

1) *Korngrösse*. Gehlenit wurde nicht gebildet, da ein gut aufbereiteter und daher feinkörniger Ton verwendet wurde.
2) *Bodenlagerung*. Gehlenit wurde ursprünglich gebildet, später aber durch entsprechende Bodenlösungen des humiden Klimas zersetzt.
3) *Brennprozess*. Gehlenit wurde im Brand gebildet, später aber zu Anorthit umgewandelt, entweder durch Brenntemperaturen oberhalb 1100 °C oder durch extrem lange Haltezeiten bei der Ofenmaximal-Temperatur.

Der dritte Effekt scheidet im Falle der römischen Ware aus, da die Brenntemperaturen nicht über 1050 °C gingen und die Haltezeit nicht übermässig lange war (ca. 1 h, vgl. MAYES, 1961; DREWS, 1979).

Danksagung

Die Autoren danken Herrn Dr. Th. Mumenthaler (Zürcher Ziegeleien) für den Hinweis auf den Korngrösseneffekt, und Herrn Prof. Tj. Peters für die anregenden Diskussionen.

Literatur

DREWS, G. (1979): Persönliche Mitteilung.

HEIMANN, R. und MAGGETTI, M. (1980): Experiments on simulated burial of calcareous terra sigillata (mineralogical change). Preliminary results. British Museum Occasional Papers, im Druck.

JANDER, W. und PETRI, J. (1938): Die Bildung von Anorthit und Gehlenit durch Reaktionen im festen Zustande. Zeitschrift für Elektrochemie, 44, 747.
KÜPFER, T. und MAGGETTI, M. (1978): Die Terra Sigillata von La Péniche (Vidy, Lausanne). Schweiz. Miner. Petr. Mitt. 58, 189–212.
MAGGETTI, M. und KÜPFER, T. (1978): Composition of the terra sigillata from La Péniche (Vidy, Lausanne, Switzerland). Archaeometry, 20, 2, 183–188.
MAGGETTI, M. (1980): Composition of Roman pottery from Lausanne (Switzerland). British Museum Occasional Papers, im Druck.
MAYES, P. (1961): The firing of a pottery kiln of Romano-British type at Boston, Lincs. Archaeometry, 4, 4–30.
PETERS, T. und JENNI, J.-P. (1973): Mineralogische Untersuchungen über das Brennverhalten von Ziegeltonen. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechn. Serie, Liefg. 50, Bern, Kümmerly und Frey.
YODER, H.S. (1950): Stability relations of grossularite. Journal of Geology, 58, 221.

P. Zgraggen (Bern): *Die Möglichkeit der Verwendung von karbonathaltigen Molassesandsteinen als Rohstoffe für dampfgehärtete Baustoffe.*

M. Massaad (Den Haag): *Stabilisation des sables mouvants.*

T. Mumenthaler (Bern/Zürich): *Zusammensetzung und Verwertungsmöglichkeit von schweizerischen Kiesschlämmen.*

I. Mercolli Zürich): *Einfluss des Fluors auf Reaktionen mit Talk und Tremolit.*

W. Heiko Oterdoom (Zürich)*: *Plagioclase-Scapolite-Calcite Phase Relations in high metamorphic argillaceous Limestones*

Between the alternating limestone and marl layers of the Anisico at the S-rim of the Adamello, grossular has been formed as well as minerals like diopside and wollastonite during the intensive contact metamorphism. The question then arises concerning the mechanism of grossular formation. Since epidote does not occur in the contact aureole, even at lower grade of the Anisico, this mineral

Tab. 1 *Thermodynamic data for meionite* $Ca_4(Al_6Si_6O_{24}).CO_3$

$c^\circ_{p.meio} : c^\circ_{p.reaction}$ = O from 3anorthite + calcite = meionite

$V^\circ_{298.unit\ cell}$ (Å³)		S°_{298} (cal/grad.mol)	
1127	extrapolation from data of Lin and Burley (1973)	169.5	estimated with eq. 80, Helgeson et al. (1978)
>1128	extrapolation from data of Ulbrich (1973). The slope of the equilibrium curve 3an+cc=meio is steep. The value 1128 Å³ implies a too large, non representative entropy value.	170.0	estimated with the method of Fyfe, Turner and Verhoogen (1958)
		170.8	derived from the exp. equilibrium 3an+cc=meio, Goldsmith and Newton (1977) $\frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{\Delta S_R}{\Delta V_R}$ Disorder of the CO_3-groups explains this large value.

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

may be ruled out as a possible reactant in the formation of grossular. However scapolite is involved in the formation of grossular.

In order to get a better microscopic view of the phase relations of scapolite in argillaceous rocks, the more coarse grained calc-silicate lenses at the W-border of the Bergell, particularly along the Chiavenna-complex (SCHMUTZ, 1976) have been investigated in greater detail. Here, the well known reaction-textures between scapolite(scap) and plagioclase(plag) can be observed. The continuous reaction plag + calcite(cc) = scap is the best known reaction in which scapolite takes part (see BARTH [1952], RAMBERG [1952], FYFE [1958], TROMMSDORFF [1966] and KERRICK et al. [1973]). Recently this reaction was experimentally investigated by GOLDSMITH and NEWTON (1977) and ELLIS (1978). Given thermodynamic data for meionite, equilibria between the pure phases calcite, quartz, wollastonite, grossular, anorthite, meionite, clinozoisite and a CO_2-H_2O fluid in the system CaO-Al_2O_3-SiO_2-CO_2-H_2O can be calculated with data of HELGESON et al. (1978). For the thermodynamic data of meionite $V°$ (unit cell) = 1127 Å^3, $S°_{298}$ = 170.8 eu are used here (see tab. 1).

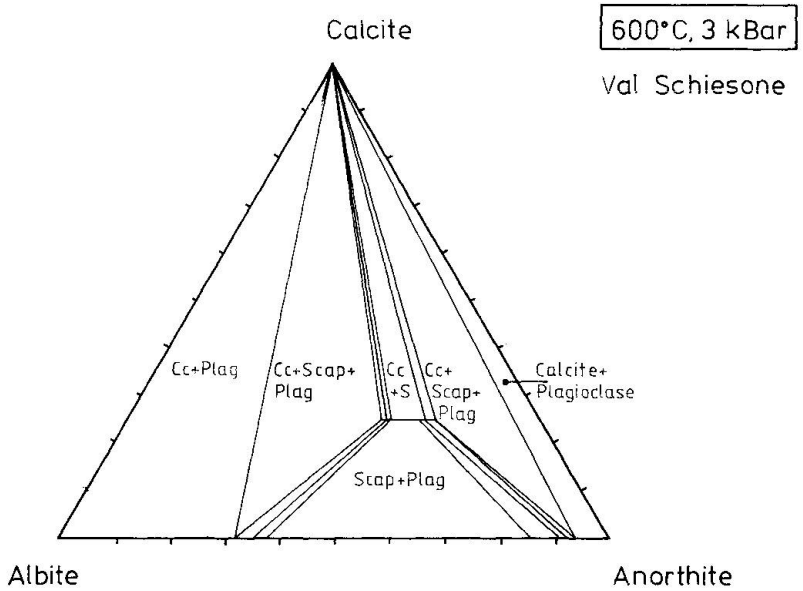

Fig. 1: The phase relations between scap, plag and cc in the upper Val Schiesone. Composition in mol percent.

The discrepancy between the phase relations of the natural and pure systems is sufficiently large (over 350 °C), that solid-solution of plagioclase as well as of scapolite should be considered. Because GOLDSMITH and NEWTON (1977) and ELLIS (1978) have experimentally investigated the equilibrium plag + cc = scap, this reaction has been looked for closely in the field and has been used for the calibration of the solid-solution model. Fig. 1 shows the scap, plag and cc phase relations in the triangle cc-albite(ab)-anorthite(an) at a temperature estimated form field evidence of ca. 600 °C and a pressure of ca. 3 kbar. This presentation applies only to CO_3-scapolites. Cl and SO_3 are only present in traces in these scap-solution members. The composition of scapolite is expressed in equivalent anorthite ($eqAn_x$), see ELLIS (1978). The temperature was estimated with microprobe analyses of the assemblage garnet-plag-wol-qz of the corresponding solid-solution reaction gros + qz = an + wol. The relatively uncertain pressure estimation is based on data of SCHMUTZ (1976). This P and T is calculated for a calc-silicate outcrop in Val Schiesone (752.58/129.27). The phase relations between plag, scap and cc from Val Aurosina (765.15/131.10) are presented in fig. 2. The temperature calibration was established with microprobe analyses of the assemblages cc + trem-rich amphibole + diop + qz as also epidote + cc + plag + qz + garnet (gros-alm-and). Because the corresponding reactions involve fluids, these estimations are less accurate than those of a solid-solid reaction. If these phase relations are plotted in a T-X diagram, temperature versus the plagioclase exchange

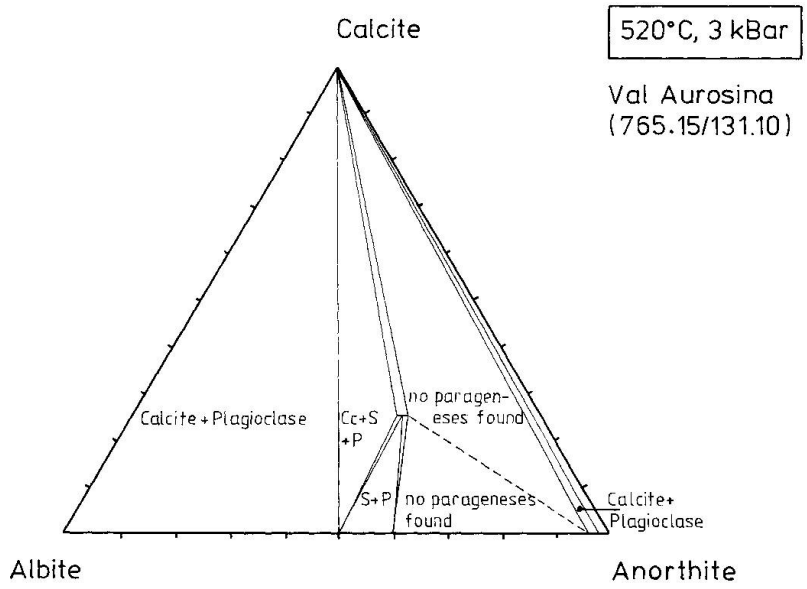

Fig. 2: The phase relations between scap, plag and cc in Val Aurosina. Composition in mol percent.

Tab. 2 *Phase relations between scapolite, plagioclase and calcite. Field- and experimental data.*

Val Schiesone, ca. 600 °C, 3 kbar (752.58/129.27)
$Cc + scap_{eqAn72.5-74.5} + plag_{an91-94}$
$Cc + scap_{eqan62-64} + plag_{an32-38}$
$scap_{eqan71} + plag_{an86}$

Capella di Pizzo, ca. 550 °C, 3 kbar (750.60/129.00)
$Cc + scap_{eqan70-71} + plag_{an94-95}$
$plag_{an51} + plag_{an62-63} + scap_{eqan69-71}$
$plag_{an44-46} + plag_{an94-95}$

Val Aurosina, ca. 520 °C, 3 kbar (765.15/131.10)
$Cc + scap_{eqan65-66} + plag_{an50}$
$scap_{eqan65-66} + plag_{an50} + plag_{an60}$
$plag_{an96-100} + cc$

Eastern Connecticut, A. B. Thompson, 650-700 °C
$Cc + scap_{eqan74} + plag_{an95}$

Waterville-Vassalbo Area (Maine), J. M. Ferry, 550-600°C, 3-3.5 kbar
$Cc + scap_{eqan64} + plag_{an34}$

exp, Ellis (1978), 750 °C, 4 kbar
$Cc + scap_{eqan82} + plag_{an92}$
$Cc + scap_{eqan53} + plag_{an50}$

exp, Goldsmith and Newton (1977): 870 °C, 3 kbar
$Cc + scap_{eqan100} + plag_{an100}$

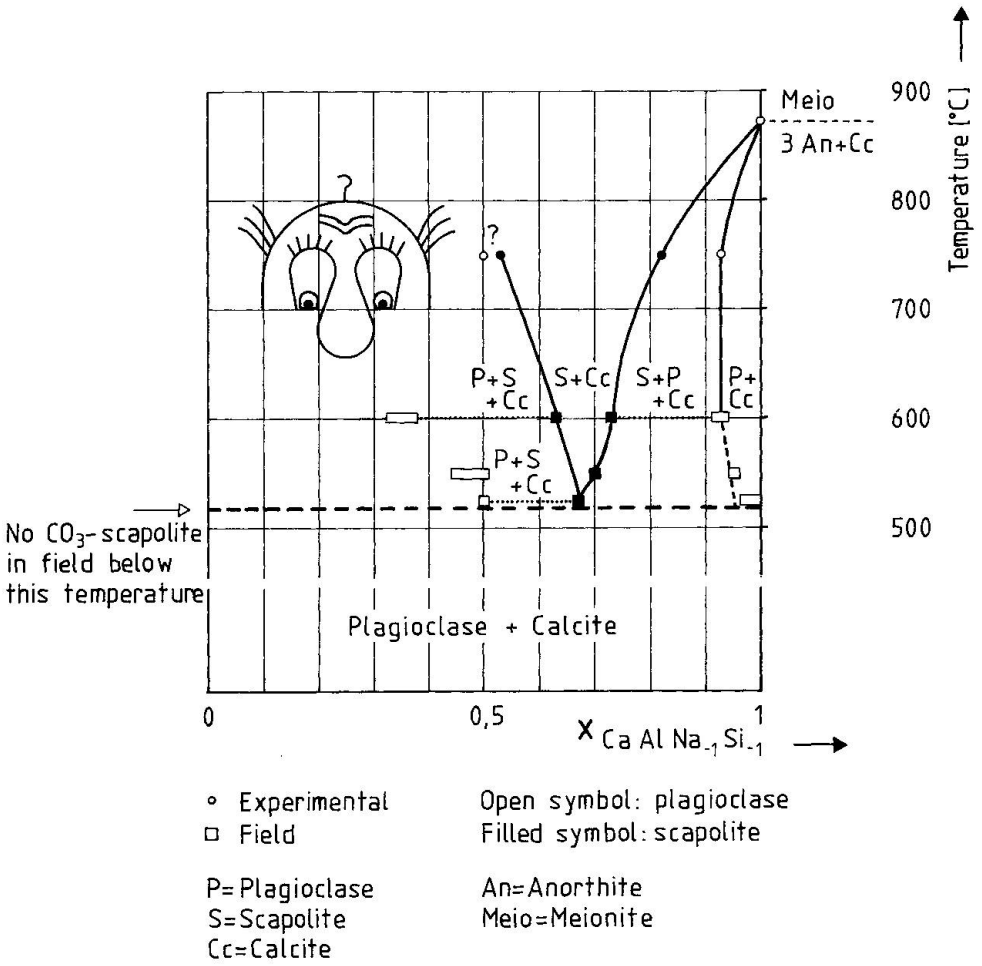

Fig. 3: Isobaric, polythermal phase relations between scapolite, plagioclase and calcite as function of the plagioclase exchange vector CaAl(NaSi)-1. Developed from field-data of the Bergell area (Switzerland). Solid line: composition of scapolite coexisting with plagioclase and calcite. The composition of plagioclase follows closely the phase diagram proposed for intermediate plagioclases by H.-R. Wenk (1979). Projected from $CaCO_3$. Alternatively the x-axis can be labelled with the more familiar variables %An for plagioclase and %eqAn for scapolite. Grossular and clinozoisite are not stable if $X(CO_2)$ is larger than 0.15. P ≈ 3 kbar.

vector $X_{CaAlNa\text{-}1Si\text{-}1}$, which operates in plagioclase as well as in scapolite and if the additional field and experimental data (tab. 2) are considered, then the polythermal phase diagram for scap + plag + cc shown in fig. 3 results. It is especially noteworthy that from ca. 550 °C upwards the stability field scap + cc increases rapidly and scapolite lies at the high temperature side of the continuous reaction plag + cc = scap. This phase diagram is in agreement with the scap + cc assemblage found in the Central Alps, TROMMSDORFF fig. 6 (1966), which is approximately coincident with the staurolite isograd (500-550 °C). Unambiguous phase relations result for $X_{CaAlNa\text{-}1Si\text{-}1} > .65$, no unambiguous ones for $X_{CaAlNa\text{-}1Si\text{-}1} < .65$. Below this value (.65) the stability relations of plagioclase complicate the figure.

The plagioclase phase diagram of H.-R. WENK (1978) and the field data of E.- AND H.-R. WENK (1977) and E. WENK (1977) indicate that at temperatures between 500-600 °C the activity of the an (and ab) component may be almost constant (fig. 4) over a large range of plag composition (an_{30}-an_{90}) (OTERDOOM, 1980). ORVILLE (1972) has determined experimentally, that the plagioclase solid-solution has a positive deviation from an ideal solution at 700 °C and 2 kbar. The current investigation shows that positive deviation from ideality increases markedly for plagioclase with falling temperatures. One should consider that such a solid-solution model for plagioclase implicitly assumes

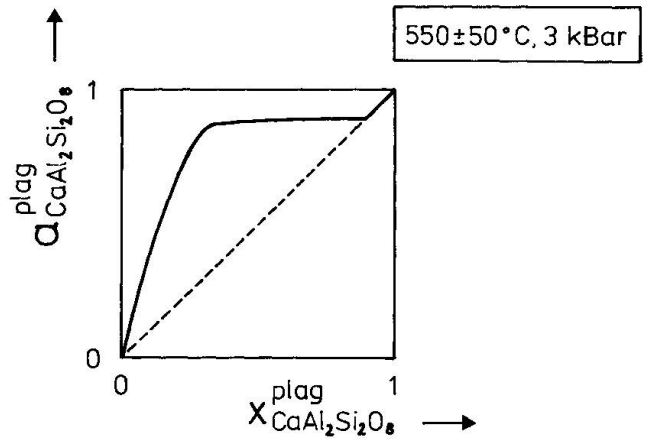

Fig. 4: The activity of the an-component in plagioclase as function of the an content of plagioclase. The plagioclase 2 phase regions have not been drawn.

the stable coexistence of $plag_{an30}+plag_{an63}+plag_{an90}$. This assumption will be difficult to prove, because the Al-Si equilibrium in plagioclase is kinetically sluggish and is possibly metastable at temperature under ca. 800 °C, LAVES (1979).

Acknowledgement

The talk was improved by the constructive review of V. Trommsdorff. Peter Koons looked for the english. Diederik Peper drew very kindly the figures during a long night. Support of the Schweizerischer National Fonds No. 2.115-0.78 is acknowledged. The help of Sven Girsberger by computerising the manuscript is highly appreciated.

References

SMPM = Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.

BARTH, T. F. W. (1952): Theoretical petrology. 1st Edition, New York: John Wiley.

ELLIS, D. E. (1978): Stability and phase equilibria of chloride and carbonate bearing scapolites at 750 °C and 4000 bar. Geochim. et Cosmochim. Acta, 42, 1271-1281.

FERRY, J. M. (1975): Metamorphism of calcareous sediments in the Waterville-Vassalboro Area, South-Central Maine. Ph. D. Thesis, Harvard University.

FYFE, W. S., TURNER, F. J. and VERHOOGEN, J. (1958): Metamorphic reactions and metamorphic facies. Geol. Soc. Am. Memoir 73.

GOLDSMITH, J. R. and NEWTON, R. C. (1977): Scapolite-plagioclase stability relations at high pressures and temperatures in the system $NaAlSi_3O_8$-$CaAl_2Si_2O_8$-$CaCO_3$-$CaSO_4$. Am. Min., 62, 1063-1081.

HELGESON, H. C., DELANY, J. M., NESBITT, H. W. and BIRD, D. K. (1978): Summary and critique of the thermodynamic properties of rock-forming minerals. Am. J. Sci., 278-A.

KERRICK, D. M., CRAWFORD, K. E. and RANDAZZO, A. F. (1973): Metamorphism of calcareous rocks in three roof pendants in the Sierra Nevada, California. J. Petrol., 14, 303-325.

LAVES, F. (1977): Gedanken zum stabilen Phasendiagramm der Plagioklase. SMPM, 59, 19-23.

LIN, S. B. and BURLEY, B. J. (1973): On the weak reflections violating body-centered symmetry in scapolites. Tschermaks Min. Petr. Mitt., 20, 28-44.

OTERDOOM, W. H. (1980): Ph. D. Thesis, ETH-Zurich, in preparation.
RAMBERG, H. (1952): The origin of metamorphic and metasomatic rocks. Chicago: University of Chicago Press.
TROMMSDORFF, V. (1966): Progressive Metamorphose kieseliger Karbonatgesteine in den Zentralalpen zwischen Bernina und Simplon. SMPM, 46, 431-460.
WENK, E. (1977): Zur Verbreitung und Paragenese von gesetzmässigen mikroskopischen Verwachsungen zweier und dreier Plagioklase im Lepontin. SMPM, 57, 460-463.
WENK, E. and WENK, H.-R. (1977): An-variation and intergrowths of plagioclases in banded metamorphic rocks from Val Carecchio (Central Alps). SMPM, 57, 41-57.
WENK, H.-R. (1979): Superstructure variation in metamorphic intermediate plagioclase. Am. Min., 64, 71-76.

H. R. Pfeifer (Lausanne), **A. Deutsch** (Zürich): *Fluide Phase und Stofftransport während der Metamorphose von Serpentiniten.*

Fontignie, D., Bertrand, J. et **Delaloye, M.** (Genève): *Nouvelles données sur des âges potassium-argon de diverses ophiolites au col des Gets (Haute-Savoie, France).*

Les améliorations qui sont apparues en géochronométrie potassium-argon tant sur le plan méthodologique que sur le plan technologique nous ont conduits à reprendre quelques anciennes analyses d'échantillons importants provenant d'éléments ophiolitiques du Col des Gets.

Parmi les améliorations méthodologiques, le développement de techniques regroupant des ensembles d'échantillons a permis de tenir compte des surpressions d'argon, phénomènes fréquents et difficiles à maîtriser dans les échantillons pauvres en potassium. Comme nous avons introduit une correction qui permet d'éviter certains décalages d'échelle, les résultats sont plus justes.

Quant aux améliorations technologiques, signalons l'utilisation d'un spectromètre de masse digitalisé et automatisé et l'emploi d'une calculatrice puissante, interconnectée avec un ordinateur. Les résultats sont ainsi obtenus plus facilement, ils sont plus précis et leurs incertitudes mieux cernées.

L'échantillonnage utilisé est constitué de diabases et de gabbros. La diversité des sites exploités suggère sa bonne représentativité. Les analyses ont porté sur des amphiboles isolées et sur des roches totales.

Un âge global Jurassique moyen à supérieur (165.3 ± 9.6 ma) a été obtenu. La surpression d'argon est faible ($^{40}Ar/^{36}Ar = 336 \pm 34$).

Cet âge confirme l'hypothèse de WEIDMANN et al. (1966) qui donnaient un âge Jurassique supérieur aux éléments volcaniques de l'unité supérieure de la Nappe de la Simme s.l. alors que l'âge stratigraphique doit être compris, selon ces mêmes auteurs, entre l'Albien et le Turonien.

Il y a une concordance satisfaisante avec les âges des roches vertes de l'Apennin d'où ces éléments ophiolitiques tirent, selon de nombreux auteurs, leur origine.

E.-M. Klaper (Zürich): *Zur Deformation und Metamorphose der mesozoischen Gesteine in der obersten Valle Maggia.*

A. Gautschi*: *Geologie und Petrologie des Fedozer Gabbros (Östliche Zentralalpen; Prov. Sondrio, N-Italien/Kt. Graubünden, Schweiz)*

Abstract

Well preserved relics of a pre-Alpine granulite facies metamorphism have been discovered for the first time in the meta-gabbro complex (Fedoz Gabbro) north of the Malenco ultramafic body (Eastern Central Alps, Swiss/Italian border). The main part of the mass has been transformed into «flaser type» chlorite-actinolite-clinozoisite-albite gneisses by the superimposed Alpine regional metamorphism in greenschist facies. In a last event, the Bergell contact metamorphism has overprinted the western part of the meta-gabbro complex. Metamorphic history and geological field observations indicate that the Fedoz Gabbros are not of ophiolitic origin as suggested by DIETRICH et al. (1974) and as shown on the Geological Map of Switzerland 1:500 000 (1972 edition). Austroalpine (or South Alpine) affinities are attributed to the cristalline basement of the Margna nappe.

Einleitung

Die in der Literatur meist als *Fedozer Gabbro* (STAUB, 1917) bezeichneten Metagabbromassen am Nordrand des Malencoserpentinits werden, basierend auf einer ausführlichen geologischen, petrologischen und geochemischen Untersuchung, erstmals umfassend beschrieben (GAUTSCHI, in Vorbereitung). Die vorliegende Abhandlung stellt eine kurze Zusammenfassung des ersten Teils der Arbeit dar.

Tektonische Stellung

Über die tektonische Stellung des Fedozer Gabbros liegen widersprüchliche Ansichten vor. STAUB stellte den Gabbro in seinen früheren Arbeiten (1917, 1921) und auf der Geologischen Karte der Berninagruppe (1946) ins *Altkristallin der Margnadecke*, auf der Tektonischen Karte der südlichen rhätischen Alpen (Einschub auf der Geologischen Karte der Berninagruppe) ordnet er jedoch einen Teil des Komplexes den *Ophiolithdecken von Malenco-Maroz* zu. Einige neuere Übersichtsdarstellungen stellen den gesamten Metagabbro zu den *mesozoischen Ophiolithen* (Geologische Karte der Schweiz 1:500 000, Ausgabe 1972; DIETRICH et al., 1974).

Geologie

Die geologische Situation und die geographische Verbreitung des Fedozer Gabbros gehen aus Fig. 1 hervor. Eine ausführlichere Erläuterung zu dieser Figur ist in GAUTSCHI und MONTRASIO (1978) publiziert.

Die mit dem Altkristallin der Margnadecke entlang *stark tektonisierterKontakte* verschuppten und verfalteten Metagabbromassen biegen am Murettopass in Form einer mächtigen flachliegenden Falte um, wobei der von Gneisen umhüllte Gabbrokern die Deckenstruktur der Margnadecke beispielhaft abbildet. Der mehrere Kilometer lange Kontakt der Gabbros zum Malencoserpentinit ist ebenfalls durchwegs tektonischer Natur.

Die *alpine Regionalmetamorphose (Grünschieferfazies)* hat die Gabbros fast vollständig in flaserige Chlorit-Aktinolith-Klinozoisit-Albitschiefer und -gneise umgewandelt, die westlichsten Teile lassen noch eine zusätzliche Überprägung durch die spätere *Bergeller Kontaktmetamorphose* erkennen. Einzig im Kern einer grossen Synform des Malencoserpentinits (E Monte Braccia) sind Gesteine des Fedozer Gabbros mit gut erhaltenen magmatischen Strukturen (rhythmisches Layering, Gänge) und vereinzelt auch mit *voralpinen* Mineralassoziationen (Plagioklas + Klinopyroxen + Orthopyroxen ± Spinell ± Olivin) aufgeschlossen.

Das Kristallin der Margnadecke, in welchem die Gabbros als Einschaltungen erscheinen, lässt stellenweise noch eine *voralpine hochgradige Regionalmetamorphose* erkennen, die beispieslweise durch Wollastonitrelikte in Marmoren (SCHUHMACHER, 1975) belegt werden kann.

---

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

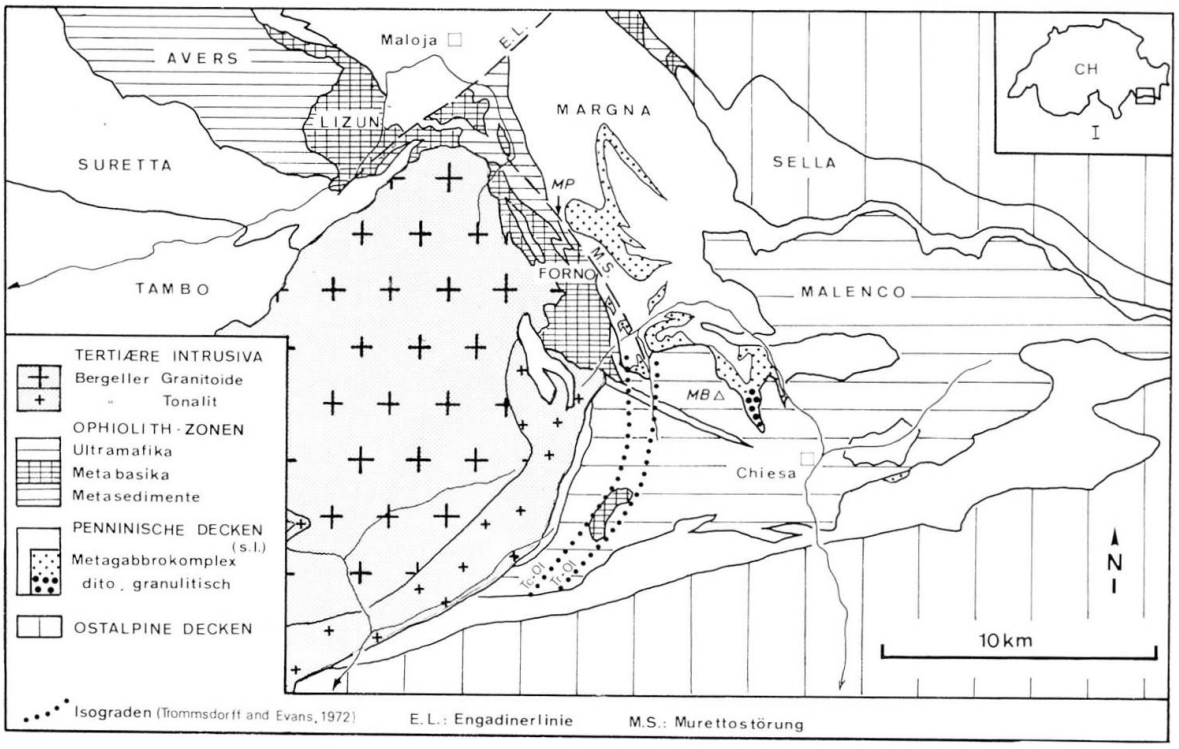

Fig. 1: Geologisch-tektonische Übersicht östliches Bergell-Malenco (Prov. Sondrio, N-Italien/ Kt. Graubünden, Schweiz). MB = Monte Braccia, MP = Murettopass.

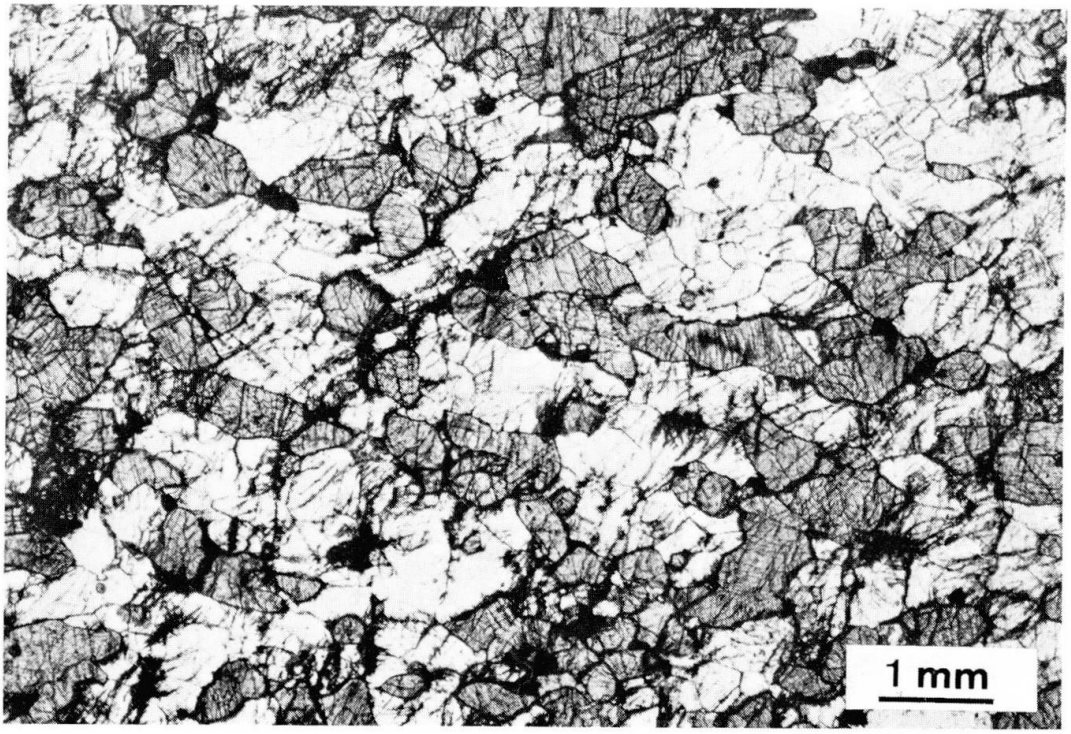

Fig. 2: Granoblastisches Gefüge mit schwacher Paralleltextur in einem Meta-Gabbronorit. Plagioklas-Gleichgewichtsgefüge mit 120° Korngrenzenwinkeln. SW A. Braccia. //Nic.

Voralpine Mineralassoziationen

In den wenigen Proben aus dem Gebiet östlich des Monte Braccia, in denen noch der vollständige voralpine Mineralbestand erhalten ist, treten verschiedene Paragenesen auf, die nach dem Mineralinhalt als *Gabbros, Gabbronorite* (z.T. mit akzessorischem grünem Spinell) und *Olivin-Gabbronorite* bezeichnet werden müssen. Das Gefüge dieser massigen Gesteine ist jedoch granoblastisch und die gut erhaltenen voralpinen Plagioklase (An 50) zeigen eine metamorphe Gleichgewichtstextur mit 120° Korngrenzenwinkeln (Fig. 2). Diese texturellen Kriterien weisen auf eine starke voralpine Metamorphose der Gabbros hin.

Eine Subsolidus-Reequilibrierung in den Pyroxenen ist durch Entmischungslamellen angezeigt (grobe Opx-Lamellen in Cpx und feine Cpx-Lamellen in Opx). Bemerkenswert sind zudem die extrem hohen Al_2O_3-Werte von 3,5% in Orthopyroxen bis 7% in Klinopyroxen.

Komplexe *Koronabildungen* treten zwischen Olivin und Plagioklas auf, wo die Reaktionen Olivin + Plagioklas = Al-Orthopyroxen + Al-Klinopyroxen ± Spinell und Olivin + Plagioklas = Orthopyroxen + Granat + Amphibol abgelaufen sind.

Für die verschiedenen Orthopyroxen/Klinopyroxen-Paare in einem Olivin-Gabbronorit wurden die *Gleichgewichtstemperaturen* nach der Methode von WELLS (1977) berechnet. Für das Paar Opx/Cpx als Gesamtphasen (d.h. inklusive Entmischungslamellen) ergaben sich Temperaturen um 1000°C, was für eine ursprünglich magmatische Kristallisation spricht. Die Temperaturen für die Subsolidus-Reequilibrierung im Klinopyroxen (Opx/Cpx-Paar = Opx-Lamellen/Cpx-Wirt) und für das Opx/Cpx-Paar aus der Olivin-Plagioklas Reaktion liegen um 825°C respektive 800°C.

Die im vorliegenden Fall ermittelten Temperaturen von 800°C für die Olivin -Plagioklas Reaktion lassen aufgrund von experimentellen Daten (GREEN and RINGWOOD, 1967, u.a.) auf *Drucke von $P > 6$ kb für die Koronabildung schliessen.*

Sowohl Mineralogie wie Textur der besprochenen Gesteine weisen auf eine postmagmatische Subsolidus-Reequilibrierung unter Bedingungen hin, welche mit einer *Granulitfaziesmetamorphose* vergleichbar sind. Eine *langsame Abkühlung* eines in ein tieferes Krustenniveau intrudierten Gabbrokomplexes würde diesen Forderungen ebenfalls genügen.

Alpine Regionalmetamorphose

Die progressive Umwandlung dieser voralpinen granulitischen Metagabbros durch die alpine Regionalmetamorphose ist eine reine Funktion der zur Verfügung stehenden *Wassermenge* und somit indirekt auch stark abhängig von der *Deformation*. Retrograde Umwandlungen finden deshalb zuerst entlang Korngrenzen, Rissen und Scherzonen statt, wo das Wasser von aussen her zugeführt werden konnte.

Auf kurze Distanz lassen sich sämtliche Übergangsstadien beobachten, vom frischen granulitischen Metagabbro, über den «pseudomorphen Typ» (Amphibol- und Amphibol/Chlorit-Pseudomorphosen nach Klino- und Orthopyroxen), bis zu den unter Grünschieferfaziesbedingungen equilibrierten flaserigen Chl-Akt-Klz-Albitgneisen, welche die Hauptmasse des Metagabbrokomplexes bilden.

Bergeller Kontaktmetamorphose

Die komplexen Phasenbeziehungen in mafischen Gesteinen wurden kürzlich in einigen z.T. noch unveröffentlichten Publikationen umfassend beschrieben (z.B. LAIRD and ALBEE, in press; LAIRD, THOMPSON and THOMPSON, in prep.). Die P-T Abhängigkeit von verschiedenen gekoppelten Substitutionen innerhalb der verbreiteten 5-Phasenparagenese Amphibol+Chlorit+Plagioklas+Epidot+Quarz konnte empirisch bestimmt werden. Die Autoren stellten unter anderem fest, dass das Auffüllen des vakanten A-Platzes im Amphibol (Edenitsubstitution: Na^A, $Al \rightleftharpoons \square$, Si) vielmehr eine Funktion der zunehmenden Temperatur als eine Funktion des Druckes ist. Im Gegensatz dazu ist die M4-Platz Besetzung durch Na stark druckabhängig.

Unter Berücksichtigung dieser Beziehungen können im Einflussbereich der Bergeller Kontaktmetamorphose folgende Veränderungen festgestellt werden:

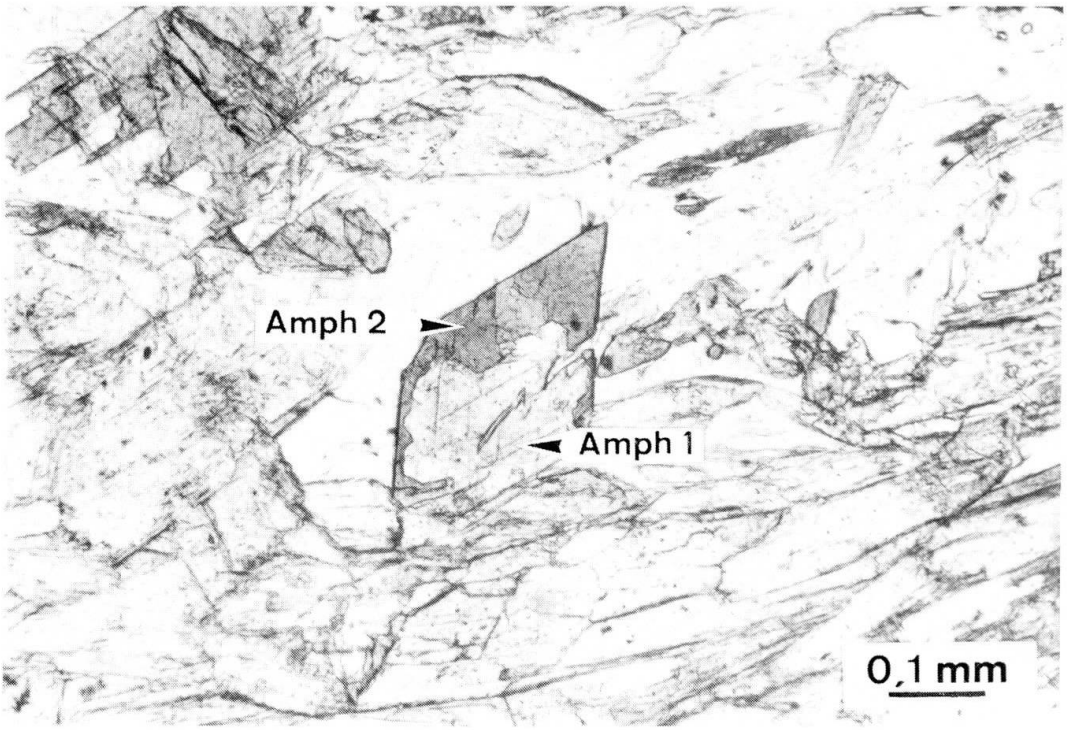

Fig. 3: Hellgrüner aktinolithischer Amphibol (Amph 1, regionalmetamorph) wird von einer dunkelgrünen pargasitischen Hornblende (Amph 2, kontaktmetamorph) umwachsen. W V. Ventina. // Nic.

Bei gleichbleibendem Mineralbestand werden die hellen, regionalmetamorphen aktinolithischen Amphibole sukzessive von einer dunkelgrünen edenitischen Hornblende umwachsen (Fig. 3). Diese neugebildeten Amphibolränder zeigen eine *starke Temperaturzunahme gegen den Tonalitkontakt* als Folge einer zunehmenden A-Platz-Besetzung durch Na an. Der An-Gehalt im Plagioklas steigt.

In den regionalmetamorphen Amphibolen ausserhalb der Kontaktaureole sind höhere Na^{M4}- und sehr niedrige Na^{A}-Werte zu beobachten. Diese Amphibole sind in den von der Kontaktmetamorphose stark überprägten Metagabbros als reliktische Kerne der pargasitischen Hornblenden noch gut erhalten, was sowohl optisch (Fig. 3) wie mit der Mikrosonde nachgewiesen werden kann. Die texturelle Beziehung zeigt somit an, dass die regionalmetamorphen Gesteine von der *späteren* Kontaktmetamorphose überprägt worden sind (s. auch SCHUMACHER, 1975).

Abfolge der Ereignisse

Zusammenfassend sollen noch einmal die im Fedozer Gabbro beobachteten Ereignisse rekapituliert werden:

Voralpin:

- Intrusion und Kristallisation eines lokal stratiform ausgebildeten Gabbrokomplexes im tieferen Niveau einer kontinentalen Kruste («Margna-Kruste»).
- Metamorphose oder langsame Abkühlung unter Granulitfaziesbedingungen. Hochgradige Regionalmetamorphose in den tieferen Serien (Fedoz-Serie) der Margna-Decke.

Alpin:

- Alpiner Deckenbau, Verschuppung und Verfaltung der Gabbros mit dem Margna-Altkristallin. Ausbildung der tektonischen Kontakte.
- Regionalmetamorphose in Grünschieferfazies.
- Bergeller Kontaktmetamorphose.

Das Ophiolithproblem

Ein ophiolithischer (respektive ozeanischer) Ursprung des Fedozer Gabbros kann aus folgenden Gründen ausgeschlossen werden:

- Die Gabbros sind aufs innigste mit dem Altkristallin der Margnadecke verschuppt und verfaltet. Sie zeigen nirgends Kontakte zu den Bündnerschiefern oder zu den ozeanischen Metabasalten der Fornoserie.
- Die Metamorphosegeschichte des Fedozer-Gabbros spricht gegen eine ophilithische Natur dieser Gesteine.

Im Hinblick auf die tektonische Stellung der Margna-Decke liefern die vorliegenden Resultate einen neuen Hinweis auf die *grosse Ähnlichkeit des Margna-Altkristallins mit ost- bzw. südalpinen Einheiten* (Dt. Blanche-Decke, Ivrea Zone), wie sie schon von STAUB (1917) erwähnt worden ist. Zwischen den Gabbros des Mt. Collon (DAL PIAZ et al., 1977), den Gabbros der Ivreazone (z. B. RIVALENTI et al., 1975) und dem Fedozer Gabbro bestehen jedoch wesentliche Unterschiede, wobei ein direkter Vergleich noch aussteht.

Verdankungen

Die vorliegenden Untersuchungen erfolgten mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds (Projekt Nr. 2.113-0.78). A. Montrasio sei für die gemeinsamen Feldbegehungen, V. Trommsdorff für die kritische Durchsicht des Manuskriptes herzlich gedankt.

Literatur

DAL PIAZ, G.V., DE VECCHI, GP. and HUNZIKER, J.C. (1977): The Austroalpine layered gabbros of the Matterhorn and Mt. Collon-Dents de Bertol. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. *57*, 59–88.

DIETRICH, V., VUAGNAT, M. and BERTRAND, J. (1974): Alpine metamorphism of mafic rocks. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. *54*, 291–332.

GAUTSCHI, A. (in Vorbereitung): Metamorphose und Geochemie der basischen Gesteine des Bergeller Ostrandes. Diss. ETH Zürich (erscheint voraussichtlich 1980).

GAUTSCHI, A. und MONTRASIO, A. (1978): Die andesitisch-basaltischen Gänge des Bergeller Ostrandes und ihre Beziehung zur Regional- und Kontaktmetamorphose. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. *58*, 329–343.

GREEN, D.H. and RINGWOOD, A.E. (1967): An experimental investigation of the gabbro to eclogite transformation and its petrological implications. Geochim. Cosmochim. Acta *31*, 767–833.

LAIRD, J. and ALBEE, A.L. (in press): Pressure, temperature and time indicators in mafic schist: Their application to the polymetamorphic history of Vermont. Amer. J. Sci.

LAIRD, J., THOMPSON, A.B. and THOMPSON, J.B. JR. (in preparation): Amphibole reactions in mafic schist: II. Empirical calibration of equilibria in greenschist, low-grade amphibolite and blueschist from Vermont. J. Petrol.

RIVALENTI, G., GARUTI, G. and ROSSI, A. (1975): The origin of the Ivrea-Verbano basic formation (Western Italian Alps) - Whole rock geochemistry. Boll. Soc. geol. ital. *94*, 1149–1186.

STAUB, R. (1917): Das Äquivalent der Dentblanchedecke in Bünden. Vjschr. natf. Ges. Zürich, *62*, 349–370.

STAUB, R. (1917): Zur Tektonik der penninischen Decken in Val Malenco. Jber. natf. Ges. Graub. *60*, 113–137.

WELLS, P.R.A. (1977): Pyroxene thermometry in simple and complex systems. Contrib. Mineral. Petrol. *62*, 129–139.

Geologische Karten

STAUB, R. (1946): Geol. Karte der Berninagruppe 1:50 000, Spez.-Karte Nr. 118, Schweiz. Geol. Kommission.

Geologische Karte der Schweiz 1:500 000 (Ausgabe 1972). Schweiz. Geol. Kommission.

C. Exkursionen

Compte-rendu de l'excursion de la Société Suisse de Minéralogie-Pétrographie, les 2-3 octobre 1979.

par **S. Ayrton** (Lausanne)

Participants

S. Ayrton, Lausanne
E. van Binsbergen, Zurich
M. Burri, Lausanne
R. Chessex, Genève
A. Crisinel, Lausanne
J. Desmons, Nancy
E. Frank, Bâle
Y. Grebert, Genève
B. F. Iseli, Zurich
A. Zingg, Bâle
D. Laduron, Louvain
M. Maggetti, Fribourg
E. Nickel, Fribourg
E. Niggli et Madame, Berne
R. Oberhänsli, Berne
F. Persoz, Neuchâtel
Tj. Peters, Berne
L. Schmutz, Bâle
T. Stalder, Berne

1er jour, le mardi 2 octobre 1979

Les participants quittent la gare de Martigny, en car, le mardi 2 octobre à 8 heures pour faire la coupe de la vallée de Bagnes jusqu'au lac de Mauvoisin. Le temps est beau, et un premier arrêt juste au-dessus de Sembrancher permet un commentaire du paysage où se distinguent toutes les unités tectoniques depuis le massif cristallin externe du Mont-Blanc jusqu'aux premières digitations du socle de la nappe du Grand St-Bernard.

On s'arrête ensuite pour examiner des prasinites dans la zone du Métailler à l'embranchement des deux routes un peu en aval de Fionnay. Ces prasinites à gros porphyroblastes d'albite sont très typiques du Métailler, et une discussion s'engage sur leur âge – probablement Permo-Carbonifère –, et sur leur signification. La rareté de serpentinites associées à ces prasinites les distingue des prasinites ophiolitiques mésozoïques.

A l'usine hydroélectrique de Fionnay, 3ème arrêt, les relations entre l'amphibole bleue (une analyse à la microsonde donne une composition près de la limite glaucophane/crossite) et un clivage sub-horizontal associé aux structures en retour et à la formation de l'éventail de Bagnes sont bien visibles. Cette amphibole, statistiquement orientée selon une linéation, contemporaine de la schistosité principale, est antérieure au(x) clivage(s) de crénulation(s). De magnifiques épidotes en fibres sont de même âge. La structure générale, et particulièrement l'éventail de Bagnes, sont également abordés à cette occasion.

Le groupe monte ensuite à Mauvoisin. Là, le début de la série mésozoïque est caractérisé par une sédimentation chaotique, en blocs, où Permien et Trias constituent les éléments les plus abondants. Les blocs sont de taille très variable, et la matrice souvent réduite à peu de choses. Tout au long de la journée, et surtout sur la route en direction du dôme de Boussine, il sera question de ces formations à blocs (parfois géants), qui contiennent en plus des éléments de prasinites, dont certains dérivent du Métailler sous-jacent.

Après la traversée des galeries, où l'on peut voir des structures superposées doubles, voire triples, on s'installe sur l'herbe automnale pour pique-niquer, et admirer le glacier de Giétroz, lieu d'origine de la théorie glaciaire.

A pied, le groupe suit la route, en direction du sud, jusqu'au contact entre la série mésozoïque et son socle Métailler. Des problèmes d'attribution se posent ici, avec leurs conséquences cartographiques, stratigraphiques et structurales.

La redescente se fait par le même chemin, et après le thé pris à l'hôtel de Mauvoisin, le car repart en direction de Sembrancher, pour remonter ensuite au Col du Grand St-Bernard, où le groupe est attendu pour le souper et la nuit. Le soir, l'abbé Lamont invite les participants à visiter le musée de l'Hospice, où la collection romaine est particulièrement admirée.

Le 2e jour, le mercredi 3 octobre 1979

A 8 heures, par un temps nuageux mais toujours clément, après un excellent petit déjeuner, on se rassemble pour entendre quelques explications générales sur la géologie de la région. Les travaux en cours à l'Université de Lausanne montrent la complexité de ces zones frontales de la nappe du Grand St-Bernard, et ont déjà permis d'en préciser certains aspects. On a là, essentiellement, des bandes de roches paléozoïques, où l'on peut distinguer des alternances de roches ne montrant que des paragénèses métamorphiques alpines, et par conséquent probablement permiennes, et de lithologies contenant les témoins d'un métamorphisme pré-alpin, et donc polycycliques.

Les roches polycycliques comprennent des gneiss de divers types, parfois à amphibolites rubanées, et une série alumineuse à staurotide, grenat, micas blanc (muscovite) et noir (biotite brune).

Les roches permiennes (et carbonifères) sont essentiellement détritiques, avec parfois des intercalations de métabasites, et des tufs acides.

On descend au virage Marengo pour examiner les gneiss amphibolitiques qui ressemblent beaucoup à ceux des massifs cristallins externes (ceux des Aiguilles Rouges en particulier). Puis, à pied, on monte au-dessus de la station de départ du téléphérique de Super St-Bernard, au lieu-dit Chaux du Plan du Jeu où les séries à staurotide sont particulièrement bien développées, et la vue fort étendue.

Le car amène ensuite le groupe à Bourg-St-Pierre, d'où on se rend au Plan de Pé, d'abord pour pique-niquer, puis pour voir de près les gneiss amphibolitiques rubanés, que l'on peut qualifier de migmatites.

L'après-midi est consacré d'abord à une visite sur la route Bourg-St-Pierre – La Niord d'une série de paraschistes, essentiellement psammitiques, graphiteux, contenant de la biotite brune, qui pourraient constituer un ensemble plus jeune que les gneiss amphibolitiques, mais plus ancien que les assises permo-carbonifères.

Puis, dernier arrêt géologique en amont de Liddes, le long de la route du Grand St-Bernard. Là, un bel affleurement montre plusieurs niveaux de gneiss œillés, comparés par Ellenberger aux fameux gneiss du Sapey. Des études cristallographiques, minéralogiques, pétrographiques et géochimiques en cours suggèrent une origine mixte ignée/sédimentaire. La discussion soulève les questions classiques que l'on se pose sur l'origine de ces roches, certainement très déformées.

La journée se termine par un verre de vin blanc, au soleil couchant, sur l'herbe douce d'un pré au-dessus de la petite chapelle des Pélerins.

Un peu avant six heures, le car ramène le groupe à Martigny.