

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

Band: 51 (1971)

Heft: 2-3

Vereinsnachrichten: Bericht über die 46. Hauptversammlung der Schweiz.
Mineralogischen und Petrographischen Gesellschaft in Fribourg :
Freitag, 8. Oktober 1971

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 26.04.2025

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

Bericht über die 46. Hauptversammlung der Schweiz. Mineralogischen und Petrographischen Gesellschaft in Fribourg

Freitag, 8. Oktober 1971

A. Bericht des Vorstandes für 1970

Bericht des Präsidenten

Mitgliederbestand

Im Jahre 1970 sind 30 persönliche Mitglieder (wovon 12 aus dem Ausland) und ein unpersönliches Mitglied in unsere Gesellschaft eingetreten. Es sind dies:

J. Abrecht, Lengnau	E. Moeri, Bern
Frau R. Bättig, Lyss	Dr. P. Moticska, Caracas
Frl. E. v. Binsbergen, Zürich	Dr. M. Müller-Vonmoos, Zürich
G. Bosshart, Toronto	J. Mullis, Fribourg
R. Casanova, Abidjan	P. Pedrozzi, Pregassona
J. Deferne, Genève	Dr. F. Persoz, Neuchâtel
Dr. G. Deicha, St. Germain-en-Laye	Dr. W. Rittel, Basel
M. Delgado, Peñarroya	Dr. F. P. Sassi, Padova
A. Egger, Säriswil	M. Satir, Zollikofen
P. K. Fels, Stockholm	Dr. K. Schürmann, Marburg/Lahn
P. Le Fort, Vandœuvre-lès-Nancy	J. G. Tièche, Leysin
Prof. Dr. D. P. Grigoriev, Leningrad	C. Vogel, Basel
G. Gross, Zollikon	Prof. Dr. G. Voll, Münster/Westfalen
B. Hansen, Allschwil	K. Währen-Wichser, Lyss
Dr. T. Hinrichsen, Marburg/Lahn	
J. Maier, Uznach	Mysore University, India

Durch Tod verlor unsere Gesellschaft die Herren Prof. Dr. Harry von Ecker-mann (Schweden) und Dr. U. Hoffmann (Frankfurt a. M.).

Den 31 Neueintritten stehen 12 Austritte gegenüber. Am 31. Dez. 1970 zählte die Gesellschaft 450 Mitglieder (gegenüber 431 am 31. Dez. 1969):

Neueintritte	31
Austritte	12
Zuwachs	19

Bestand am 31. 12. 1969	431
Zuwachs	19
Bestand am 31. 12. 1970	450

Jahresversammlung. Die Jahresversammlung fand im Rahmen der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft am 16./17. Oktober in Basel statt. Am 16. Oktober wurden in der wissenschaftlichen Sitzung 10 Vorträge am Vormittag, 6 Vorträge am Nachmittag gehalten; die letzteren betrafen das gewählte Rahmenthema „Plutonismus und Orogenese“. Die Veranstaltung zeigte mit über 60 Teilnehmern einen regen Besuch. Am folgenden Tag wurde, gemeinsam mit der Schweiz. Geologischen Gesellschaft, eine weitere wissenschaftliche Sitzung mit 3 Hauptvorträgen abgehalten; sie war dem genannten Rahmenthema gewidmet und erfreute sich einer grossen Beteiligung.

An der Geschäftssitzung wurde der Vorstand für das Triennium 1971–1973 neu gewählt. Aus dem Vorstand schieden aus Prof. R. Woodtli (Lausanne), Prof. R. Chessex (Genève) und Prof. A. Niggli (Zürich); der letztere wird aber weiterhin die Verbindung unserer Gesellschaft mit der Schweiz. Gesellschaft für Kristallographie sicherstellen. An ihre Stelle traten Prof. St. Ayrton (Lausanne), Dr. M. Delaloye (Genève) und Prof. B. Kubler (Neuchâtel). Zum neuen Präsidenten wurde Prof. A. Streckeisen (Bern), zum Vizepräsidenten Dr. A. Spicher (Basel) gewählt.

Vorgängig der Jahresversammlung fand unter Leitung der Herren Prof. E. Wenk (Basel), Prof. G. Rocci (Nancy), Dr. J. Hameurt (Rennes), Dr. T. Juteau (Nancy) und P. Fluck (Strasbourg) eine viertägige Exkursion in die Vogesen statt. An ihr nahmen 30 Personen teil, davon 11 aus dem Ausland. Ein Bericht über diese wohlgelungene Exkursion erschien in Band 51/1.

International Mineralogical Association (IMA). Die 7. Tagung der International Mineralogical Association (IMA) fand vom 28. Aug. bis 2. Sept. 1970 in Tokyo und Kyoto (Japan) statt. Unsere Gesellschaft war an ihr durch die Herren Prof. Th. Hügi (Bern) und Prof. W. Nowacki (Bern) vertreten. Der erstere präsidierte die Commission on Abstracts und wurde als Beisitzer in den Vorstand der IMA gewählt. Der letztere präsidierte das wissenschaftliche Symposium „Crystallography of Sulphide Minerals in Hydrothermal Deposits“. Ein ausführlicher Bericht über diese Tagung erschien in Band 51/1.

Die nächste Tagung der IMA wird im August 1972 in Montreal (Canada) stattfinden, in Verbindung mit dem 24. Internationalen Geologen-Kongress. Der Vorstand hat Prof. Th. Hügi und Prof. R. Woodtli als seine Vertreter an dieser Tagung bezeichnet.

Finanzielles. Die Gesellschaft dankt ihren Donatoren für die grosszügige finanzielle Unterstützung, die sie der Gesellschaft gewähren. Ebenfalls verdankt sie der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft einen Beitrag von Fr. 5000.— zur Finanzierung des Sonderheftes „Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse in Mineralien“ (Band 50/1).

Verschiedenes. Der Vorstand gratulierte Prof. C. Burri (Zürich) zu seinem 70. Geburtstag und liess sich an dem zu seinen Ehren veranstalteten Symposium vertreten. Ebenfalls nahm er am Symposium teil, das zu Ehren von Prof. F. de Quervain anlässlich des Abschlusses seiner Lehrtätigkeit veranstaltet wurde.

Der Präsident: A. Streckeisen

Jahresrechnung 1970

Betriebsrechnung

Einnahmen	Mitgliederbeiträge	13 743.99
	Zinsen	2 932.55
	Zeitschrift: Verlagsverkauf 1969	24 204.05
	Verkauf an Mitglieder	435.30
	Inserate	100.—
	Autorbeiträge	16 442.80
	Beitrag SNG an Heft 1/1970 (Einschlüsse)	5 000.—
	World Directory of Mineralogists	322.—
		63 180.69
Ausgaben	Heft 3/1969	16 590.70
	Heft 1/1970	18 370.80
	Heft 2/1970	23 161.—
	IMA und IAGC	391.85
	IMA Japan (Reisebeiträge)	2 000.—
	Honorare an Redaktor, Kassier und Sekretär	4 000.—
	Verwaltungsspesen und Drucksachen	2 055.10
		66 569.45
Betriebsverlust 1970		3 388.76
		63 180.69

Bilanz per 31. 12. 1970

Aktiven	Postcheck	3 335.14
	Kontokorrent	250.05
	Depositenkonto	25 066.65
	Sparkonto	35 494.20
	Kasse	604.36
	Wertschriften (Nominalwert)	25 000.—
Passiven	Leemann AG	43 531.80
	Kapitalstand per 31. 12. 1970	46 218.60
Abschluss	Kapitalstand per 31. 12. 1969	49 607.36
	Betriebsverlust 1970	3 388.76
		46 218.60

Der Kassier: *M. Weibel***Bericht des Redaktors**

Im Jahre 1970 erschienen 3 Hefte von Band 50 der Schweizerischen Mineralogischen und Petrographischen Mitteilungen, wovon Heft 1 als Sonderheft das Thema „Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse in Mineralien“ behandelt.

Der Band umfasst 612 Seiten mit 222 Textfiguren, 76 Tabellen, 19 Tafelbeilagen und enthält 44 Artikel, von denen 17 in deutscher, 17 in französischer und 10 in englischer Sprache abgefasst sind. Eine Arbeit ist Dissertation (Basel), 3 Arbeiten wurden zugleich als „Kleinere Mitteilungen“ der Geotechnischen Kommission herausgegeben.

Band 50 enthält auch den Bericht über die 45. Hauptversammlung in Basel mit 4 Referaten und den 3 Hauptvorträgen über das Thema: Plutonismus und Orogenese, die an der gemeinsamen Sitzung mit der Schweiz. Geologischen Gesellschaft gehalten wurden.

Den Herren Proff. Ayrton, Nowacki und Woodtli von der Redaktionskommission sei für ihre wertvolle Mitarbeit der beste Dank ausgesprochen.

Ebenfalls sei den Herren Prof. Deicha (Paris) und Dr. Stalder (Bern), die für das Sonderheft wesentliche redaktionelle Arbeit geleistet haben, herzlich gedankt.

Erstellungskosten von Band 50, 1970

	Heft 1	Heft 2	Heft 3
Kosten zu Lasten der SMPG	Fr. 11 107.10	Fr. 11 357.50	Fr. 13 125.25
Beiträge und Einnahmen aus Separata	Fr. 7 263.70	Fr. 11 357.50	Fr. 2 645.80
Total Erstellungskosten	Fr. 18 370.80	Fr. 23 161.—	Fr. 15 771.05
Total Kosten Band 50	Fr. 57 302.85		

Der Redaktor: *A. Spicher*

B. Sitzungsprotokoll

1. Geschäftliche Sitzung

Freitag, 8. Oktober 1971, 14.00 Uhr, im kleinen Hörsaal des Chemischen Institutes, Pérolles.

Vorsitz: Prof. A. Streckeisen, Präsident.

Anwesend: 16 Personen.

1. Der Präsident verliest den Jahresbericht der Gesellschaft für das Jahr 1970 (siehe Seite 529).
2. Der Redaktor berichtet über die Herausgabe der Zeitschrift (siehe Seite 531).
3. Der Kassier legt die Jahresrechnung pro 1970 vor (siehe S. 531). Gemäss Antrag der beiden Rechnungsrevisoren wird die Rechnung von der Versammlung einstimmig genehmigt.
4. Infolge des Rückganges der Einnahmen im Verlagsverkauf und infolge höherer Druckkosten und Versandgebühren bei der Buchdruckerei Leemann hat der Kassier für 1972 erstmals nach einigen Jahren wieder um eine Subvention bei der SNG nachgesucht. Er legt für 1972 folgendes Budget vor:

Einnahmen		Ausgaben	
Mitglieder	14 000.—	Zeitschrift	60 000.—
Verlagsverkauf	18 000.—	Verwaltung	7 000.—
Autorenbeiträge	25 000.—	Kongresse	3 000.—
Zinsen	3 000.—		
Subvention SNG	10 000.—		
	70 000.—		70 000.—

Das Budget wird von der Versammlung gutgeheissen.

5. Als neuer Rechnungsrevisor wird an Stelle des zurücktretenden Dr. W. Stern, Basel, Dr. R. Schmid, Zürich, gewählt.

6. Der Präsident teilt mit, dass an der nächsten Tagung der IMA 1972 in Montreal unsere Gesellschaft durch Prof. Th. Hügi, Bern, und Prof. R. Woodtli, Lausanne, vertreten sein wird.
7. Der Präsident gibt bekannt, dass unser Mitglied Prof. N. Oulianoff, Lausanne, im Januar seinen 90. Geburtstag feiern konnte und Prof. R. Galopin, Céligny, vor kurzem 70jährig geworden ist. Beiden Jubilaren wurde vom Präsidenten namens unserer Gesellschaft eine Glückwunschsbotschaft übermittelt.

Der Sekretär: *H. A. Stalder*

2. Wissenschaftliche Sitzung

Freitag, 8. Oktober, 8.40 Uhr, im kleinen Hörsaal des Chemischen Institutes, Pérolles.

Vorsitz: Prof. A. Streckeisen, Bern, und Prof. G. Frenzel, Heidelberg.

Anwesend: 45 Personen.

G. Frapolli (Fribourg): *Le métamorphisme des roches pélitiques et basiques dans la région de la Fluela (Grisons).*

R. Martin (Nyon) und **J. Mullis** (Fribourg): *Einschlüsse in Quarzkristallen vom Val d'Iliez* (Film und Kommentar).

Objekt und Ziel des Filmes

Das Objekt des Filmes bilden Gas-, Flüssigkeits- und Festkörpereinschlüsse in den Hohlformen von Fensterquarzen. Ihr eigenartiges Verhalten gegenüber Licht und Luft verschiedener Temperatur, oder allein schon durch Bewegen des Kristalls – erhält dabei die grösste Aufmerksamkeit.

Der Film sucht folgende Ziele zu erreichen:

1. Die Frage zu beantworten, wie der Film im allgemeinen im Rahmen des Mineralogieunterrichtes eingesetzt werden kann.
2. Die Möglichkeiten zu studieren, die sich für die Erforschung der mobilen Einschlüsse öffnen.
3. In diesem speziellen Falle ein Dokument aufzustellen über Einschlüsse in gewissen Fensterquarzen aus dem Val d'Iliez im Rahmen der Dissertation von J. MULLIS.

Die Vielfalt der Einschlüsse und ihr Verhalten

Die Filmobjekte lassen sich in primäre und pseudosekundäre Einschlüsse einteilen. Ihre Hohlformen erscheinen bald als Negativquarze und Negativ-Rhomboeder, bald als interne Fenster und Phantasieformen. Die Natur der Einschlüsse entpuppt sich als sehr komplex. Eine erste Aussage über den Chemismus der Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse in Quarzkristallen der gleichen Lokalität erbringen die massenspektrometrischen Untersuchungen und Temperaturmessungen (Heiztisch und Kryometrie) durch STALDER und TOURAY (1970): H_2O , CH_4 . Zahlreich finden sich feste Einschlüsse, die im Rahmen des Filmes beschränkt und nur beschreibend vorgestellt werden können: Schwarze, flockige und sphärische Partikelchen, weisse Korpuskeln, stäbchen- und kugelförmige Rotschubstanz, Quarzkristalle, prismatisch ausgebildet und eiförmig abgerundet.

Die Bewegungen der Korpuskeln in der eingeschlossenen wässrigen Lösung erinnern an Phänomene, wie sie DEICHA (1970) nach dem Prinzip der Schwerkraft, der Flotation und der Konvektionsströme beschrieb.

Die Quarzkristalle in ihrem Kontext

Die Quarzkristalle stammen aus Zerrklüften des parautochthonen „Flysches“, der von SCHROEDER und DUCLOZ (1955) ins Rupelien gestellt wurde. Die Klüfte zeigen nach Genese und Form verschiedene Typen. Nach den bisherigen Beobachtungen dürfte eine enge Beziehung zwischen Klufttyp und der äusseren Kristallmorphologie bestehen. Letztere präsentiert sich in einer lebhaften Formenvielfalt. Ohne hier auf Fragen der Genese eingehen zu wollen, lassen sich folgende Formen unterscheiden: Prismatische Quarze, Zepterquarze, Fensterquarze und Fensterquarze mit extremem Kantenwachstum. Sie alle können mit oder ohne Faden vorkommen, mannigfache Überwachungen, Übergänge und Verzerrungen aufweisen.

Literatur

- DEICHA, G. (1970): Le degré de liberté des solutions géochimiques dans le règne minéral; rapports entre les phases cristallogénétiques et les inclusions fluides des minéraux. SMPM 50/1, 25–35.
 SCHROEDER J. W. et DUCLOZ CH. (1955): Géologie de la Molasse du Val d'Ille (Bas-Valais). Mat. Carte géol. Suisse, N.S. 100.
 STALDER H. A. und TOURAY J. C. (1970): Fensterquarze mit Methan-Einschlüssen aus dem westlichen Teil der schweizerischen Kalkalpen. SMPM 50/1, 109–130.

A. Steck und G. Burri (Lausanne): *Chemismus und Paragenesen von Granaten aus Granitgneisen der Grünschiefer- und Amphibolitfazies der Zentralalpen* (mit 1 Tafelbeilage).

Tertiäre Granatparagenesen von Granitgneisen und Metaarkosen der Grünschiefer- und niedrigen Amphibolitfazies (Staurolithzone) der nördlichen Zentralalpen wurden untersucht und aus 34 Proben 40 Granate und 9 Epidote mit der ARL-Elektronenmikrosonde, Typ EMX-SM, analysiert.

In den Paragenesen, welche sich aus Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas, Hellglimmer, Biotit, Epidot, Granat und Magnetit zusammensetzen, lässt sich der von N nach S zunehmende Grad der alpinen Metamorphose an verschiedenen Mineral- und Modifikationsänderungen kontrollieren.

Der *Kalifeldspat*, welcher nach WÜTHRICH (1965) und eigenen Beobachtungen in den Graniten der Gastern-Lauterbrunnen-Innertkirchner-Granitzone in der Regel noch als primärer monokliner Orthoklas ($\Delta = (d_{131} - d_{1\bar{3}1}) \cdot 1,25 = 0$; Definition von Δ nach GOLD-SMITH und LAVES, 1954) erhalten ist, wird beim Granat- und Biotitisograd alpin triklinisiert ($\Delta = 0,82\text{--}1,05$ und $d_{131} = 3,025\text{--}3,04$ in den Zentralen Aaregraniten) und zu Band- und Fleckenperthit entmischt. Im Rotondogranit nimmt die „Triklinität“ ab ($\Delta = 0,6\text{--}0,78$ und $d_{131} = 3,013\text{--}3,024$). Und in den Oligoklasgneisen des Maggialappens erfolgt eine alpine Monoklinisierung der Na-K-Feldspäte (H. R. WENK, 1967) ($\Delta = 0$). Gleichzeitig verschwinden die Perthitalbitflecken und -bänder; wahrscheinlich nimmt hier der Kalifeldspat in beträchtlicher Menge Na ins Gitter auf. Der Nachweis einer Zone von Kalifeldspäten mit „intermediärer Triklinität“ im Verbreitungsgebiet der alpin triklinisierten herzynischen Orthoklase der Granitgneise ist neu. Nach H. R. WENK soll eine solche Zone mit intermediären Triklinitäten zwischen dem Verbreitungsgebiet der „vollständig triklinen“ und der monoklinen alpinen Orthoklase nicht auftreten. Die intermediäre Triklinität könnte durch einen erhöhten Na-Gehalt der Kalifeldspäte verursacht sein.

Die *Plagioklase*, welche nach WÜTHRICH (1965) und RUTISHAUSER (mündliche Mitteilung) in den Graniten der Gastern-Lauterbrunnen-Innertkirchner-Granitzone noch als primäre, normalzonare Oligoklas-Andesine mit Albitsaum (letzterer alpin?) vorliegen, sind in den Zentralen Aaregraniten und im Rotondogranit meist alpin zu *Albit* (An 0–3), *Epidot*, *Hellglimmer* und selten *Granat* oder *Calcit* „saussuritisiert“. Die hypidiomorphen,

leicht zonaren Epidote, die Hellglimmer, der Calcit und der Grossularanteil im Granat verschwinden in den *Oligoklasgneisparagenesen* des Maggialappens fast vollständig.

Gelben *Stilpnomelan* fanden wir nur in einer einzigen Granat-führenden Probe aus dem Mittagfluhgranit von der Tschingelbrücke im Haslital; hier, beim Biotitisograd, wahrscheinlich gleichzeitig oder nach dem alpinen Granat und Biotit kristallisiert.

Der primäre grobblättrige und rotbraune *Biotit* in den Graniten der Gastern-Lauterbrunnen-Innertkirchner-Granitzone verfärbt sich in den südlich anschliessenden Zentralen Aaregraniten alpin grün und gleichzeitig kristallisiert ein feinschuppiger grüner, sehr selten auch brauner Biotit neu. Die Korngrösse dieser feinschuppigen alpinen Generation nimmt mit steigendem Grad der Metamorphose von N nach S zu (kleiner 0,8 mm in den untersuchten Granat-führenden Proben aus dem Zentralen Aaregranit, kleiner 1,7 mm im Rotondogranit und bis zu 7 mm in den Gneisen aus der Matorelloregion. Das Fe/Fe + Mg-Verhältnis der alpinen, in den Zentralmassiven grünen, im Maggialappen grünen oder braunen Biotite bleibt im untersuchten Profil durch die Grünschiefer- und niedrige Amphibolitfazies konstant. Durch Messung des Brechungsindex n_z bestimmten wir nach RIMŠAITE (1967) folgende Fe/Fe + Mg-Verhältnisse:

Zentraler Aaregranit	$n_z = 1,640-1,671 \pm 0,002$	Fe/Fe + Mg = 0,45–0,74
Rotondogranit	1,650–1,661	0,55–0,64
Metaaplite und -arkosen des		
Maggialappens	1,645–1,665	0,50–0,66
Metaarkosen der Simplonstrasse	1,643–1,659	0,52–0,63

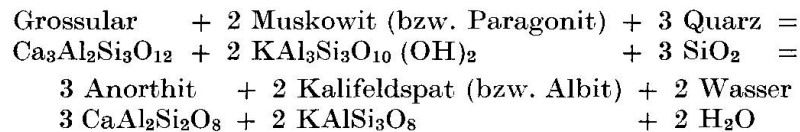
Die Neubildung von wasserhaltigen Silikaten, wie Hellglimmer (Sericit) und Epidot und von Karbonaten in den ursprünglich „trockenen“ Granitgneisen zeigt, dass sich die Zusammensetzung und der Druck der fluiden Phase während der alpinen Metamorphose stark veränderten. Auch der Oxydationsgrad des Eisens in den Granitgneisen variiert mit steigendem Metamorphosegrad, wie die von P. NIGGLI, DE QUERVAIN und WINTERHALTER (1930) zusammengestellten Analysen von Gesteinen aus den Schweizeralpen zeigen. Das Eisen in den Granitgneisen des Aarmassivs wird ungefähr beim Biotit- und Granatisograd, gleichzeitig mit der Neubildung von Fe⁺³-reichem Epidot alpin oxydiert. Der Oxydationsgrad des Eisens ist in den Gotthardgranitgneisen noch etwas höher, um in den Epidot-armen Oligoklas- und Andesingneisen des zentralen Tessins wieder abzunehmen. Die Zufuhr der im wesentlichen aus H₂O, CO₂ und O₂ zusammengesetzten Gasphase wird in den synkristallin deformierten Granitgneisen der Zentralmassive entlang von bestimmten (Schieferungs- und) Kluftsystemen begünstigt (STECK, 1966, 1968). Dies führt besonders im Aarmassiv in der niedrigen Grünschieferfazies und im nördlichen Gotthardmassiv (ARNOLD, 1970) zu einer Rekristallisation, welche vorzugsweise an alpin deformierte Zonen gebunden ist. Es ist evident, dass die Gasphase aus Zonen hochgradiger Metamorphose – wo Dehydratations-, Dekarbonatisations- und Reduktionsreaktionen verbreitet sind – im Druckgefälle zugewandert sind, und dass sich wahrscheinlich generell (abgesehen von der Selektivität der Metamorphose in der niedrigen Grünschieferfazies) Zonen ähnlicher Drucke und Zusammensetzung der Gasphase subparallel zu den Isothermen und Isobaren einstellten. Wäre dies nicht der Fall, so müssten sich die Isograden in der untersuchten Region unregelmässig überschneiden. Die komplizierte Abkühlungsgeschichte und die Retromorphose in der untersuchten Region wird hier nicht behandelt.

In der Stilpnomelanzone der alpinen Regionalmetamorphose (E. NIGGLI et al., 1965) wird gleichzeitig mit dem ersten Auftreten von grünem Biotit in den Zentralen Aaregraniten des Aarmassivs ein Granat, welcher zu je einem Drittel aus Almandin-, Grossular- und Spessartinkomponente besteht, in der Paragenese von Quarz, Mikroklin, Albit (An 0–3), Hellglimmer, grünem Biotit, Epidot und Magnetit stabilisiert (STECK, 1966). Das erste Auftreten von Granat und von Biotit ist vom Gesteinschemismus abhängig. So verläuft der Granat- und Biotitisograd in Granitgneisen am Nordrand der Zentralen Aaregranite, dagegen in tonigmergeligen Sedimenten, nach den Daten von BAUMER (1964), CHATTERJEE (1961), FREY (1969), LÜTHI (1965) und STRECKEISEN (1962), 20 km weiter südlich, am Südrand des Gotthardmassivs. Nach den Gesamtgesteinsanalysen in P. NIGGLI, DE QUERVAIN und WINTERHALTER (1930) unterscheiden sich die Zentralen Aaregranite,

welche häufig alpinen Granit führen, durch ein niedriges Fe^{+3}/Ca -Verhältnis (0,014–1,25) von granatfreien, nur Epidot führenden Gneistypen, wie z. B. dem Grimselgranodiorit (0,35–8,8). Die Neubildung von Granat erfolgt auf Kosten von Epidot, Biotit und Hellglimmer, dabei wird Wasser freigesetzt und das dreiwertige Eisen des Epidots zu zweiwertigem der Almandinkomponente im Granat reduziert. Sofern der akzessorische alpine Calcit ebenfalls an der Grossularbildung teilnimmt, entsteht auch CO_2 . Mit andern Worten, die Granatneukristallisation wird ausser von der Temperatur und vom Druck von den Partialdrucken der aus O_2 , H_2O und CO_2 zusammengesetzten Gasphase gesteuert. Von Ort zu Ort und vielleicht auch mit der Zeit wechselnde Metamorphosebedingungen haben die Granatanreicherung auf bestimmten alpinen Scherflächensystemen in den Zentralen Aaregraniten (STECK, 1966, 1968) und im Rotondogranit begünstigt. Der Spessartin-Gehalt der alpinen Granate ist vom Granatgehalt der annähernd isochemischen, manganarmen Granitgneise ($\text{MnO} \leq 0,1$ Gew.-%) abhängig: Mit progressivem Metamorphosegrad nimmt der Granatgehalt auf Kosten von Epidot, Hellglimmer und Biotit zu (Zentrale Aaregranite $\leq 0,001$ Vol.-% Granat, Rotondogranit = 0,01–1 Vol.-% Granat) und gleichzeitig die Spessartinkomponente im Granat ab (Tafel). Die Anreicherung spessartinreicher Granate auf mit Quarz gefüllten Zerrklüften der manganarmen Granitgneise erlaubt eine Wanderung des Mangans im Dezimeter- bis Meterbereich zu berechnen.

Vielleicht besteht eine direkte Beziehung zwischen dem Granatgehalt und der Diffusionsgeschwindigkeit des Mangans, welche temperaturabhängig sein dürfte.

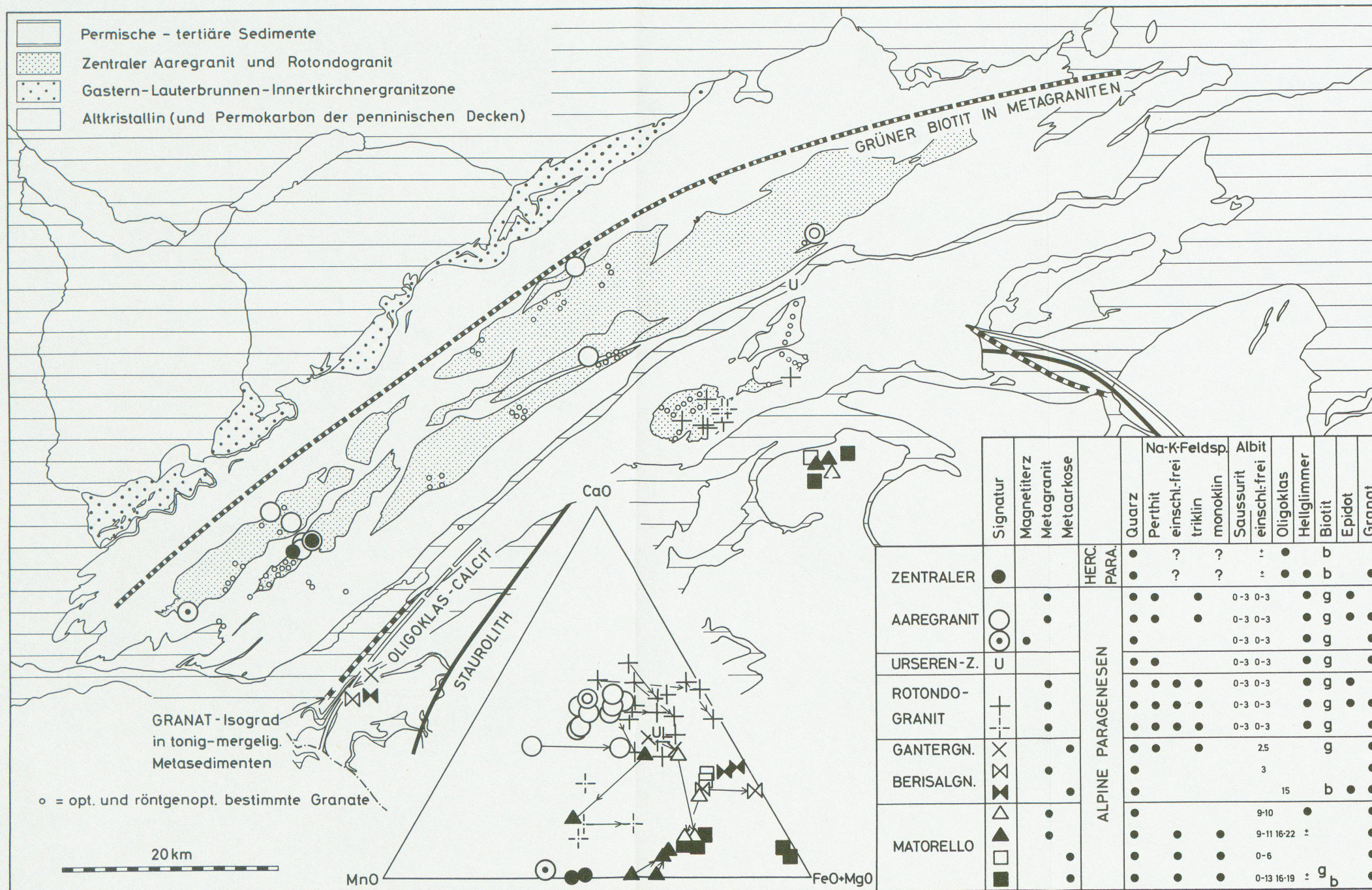
Südlich des Gotthardmassivs, in den Gneisen des Maggialappens, verliert der alpine Granat sein Calcium zu einem grossen Teil an die Anorthitkomponente im Albit (An 0–13) und im Oligoklas (An 16–22), welche hier erstmals koexistierend kristallisieren. D. h., in der Gneisparagenese Quarz, Orthoklas, Albit (An 0–13), Oligoklas (An 16–22), Biotit wird erstmals ein Granat mit *mehr als 60 Mol.-% Almandin* stabilisiert. Für die Bildung des Anorthitmoleküls im Plagioklas an Stelle von grossularreichem Granat können wir uns folgende schematisierte Reaktion vorstellen:



Beim Oligoklasisograd werden die Granate *Mg-reicher*. Ein deutlicher Anstieg des Elementeverteilungskoeffizienten $K_D^{\text{Granat-Biotit}}(\text{Mg-Fe})$ von 0,028–0,06 in den Zentralen Aaregraniten und 0,006–0,071 im Rotondogranit auf 0,083–0,19 in den Metaapliten des Maggialappens (Staurolithzone) zeigt, dass die Zunahme des Pyropgehaltes im Granat beim Übergang von der Grünschiefer- zur Amphibolitfazies vom Metamorphosegrad abhängt. Unsere Daten aus der Grünschieferfazies ergänzen und diejenigen aus der Staurolithzone bestätigen die von ALBEE (1965) und SEN und CHACRABORTY (1968) zusammengestellten $K_D^{\text{Granat-Biotit}}(\text{Mg-Fe})$ -Werte:

Biotitzone der alpinen Metamorphose:	$K_D^{\text{Granat-Biotit}}(\text{Mg-Fe})$
Zentrale Aaregranite	0,028–0,06
Rotondogranit	0,006–0,071
Staurolithzone der alpinen Metamorphose:	
Quartenschiefer, Lukmanierpass (FREY, 1969)	0,093
Metaaplite und -arkosen des Maggialappens	0,083–0,19
Staurolithzone nach SEN et al.:	0,09 –0,19
Sillimanitzone nach SEN et al.:	0,12 –0,64

Zwei alpine Granatgenerationen im Rotondogranit: Die im Rotondogranit verbreiteten „Atollgranate“ lassen häufig zwei Granatgenerationen erkennen: Eine ältere, vorwiegend im Kern korrodierte Generation und eine jüngere, als skelettförmiger Anwachsraum und in selbständigen, idiomorph gewachsenen Rhombendodekaedern. Beide Granate



Leere Seite
Blank page
Page vide

sind kalziumreich und demnach unter den Bedingungen der Grünschieferfazies im Gleichgewicht mit Albit kristallisiert. Die zweite manganärmere Generation hat auf Kosten von Epidot mehr Ca ins Gitter aufgenommen und dürfte deshalb bei höherer Temperatur oder einem kleineren O₂-Partialdruck der Gasphase entstanden sein als die erste. Unsere Beobachtungen ergänzen die Befunde von BEARTH (1952, 1959 und 1967), VAN DER PLAS (1959), E. NIGGLI (1960) und E. NIGGLI und C. NIGGLI (1965), wonach in den Randgebieten des Tessiner Metamorphosehofes die alpinen Mineralparagenesen häufig mindestens zwei Metamorphosephasen zugeordnet werden müssen.

Das Alter der Granatparagenesen: Die Mineralien Quarz, Albit, Hellglimmer, Biotit, Epidot und Granat kristallisierten im Aar- und Gotthardmassiv gleichzeitig mit der Prägung der dominierenden, massivparallel streichenden Schieferung S₁ mit der steilen Mineralstreckung L₁, und gleichaltrigen und etwas jüngeren Kluft- und Scherflächensystemen, d. h. während der N-S-Einengung und dem gleichzeitigen Hochstau und der Rückfaltung der Zentralmassive (STECK, 1966, 1968). Dieser Zusammenschub ist jünger als die Hauptüberschiebung der penninischen und helvetischen Decken; er verursachte die Rückfaltung der Stirn der Monte Leone-Decke (Ganter- und Eistengneis) im Simplonprofil.

Nachdem VON RAUMER (1971) alpine Granate mit gleicher chemischer Zusammensetzung wie unsere Granate aus dem Aarmassiv auch aus dem Mont-Blanc-Massiv meldet, ist es naheliegend, die Granatparagenesen des Aarmassivs mit den Produkten der westalpinen Regionalmetamorphose, welche durch Hochdruck-Niedrigtemperatur-Mineralgesellschaften charakterisiert ist, zu korrelieren.

Verdankungen

Wir danken Fr. Prof. E. Jäger, Bern, für die freundliche Überlassung von getrennten Mineralien aus Granitgneisen, Herrn Dr. A. Günthert, Basel, für die Gesteinsproben aus der Matorelloregion, den Herren Proff. H. Schwander, Basel, Th. Hügi, Bern, und Herrn Dr. H. R. Keusen, Bern, für Granatstandards und Herrn Pernoud, Lausanne, für die sorgfältige Herstellung der Dünnschliffe.

Literatur

- ALBEE, A. L. (1965): Distribution of Fe, Mg and Mn between Garnet and Biotite in Natural Mineral Assemblages. *J. Geol.* 73, p. 155–164.
- AMBÜHL, E. (1929): Petrographie und Geologie des zentralen Gotthardmassivs südlich Andermatt. *SMPM* 9, p. 265.
- ARNOLD, A. (1970): Die Gesteine der Region Nalps-Curnera im nordöstlichen Gotthardmassiv, ihre Metamorphose und ihre Kalksilikatfels-Einschlüsse. *Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F.* 138.
- BAUMER, A. (1964): Geologie der gotthardmassivisch-penninischen Grenzregion im oberen Blenio. *Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser.* 39.
- BEARTH, P. (1952): Über das Verhältnis von Metamorphose und Tektonik in der penninischen Zone der Alpen. *SMPM* 32, p. 338–347.
- (1952): Geologie und Petrographie des Monte-Rosa. *Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F.* 96.
- (1959): Über Eklogite, Glaukophanschiefer und metamorphe Pillowlaven. *SMPM* 39, p. 267 bis 286.
- (1967): Die Ophiolithe der Zone von Zermatt-Saas Fee. *Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F.* 132.
- DE BETHUNE, P., LADURON, D., MARTIN, H. und THEUNISSEN, K. (1968): Grenats zonés de la zone Mont Rose (Valle Anzasca, Prov. de Novara, Italie). *SMPM* 48/2, p. 437–454.
- CHATTERJEE, N. D. (1962): The alpine metamorphism in the Simplon-Area, Switzerland and Italy. *Geol. Rdsch.* 51/1, p. 1–72.
- FREY, M. (1969): Die Metamorphose des Keupers vom Tafeljura bis zum Lukmanier-Gebiet. *Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F.* 137.
- GOLDSMITH, J. R. und LAVES, F. (1954): The microcline-sanidine stability relations. *Geochim. cosmochim. Acta* 5, p. 1–19.
- LÜTHI, H. J. (1965): Geologie der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung und der penninischen Bündnerschiefer im Blinnental, Rappental und Binntal (Oberwallis). *Diss. Bern.*
- NIGGLI, E. (1960): Mineral-Zonen der alpinen Metamorphose in den Schweizer Alpen. *Int. geol. Congr. Copenhagen, Rept. 21st. Sess. Norden* 13, p. 132–138.
- (1970): Alpine Metamorphose und alpine Gebirgsbildung. *Fortschr. Miner.* 47/1, p. 16–26.
- NIGGLI, E. und NIGGLI, C. (1965): Karten der Verbreitung einiger Mineralien der alpidischen Metamorphose in den Schweizer Alpen. *Eclogae Geol. Helv.* 58/1, p. 335–368.

- NIGGLI, P., DE QUERVAIN, F. und WINTERHALTER, R. U. (1930): Chemismus schweizerischer Gesteine. Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser. 15. Dazu: 1. Nachtrag (1942): Beitr. Geol. Schweiz. Geotechn. Ser. 20. 2. Nachtrag (1956): Beitr. Geol. Schweiz. Geotechn. Ser. 34.
- VON RAUMER, J. F. (1971): Das Mont-Blanc-Massiv – Altkristallin im Bereich schwacher alpiner Metamorphose. SMPM 51/1, p. 193–225.
- RIMŠAITE, J. H. Y. (1967): Studies of rock-forming micas. Geol. Surv. Can. Bull. 149.
- SEN, S. K. und CHAKRABORTY, K. R. (1968): Magnesium-iron exchange equilibrium in garnet-biotite and metamorphic grade. N. Jb. Miner. Abh. 108/2, p. 181–207.
- STALDER, H. A. (1964): Petrographische und mineralogische Untersuchungen im Grimselgebiet (Mittleres Aarmassiv). SMPM 44/1, p. 187–398.
- STECK, A. (1966): Petrographische und tektonische Untersuchungen am Zentralen Aaregranit und seinen altkristallinen Hüllgesteinen im westlichen Aarmassiv im Gebiet Belalp-Grishorn. Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F. 130.
- (1968): Die alpidischen Strukturen in den Zentralen Aaregraniten des westlichen Aarmassivs. Eclogae 61/1, p. 19–48.
- STRECKEISEN, A. (1962): Zur Gesteinsmetamorphose im Simplongebiet. SMPM 42/1, p. 13–14.
- VAN DER PLAS, L. (1959): Petrology of the northern Adula Region, Switzerland. Leidse geol. Meded. 24/2, p. 415–598.
- WENK, E. (1962): Plagioklas als Indexmineral in den Zentralalpen. Die Paragenese Calcit-Plagioklas. SMPM 42, p. 139–152.
- WENK, H. R. (1967): Triklinität der Alkalifeldspäte in lepontinischen Gneisen. SMPM 47, p. 129–146.
- WÜTHRICH, H. (1965): Rb-Sr-Altersbestimmungen am alpin metamorph überprägten Aarmassiv. SMPM 45/2, p. 875–971.

H. Schwander, W. Stern und E. Wenk (Basel): *Zur Kenntnis der Hornblendezusammensetzung in Amphiboliten der Zentralalpen.*

E. Wenk (Basel): *Alpidische Cordierit- und Alumosilikat-Paragenesen im Valle della Mera und den Tessiner Tälern.*

Tj. Peters (Bern) und **V. Dietrich** (Zürich): *Regionale Verteilung der Mg-Phyllosilikate in den Serpentiniten des Oberhalbsteins.* Siehe S. 329 dieses Heftes.

V. Dietrich (Zürich): *Ilvait und Greenalith als Begleiter sulfidischer Vererzungen in den Oberhalbsteiner Serpentiniten.* Erscheint in SMPM 52/1, 1972.

H. R. Wenk and **W. R. Wilde** (Berkeley): *Orientation distribution diagrams for three Yule marble fabrics.* Vorgetragen in deutscher Sprache.

H. R. Wenk and **K. N. Raymond** (Berkeley): *The significance of Mg/Fe order in magnesia rich olivines.* Vorgetragen in deutscher Sprache.

14.30 Uhr, im kleinen Hörsaal des Chemischen Institutes, Pérolles.

Vorsitz: Prof. E. Nickel, Fribourg, und Prof. R. Chesse, Genève.

Anwesend: 35 Personen.

H. Masson (Lausanne): *Anatexis de gneiss au contact de filons doléritiques près de Frederikshab, Groenland SW.*

W. B. Stern (Basel): *Zur quantitativen RF-Analyse kleiner Silikatmengen.*

H. Schwander (Basel): *Über die chemische Homogenität von Silikat-Mineralien im μ -Bereich (RMS).*

H. Waldmann (Basel): *Über den Einsatz von programmierbaren Tisch-Computern zur Lösung kristallographischer, insbesondere kristalloptischer Rechenprobleme.*

An Hand von Beispielen werden die Möglichkeiten aufgezeigt, welche ein Mini-Computer vom Typ OLIVETTI „Programm 101“ für die Lösung kristallographischer Rechenprobleme (die den Einsatz eines grossen Elektronenrechners nicht lohnen) bietet. Vor allem die Zuverlässigkeit, mit der komplizierte oder mühsame Berechnungen fehlerfrei – auch bei beliebig häufiger Wiederholung – ausgeführt werden, lohnt durchaus den Aufwand für die Aufstellung eines Programmes von allgemeinerer Verwendbarkeit.

Die Arbeit erscheint demnächst in den SMPM.

Thema: Die Methodik des erdwissenschaftlichen Unterrichts an der Hochschule.

R. Woodtli (Lausanne): *Maquettes de structures cristallines compactes et semi-compactes construites au moyen de sphères transparentes.*

Résumé. L'auteur décrit le mode d'emploi de maquettes de structures cristallines classiques qu'il a construites au moyen de sphères de plastique transparentes.

Zusammenfassung. Der Autor beschreibt die Anwendung von Modellen klassischer Kristallstrukturen, welche er aus durchsichtigen Plastikugeln konstruiert hat.

Motivation

Depuis plusieurs années, j'ai été poussé à revoir certaines méthodes d'enseignement de la cristallographie et de la minéralogie élémentaires. En effet, le temps accordé à ces branches par le programme des cours se réduit sans cesse, tandis que la matière à enseigner progresse continuellement. L'expérience pédagogique montre que les étudiants éprouvent des difficultés considérables à imaginer certains objets dans l'espace. Ceci provient de ce que notre expérience quotidienne se satisfait le plus souvent de relations bidimensionnelles. Toutefois, l'étude des corps solides exige une familiarité constante avec les relations tridimensionnelles. Une initiation à la vision spatiale s'avère utile, et même indispensable dans divers domaines de la science, et elle constitue un apport original et essentiel de la cristallographie à la formation des étudiants; aussi est-il nécessaire de le cultiver. L'une des voies d'approche consiste donc à faciliter la compréhension des structures cristallines par des représentations plus parlantes que celles offertes précédemment.

Moyens de représentations des structures cristallines

Un inventaire de ces moyens permet de les classer dans deux catégories:

- des représentations graphiques,
- des modèles mécaniques.

Les représentations graphiques telles que blocs diagrammes, vues en perspective et projections de types divers, montrant les atomes soit à la taille exigée par l'échelle du dessin, soit à une échelle réduite, constituent en somme une écriture symbolique dont la compréhension demande un apprentissage souvent fort long. Au surplus l'établissement de ces graphiques exige beaucoup de temps et de soins.

Les modèles mécaniques comportent deux variétés:

- les modèles „squelettiques“ dans lesquels des boules de couleurs différentes, placées sur des fils de fer, représentent le centre de gravité des atomes. Ces constructions aérées dénaturent complètement certains rapports et ne permettent pas de comprendre les propriétés liées à la taille variable des diverses particules. Utiles aux cristallographes expérimentés, ces modèles squelettiques s'avèrent des moyens didactiques peu efficaces;
- les modèles compacts „opaques“ dans lesquels des boules opaques (en bois, liège, etc.) représentent les atomes et sont tangentes entre elles. Ces constructions, plus instructives que les précédentes, ne permettent guère d'étudier les structures en profondeur et exigent encore, pour être comprises, un effort d'imagination considérable.

En outre, les divers modèles mécaniques présentent sur le plan didactique un autre inconvénient: pour comprendre une propriété donnée, ou une explication, il convient de les étudier sous un angle favorable, de sorte que dans une salle de cours, par exemple, peu d'étudiants sont convenablement placés pour bénéficier pleinement de la démonstration de l'instructeur.

Enfin, ces divers modèles mécaniques sont onéreux à acquérir et encombrants à stocker.

Si l'on examine la formation donnée à l'école secondaire à nos étudiants, on constate qu'une proportion importante d'entre eux n'a reçu aucune initiation à la géométrie descriptive et ni même parfois à la géométrie dans l'espace. Ils se trouvent donc désorientés devant nos schémas et ne savent pas tirer de conclusions de nos modèles. En outre, le temps disponible pour les travaux pratiques ne permet pas de les familiariser avec des matières étrangères au programme. Il faut donc littéralement *faire voir* aux étudiants dans un espace tridimensionnel les structures que nous proposons à leur examen afin de ne pas les rebuter par l'aridité du sujet et de les placer immédiatement devant des problèmes concrets dont ils puissent sentir et l'intérêt et la solution.

La conséquence logique des réflexions qui précèdent a été de rechercher des modèles de structure construits en matière transparente, de manière à montrer clairement les relations des diverses sortes d'atomes entre eux, à permettre d'en déduire certaines propriétés, à se prêter facilement à une transcription graphique et à la recherche de relations mathématiques de la part des étudiants.

N'ayant pas découvert dans le commerce de modèles satisfaisant ces conditions, j'ai été conduit à construire moi-même les représentations que je souhaitais utiliser. Au cours de plusieurs années d'essais, j'ai pu avec l'aide de collaborateurs ingénieux, adroits et patients, réaliser un nombre élevé de maquettes qui représentent les principales structures qu'il convient de faire connaître aux futurs géologues, chimistes, ingénieurs-chimistes et naturalistes.

Dans cet exposé, je me limiterai aux structures compactes et semi-compactes simples, mais je tiens à souligner que des maquettes de structures beaucoup plus complexes ont déjà vu le jour ou sont en voie de réalisation.

Remarquons qu'à l'expression de „modèle mécanique“ de structure cristalline, ou „modèle“ tout court, qui s'oppose à la notion de „modèle mathématique“, je préfère celle de „maquette“.

En effet, dans le langage courant le terme de „modèle“ implique inévitablement un caractère de perfection qui ne s'applique pas pour de multiples raisons philosophiques, physiques et matérielles à nos constructions. En revanche, le mot de „maquette“ comporte une idée d'ébauche, d'essai, d'approximation qui leur convient beaucoup mieux et qu'elles doivent en réalité donner.

Matériel utilisé

Le matériel de base consiste en sphères transparentes creuses en plastique (polyester) de 6 cm de diamètre, de 3 teintes différentes (incolor, jaune, bleu) et en balles de liège de divers diamètres, colorées suivant les besoins. Les grosses sphères transparentes, assemblées par collage, constituent la charpente de la structure à représenter tandis que les petites balles opaques occupent les vides adaptés à leur taille.

De nombreux problèmes pratiques se sont posés et ont demandé parfois plusieurs années avant d'être résolus; en effet, il a fallu découvrir des fournisseurs de sphères en polyester, de billes de liège des diamètres nécessaires, rechercher des colles et des peintures adaptées au matériel utilisé. Chaque modification de l'un des éléments entraîne presque toujours des changements dans les autres.

Etant donné le caractère très artisanal de notre fabrication, ces maquettes reviennent assez cher; on peut estimer le coût du matériel nécessaire à Fr. 1.— pour chaque sphère de 6 cm entrant dans la structure. Naturellement, elles posent aussi quelques problèmes de stockage.

Principes de construction

Le premier principe consiste à construire au moyen des sphères de 6 cm des éléments compacts, simples, aussi semblables que possible, dont l'empilement permettra de donner d'emblée à la structure sa forme et son volume; ces éléments représentent des plans réticulaires, des chaînes ouvertes ou fermées, ou plus rarement des groupes insulaires.

Le choix de l'élément de base de l'édifice demande une étude préalable de la structure à construire, très difficile dans le cas des structures complexes. Il arrive que plusieurs solutions simples et sensiblement équivalentes se présentent — plans (100) et (111) dans les structures cubiques compactes, par exemple —. Dans ce cas, on recourt au second principe qui conseille d'adopter l'élément de base sur lequel on pourra placer en position d'équilibre les billes de petit diamètre qui occupent les lacunes entre les grandes sphères.

Des considérations pratiques (transparence, encombrement, prix de la maquette), limitent la taille des maquettes, soit à celle de la maille élémentaire, soit à un assemblage comptant au maximum 4–5 couches de boules. Souvent des gabarits très précis s'avèrent indispensables pour permettre de placer les boules dans la position désirée (quartz, pyrite, par exemple).

Maquettes de structures compactes

Les maquettes des structures cubiques compactes (CFC) et hexagonales compactes (HC) s'avèrent faciles à construire; la première se fonde sur l'empilement de plans semi-compacts (100) de symétrie tétragonale et la seconde sur celui de plans compacts (0001) de symétrie hexagonale. Ces maquettes permettent d'exposer facilement les principes structuraux d'un grand nombre de substances où prédominent les types de liaisons métallique, ionique ou résiduelle. Elle se prêtent naturellement très bien à la démonstration des lois fondamentales de la cristallographie et des notions de cristallographie géométrique.

Les sphères transparentes n'existant que dans le diamètre de 6 cm, ceci conduit à envisager les types de structures plutôt que la structure de corps déterminés; cette limitation ne présente guère d'inconvénients sur le plan didactique et offre de sérieux avantages sur le plan pratique.

Les maquettes transparentes permettent d'aborder d'emblée les questions relatives à la taille et à la forme des particules, d'exposer très clairement les notions de coordinence, de coefficient de remplissage, de morphotropie et de faire résoudre quantitativement divers problèmes qui s'y rapportent; sur le plan géométrique, elles facilitent la compréhension de la maille élémentaire, l'emploi des coordonnées généralisées, elles éclairent les considérations sur la symétrie des substances et sur la symétrie des phénomènes physiques.

Après avoir démontré:

- les règles géométriques qui régissent l'assemblage compact de sphères de même rayon et étudié le nombre, le volume et la disposition des lacunes subsistant entre ces sphères,
- le principe de l'équilibre électrostatique dans les structures ioniques,
- les règles d'occupation de l'espace (les anions de grande taille confèrent sa forme et son volume à la maille élémentaire; les cations plus petits s'introduisent dans les lacunes adaptées à leur taille, assurent la neutralité électrique de la structure et lui donnent sa symétrie);

— le principe de polarisation, il est commode d'étudier 2 séries parallèles de maquettes, fondées l'une sur l'assemblage cubique compact et l'autre sur l'assemblage hexagonal compact.

Partant de substances constituées par une seule espèce d'atome, on passe aux substances composées de plusieurs espèces d'atomes en recherchant systématiquement les diverses manières de remplir les lacunes octaédriques et tétraédriques des assemblages compacts; on observe les changements de symétrie qui en résultent et les variations dans les propriétés physiques. On consigne au fur et à mesure les coordonnées généralisées des atomes constitutifs dans un tableau et l'on voit s'éclairer les rapports entre les assemblages CFC et HC.

Tableau I. *Structures compactes*

Lacunes	Taux d'occupation	Assemblages		Formule structurale ¹⁾
		CFC	HC	
—	O	M (Au)	M (Mg)	M ^{CFC} ou HC
Octa-édriques	$\frac{1}{1}$	A X (NaCl)	A X (NiAs)	A ^O X ^{CFC} ou HC
	$\frac{2}{3}$	A ₂ X ₃ (Al ₂ O ₃)	A ₂ X ₃ (Al ₂ O ₃)	A ^{2O/3} X ₃ ^{HC}
	$\frac{1}{2}$	A X ₂ (CdCl ₂) structures lamellaires	A X ₂ (CdI ₂)	A ^{O/2} X ₂ ^{CFC} ou HC
	$\frac{1}{3}$	A X ₃ (CrCl ₃) structures lamellaires	A X ₂ (TiO ₂) structure acicul. A X ₃ (BiI ₃)	A ^{O/2} X ₂ ^{HC} A ^{O/3} X ^{CFC} ou HC
Tétra-édriques	$\frac{1}{1}$ $\frac{1}{2}$	A ₂ X (Li ₂ O) A X (ZnS) ²⁾	A ₂ X (B ₂ Mg) A X (ZnS)	A ₂ ^T X ^{CFC} ou HF A ^{T/2} X ^{CFC} ou HC
Octa- et tétra-édriques	O = $\frac{1}{2}$ T = $\frac{1}{8}$	A B ₂ X ₄ (MgAl ₂ O ₄)	A B ₂ X ₄ (SiMg ₂ O ₄)	A ^{T/8} B ^{O/2} X ^{CFC} ou HC

¹⁾ O = lacune octaédrique, T = lacune tétraédrique, CFC = assemblage d'anions selon le mode cubique faces centrées, HC = assemblage d'anions selon le mode hexagonal compact.

²⁾ De la blende on peut passer à la chalcopyrite, puis à la stannine.

Les phénomènes d'isotypie, de polymorphisme, d'isomorphisme, de diadochie s'expliquent alors aisément et l'on passe tout aussi facilement au cas des alliages et des solutions solides.

Il est très commode de compléter les formules chimiques usuelles par des indices qui indiquent: pour l'anion, le type d'assemblage qu'il réalise, pour le cation, la nature et la proportion des lacunes dans lesquelles il prend place. Ainsi, Na^O Cl^{CFC} signifie que le chlore forme un assemblage cubique compact dont toutes les lacunes octaédriques sont occupées par le sodium. Zn^{T/2} S^{HC} décrit une substance composée du S dans l'assemblage hexagonal accompagné par le zinc dans la moitié des lacunes tétraédriques de l'assemblage. On connaît donc immédiatement la coordinence des particules; avec un peu d'expérience on déduit de ces formules la symétrie et diverses propriétés de la substance. Le tableau N° I fait ressortir les analogies de structure entre les spinelles de type normal et les péridots. Ces notations, très analogues à celles proposées par LIMA DE FARIA (1965), ont été imaginées indépendamment de ce dernier.

Maquettes de structures semi-compactes

Trois types fondamentaux s'offrent à nous :

Nom	Symbole	Elément de construction
Structure cubique centrée	CC	plan semi-compact (110) de symétrie orthorhombique
Structure cubique simple	CS	plan semi-compact (100) de symétrie tétragonale
Struct. hexagonale simple	HS	plan compact (0001) de symétrie hexagonale

Bien que ces trois types d'assemblages n'engendrent pas de séries complexes de structures comme le font les assemblages CFC et HC, ils se prêtent néanmoins à des développements fort instructifs.

Naturellement, l'arrangement cubique centré demeure le moins fécond puisqu'il semble restreint aux structures de certains métaux de transition et des métaux alcalins.

Tableau II. Structures pseudo-compactes cubiques simples

Lacunes	Taux d'occupation	Assemblage cubique simple = CS	Formule structurale
Cubiques	$\frac{1}{1}$ $\frac{1}{2}$	A X (CsCl) A X ₂ (CaF ₂)	A ^C X ^{CS} A ^{C/2} X ₂ ^{CS}

L'assemblage cubique simple et l'examen du degré de remplissage de ses lacunes cubiques, permettent d'aborder l'étude de CsCl et de CaF₂; ce dernier corps offre la possibilité d'opérer d'utiles comparaisons avec l'assemblage CFC et permet de montrer la relativité des schémas utilisés. La notation symbolique décrite ci-dessus s'applique sans difficulté. Généralisant, on voit que les substances analogues à CsCl peuvent se noter A^C X^{CS} et celles semblables à la fluorine A^{C/2} X₂^{CS}.

Enfin, l'assemblage hexagonal simple permet d'étudier certains alliages et des combinaisons comme la molybdénite.

Une autre variété de structures semi-compactes s'offre à nous; c'est celle dans laquelle les anions disposés selon les modes CFC ou HC n'occupent qu'une partie des sites théoriques offerts par ces assemblages. Les diverses formes de silice présentent une belle illustration de ce cas. Ainsi dans la cristobalite et dans la tridymite, les atomes d'oxygène n'occupent que la moitié des positions théoriques tandis que ceux de silicium remplissent toutes les lacunes tétraédriques disponibles. Théoriquement, on peut considérer que l'on a affaire à des plans (0001) qui se succèdent soit dans l'ordre ...ABC... exigé par l'assemblage CFC (cristobalite), soit dans l'ordre ..AB... imposé par l'assemblage HC (tridymite). Dans les deux cas, ces plans sont incomplets et comportent deux modalités: 1 plan occupé aux 3/4 par l'oxygène auquel succède un plan occupé dans la proportion de 1/4 des sites.

Tableau III. Structures semi-compactes

Dérivée de CFC	Dérivée de HC
par occupation de 50% des sites anioniques et 100% des lacunes T	
A X ₂ SiO ₂ (cristobalite) SiO ₂ (quartz)	A X ₂ SiO ₂ (tridymite)

Pratiquement, pour réaliser les maquettes, on construit des plans de tétraèdres SiO₄ que l'on empile selon les séquences ...ABC... ou ..AB... Ces maquettes permettent de déboucher facilement sur les structures des feldspathoïdes et de certaines zéolithes.

Dans le cas du quartz, on a affaire non plus à des plans mais à des chaînes d'atomes d'oxygène (planes dans le cas du quartz de haute température, hélicoïdales dans celui du quartz de basse température), qui s'empilent selon le mode CFC, les atomes de silicium s'insérant aux points de rencontre de deux chaînes. Il est possible, naturellement, d'empiler les chaînes selon le mode HC, mais dans ce cas les tétraèdres SiO_4 sont soudés par leurs arêtes et le corps correspondant ne semble pas avoir été observé dans la nature (Règles de Pauling).

Conclusions

Grâce à leur transparence, ces maquettes permettent de résoudre la plupart des problèmes de représentation des structures posés par l'enseignement de la minéralogie et de la cristallographie au niveau du 1er cycle; elles se prêtent aussi à diverses applications mathématiques. Elles constituent donc d'excellents instruments didactiques et valent l'investissement qu'elles demandent. Elles présentent par leur encombrement quelques problèmes de stockage.

La construction de prototypes par les étudiants avancés, la reconstitution de structures classiques par les étudiants débutants représentent pour eux des expériences hautement instructives.

Référence

LIMA-DE-FARIA, J. (1965): Systematic derivation of inorganic close-packed structures: AX and AX₂ compounds, sequence of equal layers. Z. Krist. 122, 359–374.

R. Woodtli (Lausanne): *L'enseignement de la prospection minière par simulation.*

Résumé. L'auteur décrit et analyse une méthode d'enseignement de la prospection minière par simulation qu'il expérimente avec succès depuis plusieurs années. Cette méthode „active“ incite les participants à prendre des initiatives et des responsabilités dont les conséquences sont appréciées ensuite par eux-mêmes sur les plans scientifique et financier. Elle vise notamment à rendre les étudiants plus autonomes, à développer leur esprit de synthèse, à les familiariser avec les aspects économiques de la recherche minière, à leur montrer les mécanismes de prise de décision dans les entreprises industrielles et à les entraîner au travail en équipe.

Zusammenfassung. Der Autor beschreibt und analysiert eine Unterrichtsmethode der Lagerstättenprospektion durch Simulation, welche er seit mehreren Jahren mit Erfolg durchführt. Diese „aktive“ Methode zwingt die Teilnehmer die Initiative zu ergreifen und Verantwortungen zu tragen, deren Auswirkungen sich sowohl auf wissenschaftlicher als auch auf finanzieller Ebene unmittelbar zu erkennen geben. Die Methode zielt darauf hin, die Studenten zur Selbständigkeit zu erziehen, ihre Fähigkeit der Synthese zu entwickeln, sie mit den ökonomischen Aspekten der Lagerstättenforschung vertraut zu machen, ihnen den Prozess der Entschlussfassung in den industriellen Unternehmungen zu zeigen und sie zur Gruppenarbeit zu erziehen.

Introduction

L'expérience pratique m'a montré que, trop souvent, les géologues ne reçoivent qu'une formation théorique et pratique insuffisante en matière d'économie minière et de recherche minière. D'autre part, à cause de la spécialisation qui sévit un peu partout, il arrive qu'ils remplissent des fonctions particulières pendant la première partie de leur carrière; lorsqu'ils atteignent l'âge d'accéder à un rang plus élevé de la hiérarchie, leur horizon est demeuré limité et ils ne possèdent quelquefois plus la curiosité d'élargir leurs connaissances pour devenir d'authentiques généralistes.

Afin d'initier nos étudiants de 4e année de façon aussi réaliste que possible aux problèmes techniques et financiers de la recherche minière, je les fais participer depuis plusieurs années à une sorte de „Kriegspiel“ qui leur permet d'aborder toute une série

de questions et de rechercher par eux-mêmes des solutions originales à un problème de prospection.

Comme les participants vivent l'expérience et sont appelés à prendre eux-mêmes des décisions, puis à en mesurer, apprécier et d'une certaine manière à en subir eux-mêmes les conséquences, je considère qu'il s'agit de prospection simulée plutôt que d'étude de cas; ces dernières, de nature historique, développent certainement l'esprit critique, mais contribuent moins efficacement, me semble-t-il, à inculquer la manière de prendre des décisions, à former le jugement et à développer l'esprit de synthèse.

Buts poursuivis

Pour atteindre le but visé par les exercices de prospection simulée, qui consiste à initier les étudiants à la stratégie de la recherche minière et à l'utilisation de diverses techniques dans un cadre à la fois scientifique et économique, il est nécessaire d'aider préalablement les étudiants à surmonter diverses difficultés d'ordre psychologique, théorique ou pratique.

Pour cela, il convient notamment de les :

- sensibiliser aux aspects économiques de la recherche minière, qui tendent facilement à demeurer étrangers aux préoccupations de jeunes scientifiques; dans leur intérêt comme dans celui de leur futur employeur, ils doivent se convaincre que la profession de géologue minier consiste à utiliser des connaissances scientifiques à des fins économiques; ils doivent comprendre que les problèmes qu'ils rencontreront sont complexes, comportent souvent plusieurs solutions et que l'on trouve ces dernières fréquemment par une approche interdisciplinaire;
- amener à une réflexion approfondie sur les méthodes de la recherche minière, sur leur domaine d'application et sur leur coût;
- pousser à analyser les processus qui conduisent aux prises de décision dans une activité industrielle telle que la recherche minière, mesurer les responsabilités qui reposent sur le géologue et les préparer à les affronter;
- conduire à décloisonner leurs connaissances, à développer des aptitudes de synthèse, à recourir spontanément aux diverses notions et techniques acquises au cours de leurs études, à en chercher d'eux-mêmes d'autres si le besoin s'en fait sentir.

Sur le plan pratique, cet enseignement vise notamment à :

- leur enseigner à maîtriser l'abondance de données numériques ou descriptives se rapportant à une campagne de prospection, en les ordonnant, coordonnant, critiquant et interprétant en vue de:
 - tirer des conclusions au fur et à mesure de l'acquisition des données et de prendre des décisions raisonnées en appréciant les conséquences d'ordre financier qui en découlent;
 - présenter des résultats scientifiques, techniques et financiers de manière claire, concise, concrète, d'en discuter les conclusions et de formuler des recommandations sur les travaux à effectuer;
- les familiariser avec la littérature scientifique, technique et économique et avec la recherche bibliographique;
- les entraîner au travail en équipe et leur apprendre à devenir le membre actif d'un groupe (et non un simple rouage dans une organisation).

Méthodes d'enseignement

Pour atteindre les objectifs énumérés ci-dessus, on s'est inspiré des principes généraux suivants :

- laisser aux participants aux exercices le maximum d'initiative personnelle et de liberté de choix dans un cadre général donné, en partant de l'idée que l'on se souvient mieux de ce que l'on découvre soi-même que de ce que l'on nous montre, et que les erreurs commises sur le papier, plutôt que sur le terrain, n'entraînent pas de conséquences fâcheuses;

- donner à l'exercice une envergure et une durée suffisantes pour serrer la réalité d'assez près, pour offrir une grande variété de solutions et pour laisser la possibilité de changer de stratégie en cours de déroulement;
 - stimuler l'intérêt des participants en donnant à l'exercice le caractère d'une compétition entre plusieurs équipes concurrentes qui travaillent à l'insu les uns des autres;
 - critiquer en commun, à la fin de l'exercice, l'exercice lui-même, les méthodes utilisées pour le résoudre, les résultats obtenus et la façon de présenter ces derniers.
- Matériellement, l'exercice repose sur un ensemble de données qui comportent:
- la présentation d'un problème à résoudre;
 - l'énumération des moyens disponibles, qui sont d'ordre technique et financier;
 - la règle du jeu;
 - la liste des documents que devront présenter les participants à la fin de l'exercice.

Reprenons ces différents points plus en détail:

1. *Le problème à résoudre*

La prospection proposée vise toujours une substance déterminée (or, cuivre, ...) qui se présente dans des types de gisement classiques, possédant une réelle importance économique; on introduit une certaine variété dans le cadre pétrographique et structural; naturellement, des gisements ou des districts miniers réels peuvent servir de modèles moyennant une certaine schématisation.

Deux cas généraux se présentent:

A. Reconnaissance d'une assez vaste région (100–150 km²), dans laquelle il s'agit successivement de:

- rechercher des indices de minéralisation;
- estimer la valeur relative de ces indices et procéder à un écremage;
- étudier de façon plus approfondie les indices considérés comme les plus prometteurs;
- procéder si possible à une évaluation des réserves de minerais.

Ce travail implique, évidemment, le choix d'une stratégie, la recherche de corrélations entre la minéralisation et la structure, la stratigraphie et la nature pétrographique des roches encaissantes. Il faut tenir compte également du coût de la prospection par rapport à la valeur escomptée de chaque gisement.

B. Prospection systématique d'un indice reconnu comme particulièrement favorable, en vue d'une évaluation aussi précise que possible des réserves exploitables.

Les étudiants doivent choisir une stratégie, puis une tactique adaptée aux conditions locales (structure, stratigraphie, zonéographie).

L'expérience montre qu'il n'est guère possible, faute de temps, de combiner les deux types de problèmes dans le cadre d'un seul exercice.

Outre l'énoncé du problème, les étudiants reçoivent une série de documents comportant tout ou partie de la liste suivante:

- rapports géologiques complets ou partiels;
- résultats de prospections préliminaires;
- jeu de cartes topographiques de la région considérée;
- cartes géologiques plus ou moins complètes, esquisses photogéologiques;
- cartes d'anomalies géochimiques ou géophysiques;
- descriptions de sondages;
- relevés d'analyses chimiques;
- données économiques diverses.

En règle générale, les participants reçoivent surtout des données brutes qu'ils doivent interpréter. Le plus souvent, les conditions topographiques sont fortement simplifiées, la surface du terrain pouvant être plane; bien que sacrifiant le rôle de la morphologie, cette façon de faire s'est avérée satisfaisante.

2. *Moyens d'investigation disponibles*

Pour résoudre l'exercice, les participants disposent d'un budget déterminé et peuvent mettre en œuvre plusieurs méthodes de prospection dont le coût et, parfois, le rythme d'engagement sont précisés. Les procédés d'investigation comportent par exemple:

- des prélèvements géochimiques (eaux, sédiments, sols, ...) avec l'indication du coût unitaire par type de prélèvement, frais d'analyse compris;
- des mesures géophysiques;
- des sondes.

On attache une attention particulière aux sondes, à leur utilisation rationnelle et à l'interprétation des résultats de sondage. Les indications suivantes sont fournies:

- nombre de sondes disponibles, capacité maximale de chaque appareil, avancement mensuel moyen de chaque appareil, prix de revient moyen du m de sondage pour chaque type d'appareil.

La batterie de sondes comporte des engins aux caractéristiques techniques différentes, au prix de revient différent, afin d'inciter les participants à rechercher une utilisation optimale de leur matériel.

L'exploitation du budget comporte plusieurs modalités: soit budget global pour l'ensemble de la campagne, soit budget fractionné par type de recherche. Le but poursuivi est de conduire les participants à engager progressivement, de manière raisonnée, leurs moyens techniques et financiers en fonction des probabilités de succès.

Le temps disponible pour l'exercice conditionne naturellement les données de base.

3. *La règle du jeu*

L'exercice dure habituellement deux semestres. L'hiver est consacré à l'exécution pratique du travail, tandis qu'en été on examine, compare et discute les résultats obtenus et recherche a posteriori la stratégie la plus efficace.

Comme il a déjà été indiqué, les participants constituent plusieurs équipes concurrentes qui travaillent de façon indépendante les unes des autres. Cette distribution en équipes offre les avantages suivants:

- stimulation mutuelle au sein de chaque équipe et entre équipes;
- initiation au travail en équipes;
- permet de donner des responsabilités personnelles à chacun des participants et de diviser le travail entre les membres;
- assure la continuité du travail en cas d'absence de l'un des membres d'une équipe;
- réduit le travail du meneur de jeu.

L'expérience a montré que l'effectif optimal de chaque équipe est de trois et ne doit pas dépasser cinq; en outre, il convient dans toute la mesure du possible de laisser les équipes se constituer elles-mêmes.

Chaque semaine du semestre d'hiver représente un mois de travail sur le terrain. Ainsi, au cours du semestre d'hiver il est possible de simuler le travail réalisable en 15 mois d'opérations réelles et d'obtenir la somme des informations correspondantes.

Ceci suppose naturellement un dialogue entre le meneur de jeu et chacune des équipes. Ce dialogue se déroule de la manière suivante: chaque semaine, chaque équipe établit un programme de prospection représentant un mois de travail réel, en tenant compte des contraintes relatives aux méthodes utilisées, précisées dans l'inventaire des moyens d'investigation. Ce programme est soumis au meneur de jeu au moyen d'une formule ad hoc. Le meneur de jeu fournit tous les résultats relatifs au programme proposé même s'il est déraisonnable, sous réserve que les moyens techniques soient utilisés conformément aux règles fixées et que la logique soit respectée. Les participants demeurent ainsi responsables de leurs décisions et calculent eux-mêmes les conséquences de leurs erreurs.

Les réponses parviennent aux équipes habituellement dans un délai de deux jours, au moyen également de formules appropriées et d'un code aussi simple que possible, ceci pour réduire le travail du meneur de jeu et pour limiter les erreurs de transmission. Les

données ainsi fournies comportent une interprétation primaire, locale en quelque sorte, ceci principalement en vue d'en réduire l'abondance; les participants doivent les replacer dans un cadre plus général et les interpréter en fonction de l'ensemble des connaissances acquises à ce moment.

Pour être plus clair, prenons à titre d'exemple le cas d'une campagne de sondages:

- au jour désigné, le délégué de chaque équipe remet au meneur de jeu une liste des sondages désirés avec les précisions suivantes:
 - numéro de chaque sondage, emplacement (coordonnées ou plan de situation), appareil utilisé (type, numéro), longueur à forer (de x à y m), prix du m, coût du sondage.

La longueur forée doit être compatible avec la capacité et l'avancement mensuel de la machine; un sondage peut demander plusieurs mois de travail. On s'efforce d'organiser les données de telle sorte qu'il n'y ait pas de limitation dans les emplacements possibles de sondage; toutefois, en règle générale, seuls les sondages verticaux sont autorisés.

Dans sa réponse, le meneur de jeu fournit une description géologique de chaque sondage demandé, ainsi que les résultats d'analyse chimique, accompagnés éventuellement de quelques commentaires.

Dans un but de simplification, la description ne comporte pas les innombrables variations lithologiques que l'on observe en pratique dans chaque coupe de sondage, mais indique d'emblée soit un étage stratigraphique, soit une formation pétrographique.

4. *La liste des documents à remettre à la fin de l'exercice*

Par souci de réalisme et d'efficacité, et pour faciliter les comparaisons entre équipes, chacune d'elles est invitée à fournir à la fin du travail un rapport d'activité comportant certaines données à présenter sous une forme standardisée. Les pièces demandées comportent:

- un rapport final (historique de la prospection, stratégies suivies, motivation des prises de décision, résultats obtenus, interprétation géologique, appréciation sur le travail accompli, suggestions, ...);
- tableaux de réserves (tonnage de minerai, teneur moyenne, tonnage de métal – données géométriques se rapportant à chaque corps minéralisé – méthode de chiffrage – classification des réserves);
- prix de revient de la campagne de prospection, par type de travaux; globalement; par tonne de métal chiffrée;
- iconographie: cartes, coupes, blocs stéréographiques, éventuellement maquettes;
- propositions pour de nouvelles recherches, évaluation des investissements nécessaires et des avantages probables ou possibles, calendrier de travail;
- schéma d'un plan d'exploitation, esquisse d'un plan de développement technique et financier.

Quant à l'exercice proprement dit, il se déroule de la manière suivante: Au *semestre d'hiver*, le meneur de jeu et les participants se rencontrent une après-midi par semaine; chaque séance hebdomadaire débute par une préparation théorique et se poursuit par les applications.

L'introduction théorique, sous forme de séminaire, repose sur un enseignement de „minéralogie économique“ où sont exposés notamment les principes de la prospection, diverses méthodes de prospection, d'échantillonnage et d'évaluation des réserves. Il est prévu d'y inclure également les méthodes d'exploitation et de traitement des minerais. Les étudiants disposent d'un abrégé du cours sous forme écrite dont ils sont invités à étudier chaque semaine une portion. Dans la première partie de la préparation théorique, le meneur de jeu souligne brièvement les points principaux de la „tranche hebdomadaire“ proposée aux étudiants, en développe certains aspects, et l'illustre par des exemples concrets au moyen de cartes, croquis, coupes, photos, échantillons, ... Puis s'engage une discussion entre les participants sur le sujet du jour. Finalement, un étudiant pré-

sente le compte-rendu d'une publication en rapport avec la tranche hebdomadaire ou avec un problème surgi en cours d'exercice.

Cette introduction peut se prolonger aussi longtemps que la discussion rebondit; elle dure en moyenne environ une heure.

On passe ensuite à l'exercice pratique qui comporte plusieurs phases:

- un débat sur des questions d'intérêt commun à tous les participants apparues à propos de l'exercice en cours. Les questions doivent être formulées en termes généraux et les réponses sont exprimées de manière à éclairer l'application d'un principe ou de méthodes de prospection, par exemple, sans donner la solution d'un problème spécifique. Il appartient en effet aux étudiants de découvrir à partir de règles générales la solution de cas particuliers. Le plus souvent, on assiste à une discussion animée et ce débat suscite de nombreuses questions;
- la remise à chaque équipe des résultats du programme de prospection qu'elle a proposé. Après cela, les équipes se séparent, chacune d'elles se retirant dans un local particulier où elle peut procéder à un premier examen de la situation créée par les résultats qui lui parviennent;
- le meneur de jeu visite chaque équipe et discute avec elle ses problèmes particuliers; là encore on s'efforce par la discussion en commun de dégager les principes généraux; l'attention des étudiants peut être attirée sur les avantages et les inconvénients de telle manière de procéder, sur les conséquences possibles de telle décision, mais ils conservent la liberté de leur choix et en assument les conséquences;
- chaque équipe classe, interprète, discute ses résultats, met à jour ses documents, puis prépare une nouvelle tranche de travaux. Le meneur de jeu reste à la disposition des équipes pour de nouvelles entrevues.

Généralement, cette séance hebdomadaire demeure trop brève pour permettre aux équipes d'accomplir leur travail; il leur appartient de s'organiser pour soutenir le rythme prescrit. L'intérêt suscité par l'exercice suffit à pousser les participants à fournir les efforts nécessaires.

A la fin du semestre d'hiver, chaque équipe prépare son rapport final et le soumet au meneur de jeu.

Au *semestre d'été*, chaque équipe présente à tour de rôle son rapport à l'ensemble des participants qui posent des questions, formulent des critiques. On recherche ensuite en commun une stratégie optimale en disposant alors d'informations complètes sur les gisements à rechercher. Enfin, le meneur de jeu souligne les leçons à tirer de l'exercice.

Résultats

Signalons d'abord que ces exercices imposent un travail considérable au meneur de jeu et aux étudiants. La préparation d'un exercice exige 5-6 semaines de travail assidu d'un assistant, aidé parfois par un dessinateur, sous le contrôle quotidien du meneur de jeu. Au cours du semestre d'hiver, les séances et leur préparation représentent une dizaine d'heures hebdomadaires. Au semestre d'été, la lecture des rapports, puis les séminaires consacrés à la critique du travail demandent au moins 6 jours complets.

De leur côté, les étudiants doivent consacrer un temps considérable à l'exercice: 8-12 h hebdomadaires en hiver, une dizaine de jours au moins à la préparation du rapport, et finalement environ une semaine aux séances de critique de l'été.

Les résultats obtenus justifient-ils de tels efforts?

La réponse est délicate à formuler en toute impartialité lorsqu'elle provient de l'inventeur d'un système. Je me bornerai à relever un certain nombre de faits bien établis.

Pour ma part, je note chez les étudiants ayant participé à l'un des exercices une compréhension meilleure des problèmes économiques, une autonomie accrue, plus d'initiative dans leurs travaux de diplôme, une présentation meilleure de leurs rapports de fin d'études.

Naturellement, j'ai l'occasion d'entendre les critiques formulées par les participants eux-mêmes. D'une façon générale, ces exercices reçoivent un accueil chaleureux. Même

les étudiants épris de science pure reconnaissent qu'ils contribuent à former le jugement et débordent largement les problèmes de la science appliquée.

Les appréciations formulées par les élèves en cours d'étude apportent des indications importantes surtout sur le plan psychologique, mais témoignent quelquefois d'une certaine myopie. En revanche, les jugements formulés par les participants ayant acquis quelques années de pratique constituent un témoignage très significatif. Les déclarations spontanées que j'ai recueillies constituent des encouragements à persévérer, comportent des suggestions et apportent aussi des informations en vue d'autres exercices du même genre. Plusieurs témoins ont eu l'occasion de résoudre des problèmes analogues à ceux discutés au cours ou d'affronter des situations semblables à celles d'un des exercices; ils ont su éviter ainsi certaines erreurs et découvrir des solutions originales. Deux anciens élèves ont déclaré que l'expérience acquise de cette façon les avait grandement facilités et avait contribué à leur promotion rapide. L'écho rendu par cette source est donc très favorable.

Deux employeurs de nos diplômés, au courant de cette méthode d'enseignement, la considèrent comme très efficace.

Relevons encore quelques autres aspects positifs; la simulation de campagnes de prospection permet au meneur de jeu d'opérer une recherche sur:

- les stratégies de la recherche minière;
- les méthodes de prospection;
- les méthodes de chiffrage;
- les méthodes de représentation des gisements, ceci soit par:
 - comparaison des méthodes appliquées et des résultats obtenus par les diverses équipes,
 - ou application délibérée et systématique par lui-même de divers principes au cas étudié.

J'ai pu ainsi réunir une abondante documentation sur la recherche minière par l'application de la simulation et je compte publier les résultats les plus significatifs. On peut signaler pour terminer que des essais sont en cours pour utiliser un ordinateur dans ces travaux.

J. Deferne (Genève): *Une application des méthodes audiovisuelles à l'enseignement des sciences de la terre: La projection stéréoscopique.*

Abstract. The audio-visual aids for teaching the earth sciences at a university level are still little employed.

The application of the stereoscopic projection represents a valuable help in the field of photo-geology and crystallography.

The author describes the apparatus which he used and the method with which he prepared the slides.

L'application des méthodes audio-visuelles à l'enseignement des sciences au niveau universitaire est encore très peu développée. Dans le cas particulier des sciences de la terre on se contente encore de montrer aux élèves des formes en bois, des modèles de structure et les cours sont illustrés parfois par des projections de diapositifs. Les méthodes récentes telles que l'enseignement programmé, les films en cassette ou la projection stéréoscopique n'apparaissent pas encore ou que très timidement.

Paradoxalement c'est dans les pays en voie de développement que ces méthodes sont le plus souvent employées. Cela s'explique facilement par le fait qu'il est nécessaire de recourir à ces méthodes pour pallier à la pénurie d'enseignants et à la pauvreté de la documentation scientifique. Et c'est justement dans l'un de ces pays que nous avons eu l'occasion d'expérimenter quelques unes de ces méthodes.

L'enseignement des sciences au niveau universitaire dans les pays en voie de développe-

ment pose, au professeur nouvellement débarqué d'Europe, des problèmes auxquels il n'est pas toujours préparé: connaissances extra-scolaires des étudiants extrêmement pauvres; manque de personnel qualifié, préparateurs, assistants; bibliothèque inexistante ou en voie de création. Cela l'oblige à accomplir personnellement toutes sortes de tâches qui, en Europe, auraient pu être confiées à un préparateur ou à un assistant.

Les méthodes audio-visuelles apportent dans ces conditions une aide hautement appréciable. Elles permettent de pallier à la déficience des moyens d'information, d'illustrer d'une manière vivante les cours et elles facilitent la tâche du professeur. Nous avons appliqué quelques unes de ces méthodes à l'Institut National des Mines, école créée à Bukavu (Congo-Kinshasa) en 1962 par l'UNESCO et qui forme des ingénieurs dans les domaines de la géologie et de l'exploitation des mines.

Nous avons presque été obligés d'appliquer ces méthodes nouvelles pour suppléer au manque d'assistants. Nous avons principalement utilisé les films 8 mm en cassette de courte durée et la projection stéréoscopique. Cette dernière technique a été particulièrement appliquée à la photogéologie et à la cristallographie géométrique.

Les travaux pratiques de photogéologie consistent essentiellement à interpréter un couple de photographies prises d'avion dont l'observation au moyen d'un stéréoscope permet de restituer le relief. Chaque élève doit disposer d'un stéréoscope et passer un certain temps à se familiariser avec cette méthode d'observation. Le professeur doit suivre chaque étudiant individuellement, vérifier que les photographies soient disposées correctement, s'assurer qu'il perçoit réellement le relief et le guider dans la manière d'interpréter la géologie. Ce travail est assez fastidieux dès que le nombre d'étudiants est élevé.

La projection en relief élimine une partie importante de ce travail, augmente le rendement de l'enseignement et permet un travail de groupe. Les avantages sont nombreux:

- un travail collectif devient possible;
- la vision du relief est immédiate et l'effort d'accommodation des yeux est pratiquement nul;
- le champ de vision est beaucoup plus grand et on observe toute la partie commune des deux photos en une seule fois.

Les étudiants observent tous la même image et le professeur ne donne ses explications qu'une seule fois. Il peut mettre en évidence, avec une flèche lumineuse ou une baguette, toutes les particularités de chaque photo. Il fait participer activement les étudiants en leur faisant commenter eux-mêmes les vues devant leurs camarades.

Ces avantages ne suppriment pas du tout l'usage ultérieur du stéréoscope et les étudiants devront passer un certain temps à se familiariser avec cet appareil. Toutefois ils pourront le faire presque sans aide, car ils savent exactement ce qu'ils doivent observer et comment ils doivent le faire.

Les essais que nous avons faits à L'Institut National des Mines ont été très encourageants: le professeur a pu réduire le temps consacré à cet enseignement en augmentant en même temps le rendement de son cours. Les élèves préfèrent cette méthode qui leur fait gagner aussi du temps, leur facilite la compréhension des phénomènes et leur fixe mieux en mémoire la méthode employée.

En cristallographie géométrique nous avons également utilisé ce mode de projection. Les formes en bois ou en verre coûtent très cher et il n'était pas possible d'acquérir des collections complètes immédiatement. Nous avons confectionné une série de clichés¹⁾ montrant des formes cristallines en relief. Ces formes sont parfois emboîtées les unes dans les autres, un octaèdre à l'intérieur d'un tétraèdre par exemple, montrant clairement la relation qui existe entre les deux formes. La présence des axes de coordonnées sur ces dessins permettent de faire saisir clairement le principe de la notation des faces. Ces pro-

¹⁾ Obtenus en photographiant une collection de dessins trouvés dans les archives du Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Genève: Die Kristallgestalten der Mineralogie in stereoskopischen Bildern, konstruiert und herausgegeben von Prof. Theodor Hartwig. Pilchers Verlag, Wien (vers 1910).

jections ont été très utiles car nos élèves avaient beaucoup de peine à visualiser dans l'espace un dessin représenté en perspective.

Signalons que toutes ces méthodes de projection en relief sont connues depuis longtemps et que nous n'avons rien inventé de nouveau. Elles ne sont pas très utilisées dans le grand public à cause de l'inconvénient de devoir porter des lunettes et d'avoir un matériel plus compliqué que pour la projection ordinaire. On connaît les échecs du cinéma en relief dans ce domaine. Toutefois ces inconvénients disparaissent devant les grands avantages qu'on peut en retirer dans le domaine de l'enseignement. Il suffit d'imaginer ce que pourrait être un cours de géomorphologie ou de géologie des Alpes illustré par des projections en relief!

Aspect technique de la projection en relief

Rappelons que le principe de la vision en relief est basé sur la projection superposée des deux images du couple stéréoscopique sur un même écran. A la sortie du projecteur chaque image traverse un filtre qui les polarise dans des plans normaux l'un à l'autre. On utilise obligatoirement un écran métallisé qui ne dépolarise pas la lumière. Les spectateurs portent des lunettes constituées elles aussi de filtres polarisants dont le rôle est d'arrêter, pour chaque œil, l'image destinée à l'autre. Ainsi chaque œil ne perçoit qu'une seule des deux images et la vision stéréoscopique devient alors possible. Dans le cas du projecteur employé, l'image perçue avec l'œil gauche vibrait dans une direction NW-SE, celle vue avec l'œil droit SW-NE lorsqu'on était face à l'écran.

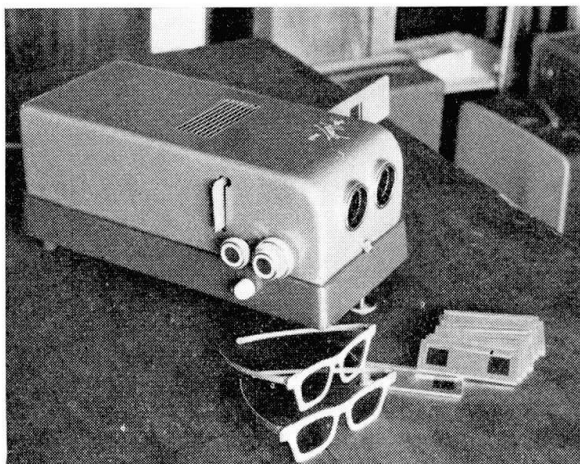


Fig. 1. Projecteur „Hawk stereo Va“.

Dans nos expériences nous avons utilisé un projecteur „Hawk stereo Va“²⁾ (Fig. 1). Les clichés ont été montés dans des montures spéciales livrées avec l'appareil. Les photos aériennes et les dessins de formes cristallines ont été reproduits sur film 35 mm réversible noir et blanc à l'aide d'un appareil photo réflex d'un type courant. Nous avons essayé, par la suite, de faire directement des photos de minéraux et de modèles de structure. Nous y sommes assez bien parvenus en déplaçant l'objet ou l'appareil photo parallèlement à lui même d'environ 2% de la distance objet-appareil photo entre chaque cliché.

Le montage des clichés demande une certaine attention car il ne faut pas oublier que tout projecteur renverse l'image. Le relief risque donc d'être inversé si on ne prend pas de précautions spéciales au montage. Les schémas ci-contre expliquent ce qui se passe. La fig. 2 montre un couple stéréo d'une pyramide. A la projection chaque image est inversée et sur l'écran on observe les images de la fig. 3. Le relief est inversé, Sud et Nord, Est et Ouest sont inversés. Il faut donc tourner, avant le montage, chaque image de 180°

²⁾ Vendu par la maison Duval Studios, 217 High Road, London W 4.

dans son propre plan. Il faut vérifier aussi que l'image projetée par la partie gauche du projecteur soit bien vue avec l'œil gauche. Dans le cas contraire il suffit de renverser les filtres polarisants de l'appareil.

Pour la reproduction des photos aériennes nous avons confectionné deux caches en carton qui ne laissent voir que la partie commune aux deux photos (fig. 4). On peut acheter dans le commerce des couples de photos aériennes déjà sous la forme de diapositifs.

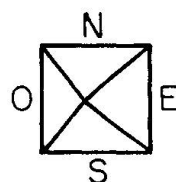
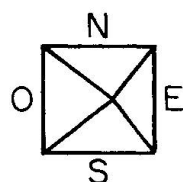


Fig. 2.

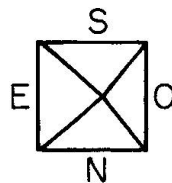
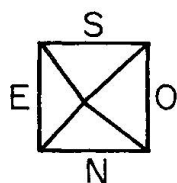


Fig. 3.

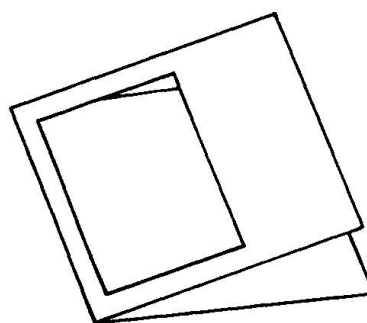
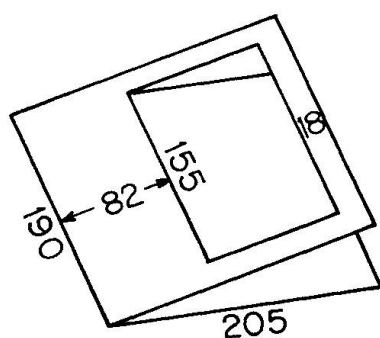


Fig. 4.

Signalons encore que l'Institut de Minéralogie de l'Université de Genève a acquis le matériel nécessaire à la projection stéréoscopique et que les essais sont en cours en vue d'introduire cette méthode dans l'enseignement de la cristallographie et peut-être d'autres disciplines de l'Institut de Géologie également.

C. Exkursion der Schweiz. Mineralogischen und Petrographischen Gesellschaft in das Altkristallin des Mont-Blanc-Aiguilles-Rouges-Massivs

vom 4.–7. Oktober 1971

Von *Jürgen F. von Raumer* (Fribourg)

Teilnehmer:

<i>St. Ayrton</i> , Lausanne (1–4)	<i>M. Maggetti</i> , Fribourg (1–4)
<i>F. Bartoli</i> , Grenoble (1–4)	<i>H. Masson</i> , Lausanne (1, 2, 4)
<i>J. Bellière</i> , Liège (1–3)	<i>J. Mullis</i> , Fribourg (1–4)
<i>Frl. E. van Binsbergen</i> , Zürich (1–4)	<i>E. Niggli</i> , Bern (1)
<i>Frau J. Bocquet</i> , Grenoble (1–4)	<i>W. Nungässer</i> , Fribourg (1–4)
<i>R. Brown</i> , Ottawa (1–4)	<i>A. Pecher</i> , Grenoble (1–4)
<i>R. Chessex</i> , Genève (1–4)	<i>G. Sawatzki</i> , Genève (1–4)
<i>R. Compagnoni</i> , Torino (1–4)	<i>A. Spicher</i> , Basel (1–4)
<i>G. Frenzel</i> , Heidelberg (1–4)	<i>A. Steck</i> , Lausanne (1, 3, 4)
<i>Frau Frenzel</i> , Heidelberg (1–4)	<i>A. Streckeisen</i> , Bern (1–4)
<i>T. Gautier</i> , Genève (1–4)	<i>M. Weibel</i> , Zürich (1–4)
<i>Th. Hügi</i> , Bern (1–3)	<i>R. Wetzel</i> , Basel (1–4)
<i>V. Köppel</i> , Zürich (1–4)	<i>H. Wieland</i> , Bern (1–4)
<i>Frau Köppel</i> , Zürich (1–4)	<i>R. Yazgan</i> , Genève (1–4)

(Die in Klammern genannten Zahlen geben die Tage an, an denen die Teilnehmer anwesend waren.)

Rahmenthema war das Altkristallin des Mont-Blanc-Massivs s. l., doch bewegte sich die Exkursion, abgesehen vom letzten Tage, im Bereiche des Aiguilles-Rouges-Massivs.

Ein grosser Teil der Gesteine dieses Teilmassivs kann auch als typisch für das Mont-Blanc-Massiv s. str. angesehen werden, wenn man von den jungen Ereignissen absieht, die in letzterem eine bedeutende Umprägung bewirkten. Für eine Einführung in das Altkristallin sind darum die Gesteine des Aiguilles-Rouges-Massivs besonders geeignet. Auch sind hier die Aufschlüsse wesentlich leichter zugänglich als im Mont-Blanc-Massiv, wo die interessanten Aufschlüsse mit ihren komplizierten alpinmetamorphen Überlagerungen erst nach mehrstündigem Anmarsch über Schneefelder und Moränen erreicht werden könnten.

Einleitend sind noch einige generelle Daten zu den verschiedenen morphologischen Einheiten des Mont-Blanc-Aiguilles-Rouges-Massivs vorangestellt (Übersichtskarte s. VON RAUMER 1967).

Während das *Aiguilles-Rouges-Massiv* (abgesehen von seiner westlichen Verlängerung) im wesentlichen aus alten Gesteinen aufgebaut ist, die durch eine regionale Anatexis beeinflusst sind, finden sich im südlich angrenzenden *Arpilles-Massiv* zusätzlich zusammenhängende Marmorbänder, die eine tektonische Gliederung

dieses Bereiches ermöglichen. Hingegen kann der von der Rhone abgetrennte *Komplex von Fully* nicht mit den vorher genannten Massiven verglichen werden, da in ihm neben prävaristischem Altkristallin jüngere (varistische), pinitführende Einheiten einen wesentlichen Platz einnehmen.

Das *Mont-Blanc-Massiv s. str.* ist durch altkristalline Gesteine vom Typ der Aiguilles-Rouges charakterisiert, in dem basische Gesteine und sehr grobe Augengneise besonders auffallen. Neben älteren anatektischen Mobilisaten, wie sie auch in den Aiguilles-Rouges auftreten, finden sich hier zusätzlich durch Cordierit gekennzeichnete, jüngere Mobilisate. Einen wesentlichen Raum nimmt dann der zentrale, grobkörnige Mont-Blanc-Granit ein. Hier kompliziert eine starke alpine Metamorphose das geologische Geschehen ganz besonders.

Haben alle morphologischen Einheiten ihre Eigenheiten, so lassen sich doch generell gesehen gewisse gemeinsame Züge herausstellen:

Sedimentation (präkambrisch- altpaläozoisch)	Karbonate Pelite Psammite Grauwacken saure (Keratophyre, Rhyolithe)? und basische Intrusionen
Metamorphose mit 1. regionaler Anatexis (kaledonisch? oder älter?)	Umwandlung zu Para- und Orthogneisen mit Erhaltung von Relikten. (Mineralparagenesen mit Disthen zur gleichen Zeit oder in jüngerem Zyklus?)
Erste Granite	Eindringen von Graniten, Muskowit-Granit (vor allem im Mont-Blanc-Massiv) und deren Gangfolge. (Pegmatite mit dunklen Kalifeldspaten, Granat und Turmalin, Turmalingänge)
Durchbewegung und Faltung mit steilachsigen Faltenachsen	Mylonitisierung Typ „Chéserys“
2. regionale Anatexis	Mobilisation mit Cordierit-haltigen Paragenesen. Kristallisation von Andalusit-Cordierit-Paragenesen
Eindringen der Hauptgranite	Pinit-Granodiorit von Fully, Vallorcine-Granit, Poromena-Granit, Mont-Blanc-Granit Postgranitische Tektonik und Gangintrusionen
Sedimentation	Permo-Karbon Erneute Tektonik und Gangintrusionen (Quarzporphyre und Mikrogranite)
Sedimentation (Trangression Trias oder Beginn Jura)	
Regionale Metamorphose (alpin)	maximal Grünschieferfazies verbunden mit Deformationen verschiedener Richtung Zerlegung in Schollen, Heraushebung

Montag, 4. Oktober 1971

Lac Cornu (Aiguilles Rouges)

Nachdem sich die meisten Teilnehmer schon am Vorabend im Hotel de la Forclaz eingefunden hatten, trafen wir uns nach einer kurzen Fahrt durch den morgendlichen Herbstnebel mit den von Grenoble zu uns stossenden Teilnehmern in Chamonix an der Talstation der Brevent-Bahn. Dank des Entgegenkommens wurde die Bahn

unseretwegen noch einmal vor den Reparaturen in Betrieb gesetzt, und so konnten wir in Kürze von Planpraz (2000 m) aus das gewaltige Panorama der vor uns liegenden Granitketten der Mont-Blanc-Nordwestflanke mit ihren Gletschern bewundern.

Die einleitenden Worte galten N. OULIANOFF, dem Altmeister der Mont-Blanc-Geologie. Es folgten Erläuterungen zur Morphologie und zur geologischen Entwicklung, und schliesslich wurden die speziellen Probleme des Tages aufgezeigt.

Der Weg zum Col Cornu führt zunächst durch grobkörnige, helle Augengneise, die durch ihre grossen, dunkelgefärbten Kalifeldspäte auffallen. Die Gesteine gehören zu breiten, homogenen Gneiszügen ungefähr granitischer Zusammensetzung.

Die Kalifeldspat-Augen weisen häufig einen dunklen Kern auf, der von einem hellen Saum umgeben wird. Ist der dunkle Kern einschliessreicher infolge zeitweiliger Instabilität, oder liegt mosaikartiges Zerdrücken und Wiederverheilen vor? (Untersuchungen darüber sind eingeleitet.) Häufig lassen sich u. d. M. zwei Kalifeldspat-Generationen unterscheiden, wobei eine grob gegitterte, frische Mikroklin-Generation ältere, mosaikartig zusammentretende, trübe Kristallteile verheilt.

Vom Berichtenden werden diese Gesteine als anatektisch beeinflusste Orthogneise (Orthogneis-Anatexite) angesehen.

Der weitere Weg führt durch Serien, die alle Stadien der Anatexis aufweisen. Nebeneinander finden sich Ader-Migmatite, sodann von vereinzelt Mobilisaten durchschlagene, homogene Gneise sowie Feldspatknottengneise.

Nach wiederholten Halten zur Diskussion der tektonischen Mehrphasigkeit und des Ausgangsmaterials dieser Gesteine erreichten wir gegen 12 Uhr den Col Cornu. Eine Nebelwand hatte inzwischen den Blick nach Süden verdeckt, und so erfolgte ohne weiteren Aufschub der Abstieg zum See. Nach kurzem Imbiss zog es jeder vor, weiterzumarschieren und sich so auf dem Wege zu den basischen Gesteinen wieder zu erwärmen.

Die auffallendsten Gesteine im Raume des Lac Cornu sind grosse, *boudinartige Körper amphibolitischer Zusammensetzung mit granatführenden, basitischen Kernpartien* (Koord.: 553.925/90.100). Sie „schwimmen“ in einer stark anatektisch beeinflussten, migmatischen und granitoiden Umgebung. Ihre Hauptminerale sind Hornblende, Pyroxen, Granat, Plagioklas und retrograde Umwandlungsprodukte. Die einhüllenden Gesteine sind entweder *Migmatite*, in denen granitoide Mobilisate einen bedeutenden Platz einnehmen, oder dunklere *Lagengneise*, mit Mobilisatbändern oder Feldspat-Augen. Hauptgemengteile sind hier Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas und Biotit, doch kann auch Granat lagenweise angereichert sein, während sich bei der Annäherung an die amphibolitischen Serien in zunehmendem Masse Hornblenden einstellen.

Wir besprechen zunächst die Basite. Die Hauptmasse der Amphibolitzüge besteht aus Plagioklas-Bänderamphiboliten mit den Gemengteilen: gemeine Hornblende und Oligoklas-Andesin. Sie sind charakteristisch für den Randbereich der Basitzüge gegen die umliegenden Migmatite. Als Nebengemengteile finden sich Biotit (Hornblende ersetzend, Einfluss der Anatexis) und Granat (oft durch Biotit + Plagioklas ersetzt).

Prehnit tritt als zopfartige Einlagerung in Biotit auf, während Titanit parallel der Spaltbarkeit eingelagert ist, der Biotit häufig schon in Chlorit übergegangen ist. In kleinen, nestförmigen Aggregaten finden sich gemeinsam Pumpellyit und Prehnit, und kleinste Zeolithklüftchen enthalten Heulandit, Laumontit und Chlorit.

Gegen das Zentrum der grösseren Basitkörper finden sich in zunehmendem Masse noch nicht zu normalen Amphiboliten umgewandelte Granatamphibolite und

diablastische Granatamphibolite. Die ersteren enthalten vor allem Granat neben der Hornblende, während in den letzteren in der grünen Hornblende noch breite, diablastische Bereiche anzutreffen sind und reliktsch diopsidischer Pyroxen und Albit erkannt werden können. Diese Gesteine haben ihren Ursprung wohl in Eklogit-Amphiboliten und letzten Endes in Eklogiten.

Nach CHESSEX (Upper mantle project, Final report of Switzerland, 1971):

“... an igneous origin seems more probable. The composition is one of basalt. The pyroxene is not an omphacite (less than 1% Na_2O). The garnet has approximately the following composition: 3 almandine + 1 pyrope + 1 grossular.”

Eine retrograde Umwandlung in Gesteine der Amphibolitfazies ist überall gegen den äusseren Rand zu und längs aufgerissener Spalten zu verfolgen. Es erfolgt eine verstärkte Einwanderung von Biotit auf Kosten von Granat (+ Plagioklas) und Hornblende, und in der Randzone zu den Migmatiten erhalten wir über das Zwischenstadium der Plagioklas-Streifenamphibolite schliesslich hornblendereiche Diatexite, die teilweise auch noch Granat führen können.

Diese stufenweise Umwandlung von basischen Einschaltungen in anatektisch mobilisierter Umgebung kann noch an anderen Lokalitäten des Mont-Blanc-Massivs verfolgt werden. Sie ist auch mit einer Veränderung der Hornblenden verbunden. Statistische Messungen an 300 Hornblenden verschiedener Lokalitäten (2 V_x und $n_{\gamma/c}$) zeigen, dass die Hornblenden der noch relativ intakten Basite gut definierte, wenig streuende optische Daten aufweisen. Bei der einsetzenden Auflockerung durch anatektische Vorgänge beginnen die optischen Daten mehr zu streuen, und zwar liegen dann die Werte auf Linien, die auf das Feld der gemeinen Hornblenden oder Aktinolithe hinweisen. Die optischen Daten zeigen hier wohl eine chemische Veränderung und den resultierenden gröberen Mosaikbau an. In deutlich diatektisch aufgelockerten Basiten endlich streuen die optischen Daten innerhalb des Feldes, das durch die gemeinen Hornblenden und die Aktinolithe gekennzeichnet ist. Chemische Analysen zur näheren Interpretation stehen noch aus.

In den grobklagigen Migmatiten der Umgebung sind, wie schon erwähnt, Kalifeldspat, Plagioklas, Biotit und Quarz die Hauptgemengteile. Plagioklas wird stark durch Kalifeldspat in blastischen Formen verdrängt. Als Einschaltungen finden sich im steilachseig verfalteten Lagenbau helle, feinkörnige Feldspat-Quarz-Gesteine, die auch Granat führen können. Es dürfte sich bei ihnen um meta-aplitische Einschaltungen handeln.

Die in breiteren Lagen auftretenden dunklen, homogenen Gneise weisen teilweise auch schon wenig mächtige, helle Mobilisatbahnen auf, die jeweils durch einen schmalen, dunkleren Saum vom umliegenden Gneis getrennt sind. Mikroskopisch sind diese homogenen Gneise durch Biotit, Muskowit, Plagioklas, Quarz, Granat und Sillimanit (Fibrolith) charakterisiert.

Der Biotit wird von polygonalem Muskowit verdrängt und hat häufig Fibrolith eingelagert. Muskowit, wie der Biotit nicht deformiert, ist oft skelettartig ausgebildet und läuft in feinen Fibrolith-Büschelchen aus. Er ist wohl als Vorläufer stärkerer Mobilisation, hier den Teilschmelzen vorangehend, anzusehen.

In den Mobilisaten selbst ist dagegen Muskowit nicht mehr neben Quarz stabil; Kalifeldspat tritt an seine Stelle.

Die den Lagenagneisen ähnlich aussehenden Feldspatknotengneise enthalten Biotit, Plagioklas und Quarz als Hauptgemengteile, während Kalifeldspat nur in vereinzelt Plättchen in Plagioklas auftritt. Wichtige weitere Gemengteile sind Cordierit und Andalusit.

Das Nebeneinander dieser Gesteine ganz verschiedener Entwicklungsstadien lässt die Frage nach der Grenze zwischen Anatexis und Ultrametamorphose aufkommen. Ist hier die verschiedene chemische Zusammensetzung alleiniger Grund, oder handelt es sich um Gesteine polymetamorpher Genese, bei denen auf eine stärkere Mobilisation blastische Umbildungen folgen? Das Nebeneinander von Migmatiten und Gesteinen mit Cordierit und Andalusit bestärkt die letztgenannte Annahme.

Dienstag, 5. Oktober 1971

Val Bérard (Aiguilles Rouges)

Nachdem sich schon am Vorabend wieder die für die Jahreszeit typische klare Sicht eingestellt hatte, konnten wir frühzeitig den langen Marsch in das Val Bérard antreten. Über Rundhöcker aus Vallorcine-Granit erreichten wir bald die Aufschlüsse im Gneis vom Typ „Chéserys“. Am Eingang des Tals beim Wasserfall (Koord.: 559.200/96.600) stehen streifige Gneise mit wechselnder Führung von Kalifeldspat-Porphyrklasten an, so dass das Gestein den Charakter eines Augengneises erhalten kann. Hauptbestandteile sind Biotit, Plagioklas, Quarz und Kalifeldspat.

Bei der Ausbildung des Typ „Chéserys“ handelt es sich um eine mesozonale Deformation älterer Gesteinsserien, die mit einer Körnelung der Gemengteile und einer Kristallisation von Plattenquarzen verbunden ist.

Mikroskopisch erkennt man einen Lagenbau aus polygonalem Plagioklasmörtel mit feinen Biotit- und schmalen Quarzlinsen. Der Kalifeldspat der grossen, leicht zerbrochenen Klasten ist ein Mikroklin-Perthit, im Granulat dagegen liegt ein polygonaler, feinkörniger Orthoklas vor.

In der Diskussion ergibt sich, dass der Bearbeiter dieses Gebietes (J. BELLIERE) diese Gesteine vom Typ „Chéserys“ als Blastomylonite ansieht, wobei alle Gemengteile gekörnelt wurden, der Quarz aber zu plattigen Individuen rekristallisierte. (Doch sind die Plattenquarze meist nicht mehr voll erhalten, weil spätere Deformationen auf andersgerichteten Bewegungsbahnen zur weiteren Destruktion der Gefüge führten.) Während die Blastomylonitisierung vom Typ „Chéserys“ in N-S-Richtung den Grenzen der Gesteinseinheiten parallel läuft, schneidet der Vallorcine-Granit diese ältere Richtung in N 20–30° E ab. Schliesslich folgen jüngste Mylonitzonen alpinen Ursprungs in NE-SW-Richtung und schneiden so alle anderen Strukturelemente.

Dem Tale folgend erreichen wir eine breite Zone von homogenen Gneisen, die vereinzelt Kalksilikatfels-Einschlüsse führen (Koord.: 558.050/96.200). Hauptgemengteile sind Kalifeldspat, Plagioklas, Quarz, Biotit, Muskowit und Sillimanit (Fibrolith).

Mikroskopisch erkennt man eine Wechsellagerung von strähnigen Lagen aus Biotit mit Fibrolith, teilweise durch Muskowit ersetzt, Quarzlinsen und Kalifeldspatlinsen in einer Grundmasse aus trübem Plagioklas-Granulat. Der Vergleich mit ähnlichen Gesteinen aus dem Mont-Blanc-Massiv, wo sich reliktsche Schollen von Basiten, Kalksilikatfelsen und Quarziten finden, lässt in diesen Gesteinen Diatexite oder palingene Granite vermuten, in denen nur noch kleine Relikte übriggeblieben.

Nach kurzem Imbiss unterhalb der Hütte Pierre à Bérard gelangten wir in eine breite Zone mit Gneisen und Glimmerschiefern wechselnder Zusammensetzung. Quarzitisch-dichte Lagen enthalten als Hauptgemengteile Quarz, Plagioklas, Biotit (Chlorit), Sillimanit (Fibrolith), Muskowit und Kalifeldspat und variieren in ihrer Zusammensetzung zwischen Sillimanit-Quarziten und Sillimanit-Plagioklas-Biotit-

Gneisen. Hellglimmer-Aggregate lassen den Verdacht auf Alumosilikate wie Disthen oder Staurolith aufkommen.

Lokal finden sich boudinartige Einschnürungen aus Disthen-Granat-Gneis (Koord.: 555.525/95.070) mit lagenweise angereichertem Disthen (Hellglimmerhof-Muskowit), Biotit, Granat (oft ersetzt durch Biotit und Plagioklas), Plagioklas und Quarz. (Jeder Teilnehmer konnte nach eifriger Vorarbeit durch einige Unentwegte seine Trophäe mit nach Hause nehmen.) Boudinartige Einschnürungen von Plagioklas-Amphiboliten, teilweise auch schon diatektisch aufgelöst, sind vollkommen retrograd umgewandelt zu Gesteinen aus Chlorit, Titanit, Aktinolith, trübem Plagioklas und Quarz.

Nördlich der Schieferzone querten wir sodann eine breite Zone dichter Lagen-gneise sehr verschiedener Zusammensetzung, denen sich vereinzelt Lamprophyre einschalten (Koord.: 555.025/95.230). Die in den homogenen, sauren Gneisen auftretenden Einschlüsse können als magmatische Einschaltungen aber auch als Relikte anatektischer Auflösung gedeutet werden.

Den nördlichen Abschluss bis hinauf zum Pass bilden wieder grobe Augengneise mit migmatischen Strukturen, die wohl auch hier wieder als Orthogneis-Anatexite angesehen werden können. Ihre allgemeine Rotfärbung weist auf die lange Geschichte der Denudation hin, ehe die transgredierende Trias sie wieder zudeckte. Der scharfe Transgressionshorizont mit starker Winkeldiskordanz ist in der Umgebung des Col de Salenton (2596 m) bis zum Buet prachtvoll aufgeschlossen, kann aber auch gegenüber – in der Aiguille de Belvedere – gut erkannt werden. Da wir rechtzeitig am Pass ankamen (14.30), hatten wir genügend Gelegenheit, das Panorama nach Norden und nach Süden zu bewundern, um uns dann nach ermüdendem Rückmarsch mit einem frischen Trunk zu erlaben. Rechtzeitig vor dem Abendessen erreichten wir das Hotel.

Die ausgehängte geologische Karte von N. OULIANOFF vereinigte alle Teilnehmer noch einmal zu einer abendlichen Diskussion, die eine Würdigung seines grossen Werkes erlaubte, aber auch die Möglichkeit gab, dank der persönlichen Worte und Erinnerungen engster Mitarbeiter, seine Persönlichkeit besser zu kennen.

Mittwoch, 6. Oktober 1971

Van d'en Bas-Salanje (Aiguilles Rouges)

In kurzer Fahrt mit den Privatwagen durchquerten wir die grossen geologischen Einheiten des Massivs; das Mesozoikum der Zone von Chamonix, das Altkristallin des Arpilles-Massivs und das Permo-Karbon von Salvan.

Nördlich davon treten wir in einen langgestreckten, gangförmigen Granitkörper ein, der parallel einer breiten Störungszone in NE-SW-Richtung das Altkristallin durchschlägt. Während der Südkontakt dieses Granits (Vallorcine-Granit) durch einen mächtigen Mylonit ersetzt wird, der sicherlich zum Teil aus schiefrig aussehenden Granitmyloniten besteht – aber auch wohl zermahlene Karbon-Sedimente enthält –, zeigt der nur wenig gestörte Nordkontakt den intrusiven Charakter.

Im ersten Aufschluss (Koord.: 567.370/109.840) bei Van d'en Bas sehen wir den Vallorcine-Granit in seiner porphyrischen Ausbildung mit grossen Kalifeldspat-Kristallen. Hier in der Randzone enthält er eine grosse Anzahl von Xenolithen, Gneise verschiedener Zusammensetzung und grünliche Flecken von Pinit. Der nördlich davon aufgeschlossene Kontakt besteht aus dichten, hornfelsartigen Gesteinen, die zum Teil schöne Faltenstrukturen aufweisen (Koord.: 567.275/109.975). Ihre Zusammensetzung entspricht Metapeliten bis Metagrauwacken, sowie Quarziten und

vereinzelt Einschlüssen von Kalksilikatbändern, die boudinartig zerlegt sein können. In der Umgebung von Van d'en Haut herrschen dann aber migmatische Strukturen vor (Koord.: 566.530/109.850).

Als Hauptgemengteile finden sich u. d. M. Biotit, Plagioklas und ein wechselnder Anteil an Quarz. Granat tritt nur vereinzelt auf; Fibrolith reichert sich lagenweise an und kann auch grössere Knoten ausbilden, in denen er wohl Ersatzprodukt eines anderen Alumosilikats ist. Vereinzelt besteht der Verdacht auf Cordierit und Andalusit, die hier durch Hellglimmer-Aggregate ersetzt sind.

Der Aufstiegsweg zum Stausee quert eine breite Zone stark chloritisierter migmatischer Gesteine (Koord.: 564.950/110.200), deren retrograde Umwandlung sowohl alpinen als auch älteren Ursprungs sein dürfte. Es folgen quarzdioritische Gneise mit Übergängen zu unruhig-fleckigen Diatexiten, die noch reliktsche Partien der Ausgangsgesteine enthalten.

Nach der allgemeinen Erholung beim Picknick vor der Auberge de Salanfe gibt uns St. AYRTON die notwendigen Erläuterungen zu den grossartigen Profilen durch die helvetischen Decken im Bereich der Dents du Midi und durch die autochthone Bedeckung im Bereich des Col d'Emaney.

Danach führt uns der Weg über den Staudamm entlang der triadischen Transgressionsfläche zum letzten Aufschluss des Tages, der Arsen-Gold-Lagerstätte von Salanfe (Koord.: 563.325/108.830). Sie besitzt pneumatolytisch-hydrothermalen Charakter und ist an Marmorlagen im Altkristallin gebunden, die sich zwischen den Biotit-Plagioklasgneisen und Glimmerschiefern einschalten. Wir finden Erze mehrerer Entwicklungsphasen vergesellschaftet mit Marmoren, Kalksilikatfelsen und Skarnen verschiedener Zusammensetzung. Es sei aber vermerkt, dass diese Lagerstätte noch einer genauen Untersuchung harret, bei der auch die alpine Beeinflussung nicht ausser acht gelassen werden darf. – In den anliegenden basischen Gesteinen konnten Pumpellyit und Prehnit gemeinsam als Neubildungen gefunden werden, ein Zeichen dafür, dass auch mit alpinen Neubildungen gerechnet werden muss.

Die schweren Rucksäcke beim Abstieg zeigten, dass jeder bei der Suche auf seine Kosten kam. Nach der Rückkehr war bald alle Müdigkeit verflogen; denn eine Raclette und guter Walliser Wein liessen den letzten gemeinsamen Abend der Exkursion in guter Stimmung enden.

Donnerstag, 7. Oktober 1971

Plan de l'Aiguille oberhalb Chamonix (Mont-Blanc-Massiv)

Noch im Schatten der Aiguille du Midi fuhren wir von Chamonix aus mit der Seilbahn bis zur Mittelstation, und schon die ersten Schritte in den anstehenden mylonitisierten Gneisen zeigten den Teilnehmern den Unterschied zwischen dem hier Anstehenden und den klaren Strukturen im Aiguilles-Rouges-Massiv.

Die alpine Metamorphose und Deformation hat viele petrographische Details des älteren Geschehens verwischt. Während im Granit Biotit und Stilpnomelan wichtigste alpine Neubildungen sind, kann Granat mehrerer Bildungsperioden auf schmalen Bewegungsbahnen gefunden werden, sind in den altkristallinen Gesteinen vor allem Chlorit, Albit, Epidot, Zoisit und Aktinolith als jüngste Neubildungen zu erkennen. Im Bereich der grossen Mylonitzone allerdings, die hier talparallel alle Strukturen schneidet, sind mikroskopische Details nur mit Schwierigkeit zu erkennen. Die Vielfalt der verschieden alten Strukturen lässt die Aufschlüsse gerade hier besonders verwirrend und schwierig erscheinen, und nur eine Kenntnis der

umliegenden Gebiete vermag den Schlüssel für die Entwicklung des Geschehens liefern.

Älteste Gesteine sind Migmatite mit Schollen von Ultrabasiten, anatektisch beeinflusste Amphibolite, Fleckendiorite und blastisch umgewandelte Scherzonen. Diese Gesteine, vielfach verfaltet und zerschert, und von verschiedenartigen Mobilisaten durchdrungen, werden von muskowitreichen, sauren Gängen durchschlagen, die ihrerseits wieder steilachsrig verfaltet sind. Alle diese Strukturen werden diskordant von einem wirren Netz von Apophysen des Mont-Blanc-Granits durchschlagen. Der schon durch OULIANOFF bekannt gewordene Granitkontakt zeigt in besonders schöner Weise die intensive Durchdringung der diskordant anstossenden Gesteine des Altkristallins.

Gegen Mittag versammelten sich alle Teilnehmer der Exkursion noch einmal, um ein grobes Zeitschema der geologisch-petrographischen Ereignisse zu diskutieren. Dann schloss der Präsident der Gesellschaft, Prof. A. STRECKEISEN, mit Dankesworten für die Führung und die rege Teilnahme die Exkursion. Ein Teil der Gruppe fuhr danach noch zum Gipfel der Aiguille du Midi (3841 m), wo bei schönstem Wetter noch das herrliche Panorama nach allen Seiten genossen werden konnte.

Karten und Literatur

Topographische Karten

Schweizerische Landeskarte

1 : 25 000 Blatt 1304 Val d'Iliez, 1324 Barberine, 1344 Col de Balme, 1345 Orsières.

1 : 50 000 Blatt 272 St-Maurice, 282 Martigny, 292 Courmayer.

Carte I.G.N. France

1 : 20 000 Feuille XXXVI-30 Chamonix 1-2, 5-6.

Feuille XXXVI-31 Mont-Blanc 1-2.

Geologische Karten

Geolog. Atlas der Schweiz, Blatt 525 (Finhaut) und Blatt 483 (St-Maurice); mit Erläuterungen.

Carte géologique du massif du Mont-Blanc (Partie française), Feuille Chamonix, Les Tines, Le Tour; mit Erläuterungen (Corbin et Oulianoff).

Carte géologique de la France 1 : 80 000, Feuille 160 T, Vallorcine-Mont-Blanc, 2. Auflage.

Geologische Literatur

AMBERGER, G. F. (1960): L'autochtone de la partie nord-ouest du massif des Aiguilles Rouges. Thèse, Genève.

BELLIÈRE, J. (1958): Contribution à l'étude pétrogénétique des schistes cristallins du massif des Aiguilles Rouges. Annales de la Soc. Géol. de Belgique t. 81, 1958.

BORDET, P. et CL. (1960-1963): Belledonne-Grandes Rousses et Aiguilles Rouges-Mont-Blanc: quelques données nouvelles sur leurs rapports structuraux. Livre à la mémoire de P. Fallot, t. II, Soc. Géol. France.

COLLET, L. W. (1924): Aperçu sur la géologie du massif du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges, Guide Vallot Fasc. II, Fischbacher, Paris.

CORBIN, P. et OULIANOFF, N. (1925): Continuité de la tectonique hercynienne dans les massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles-Rouges. Bull. Soc. Géol. France (4), 25, p. 541-553.

— (1926): Les contacts, éruptif et mécanique, de la protogine et leur signification pour la tectonique du massif du Mont-Blanc. Bull. Soc. Géol. France (4), 26, p. 153-162.

— (1928): Les roches basiques de la région du Lac Cornu et la question de leur origine. Bull. Soc. Géol. France (4), 28, p. 43-54.

- LAURENT, R. (1968): Etude géologique et pétrographique de l'extrémité méridionale du massif des Aiguilles Rouges. *Archives Sc.* 20, p. 223–353.
- LAURENT, R. et CHESSEX, R. (1968): Considérations sur le Paléozoïque dans les Alpes occidentales. *Eclogae geol. Helv.* 61, p. 1–18.
- OULIANOFF, N. (1924): Le massif de l'Arpille et ses abords. *Mat. Carte géol. N. S.* 54, II.
- (1944): Les anciens massifs du Mont-Blanc et de l'Aar et l'orogénèse alpine. *Eclogae geol. Helv.* 37, 31–36.
- (1947): Infrastructure des Alpes et tremblement de terre du 25 janvier 1946. *Bull. Soc. Géol. France* (5) 17, 39–53.
- (1960): Granite-Gneiss dans le massif du Mont-Blanc. *Intern. Geol. Congress*, 21. Session. XIV, 158–163, Kopenhagen.
- (1965): Contribution à l'histoire des massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles-Rouges. *Bull. Lab. Géol. Minéral. Lausanne*, 152, p. 1–11.
- VON RAUMER, J. F. (1967): Kristallisation und Gefügebildung im Mont-Blanc-Granit. *SMPM* 47, p. 499–580.
- (1969): Stilpnomelan als alpinmetamorphes Produkt im Mont-Blanc-Granit. *Contr. Mineral. Petrol.* 21, p. 257–271.
- (1971): Das Mont-Blanc-Massiv – Altkristallin im Bereich schwacher alpiner Metamorphose. *SMPM* 51/1, 193–225.
- RICKENBACH, E. und VON KÄNEL, F. (1953): Die Arsen-Gold-Lagerstätte von Salanfe (Wallis). *Beitr. Geologie Schweiz, Geotechn. Ser. Lief.* 31.