

Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie
Band: 49 (1969)
Heft: 2

Artikel: Zur Geologie und Petrographie der Monte Giove-Gebirgsgruppe im östlichen Simplon-Gebiet (Novara, Italia)
Autor: Joos, Marcel G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-38592>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 11.01.2026

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

Zur Geologie und Petrographie der Monte Giove-Gebirgsgruppe im östlichen Simplon-Gebiet (Novara, Italia)

Von *Marcel G. Joos* (Basel) *)

Mit 31 Textfiguren, 5 Phototafeln und 2 Tafelbeilagen

Zusammenfassung

Die Monte Giove-Gebirgsgruppe wird von unten nach oben durch die geologischen Einheiten Antigorio-Decke, Teggiolo-Zone, Lebendun-Serie, Veglia-Zone und Monte Leone-Decke aufgebaut.

Das Hauptgewicht der vorliegenden Untersuchung wird auf die Lebendun-Serie gelegt. Diese wird unterteilt in einen polymetamorphen basalen Teil (L_B), eine ? permokarbonische psephitische Partie (L_{PK}) und je eine permische und mesozoische Zone (L_P und L_M).

Auf die Beschreibung der wichtigsten Gesteinstypen folgt ein Abschnitt über Di- und Konvergenzen zwischen Augen- und Psephitgneissen. Anschliessend sind 12 neue Gesteinsanalysen, davon allein 9 Gesteine aus der Lebendun-Serie, publiziert.

Die alpine Metamorphose erreichte im bearbeiteten Gebiet die Bedingungen der Amphibolitfazies; es liegen hauptsächlich Oligoklas- und Andesin-Amphibolite vor.

Die Arbeit schliesst mit einem strukturellen Teil (s-Flächen, B-Achsen, Klüfte etc.).

Riassunto¹⁾

Il presente lavoro tratta dei ricoprimenti penninici inferiori della regione del Monte Giove. A base di un rilevamento geologico dettagliato sopra tutto la serie di Lebendun viene esaminata. Furono eseguite 12 nuove analisi chimiche. Viene discusso il grado del metamorfismo. L'ultimo capitolo descrive le strutture planare e lineare.

Vorwort

Die vorliegende Arbeit bildet den Teildruck einer unter dem Titel „Zur Geologie und Petrographie der Monte Giove-Gebirgsgruppe im östlichen Simplon-Gebiet“ an der Universität Basel abgefassten Dissertation.

Für Vorlesungen, Praktika und Exkursionen sowie für Diskussionen und Hinweise zu dieser Arbeit danke ich meinen Lehrern, den Herren Proff. P. Bearth und E. Wenk,

*) Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität, Bernoullianum, Basel.

¹⁾ Herrn Dr. A. Günthert sei an dieser Stelle für die Korrektur des Riassunto herzlich gedankt.

sowie den Herren Proff. J. Haller, H. P. Laubscher, H. Schwander, den Dres. C. Friz, A. Günthert, J. Hunziker, F. Keller, F. Melgerei, A. Milnes, B. Reinhardt, A. Steck, R. Schmid, R. Sharma, W. Stern, V. Trommsdorff, H. Wieland, schliesslich J. Arnoth, J. Hansen und R. Wetzel.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	277
Riassunto	277
Vorwort	277
1. Einleitung	278
2. Geologie und Petrographie	282
2.1. Antigorio-Decke (A)	282
2.2. Monte-Leone-Decke (ML)	284
2.3. Lebendun-Serie (L)	286
2.31. Wichtigste Gesteinstypen der Lebendun-Serie	289
2.4. Mesozoische, alpin metamorphe Gesteinszonen (T, L _M , V)	296
2.5. Augengneisse-Psephitgneisse; Unterschiede und Konvergenzen	301
2.51. Augen- und Psephitgneisse im Monte Giove-Gebiet	301
2.52. Form, mineralogische Zusammensetzung und Alter der Augen	303
2.53. Zur Genese einiger ophthalmitischer Texturen	305
3. Chemismus und Metamorphose	307
3.1. Chemische Analysen	307
3.2. QAP- und A'FK-Diagramm	310
3.3. Anorthitgehalte	312
3.4. Mineralparagenesen	315
4. Planare und lineare Strukturen	316
4.1. Planare Paralleltexturen (s-Flächen und Achsenebenen)	316
4.2. Lineare Paralleltexturen	317
4.3. Kluftsysteme und Störungszonen	318
Literaturverzeichnis	322

1. EINLEITUNG

Das ca. 45 km² umfassende Gebiet im obersten Val Antigorio, mit dem Monte Giove (3009 m) im Zentrum, ist topographisch klar umgrenzt. Es stösst im E an den Oberlauf der Tosa (Toce), im W an das Ofenhorn (Pta. d'Arbola) und reicht im S bis nach Rivasco (Fig. 1). Das ganz auf italienischem Staatsgebiet liegende herrliche Walsertal Pomat (Val Formazza), die nördliche Fortsetzung des Val Antigorio, war der Ausgangsort all meiner geologischen Fahrten, die ich im Laufe der Jahre 1962–1965 unternahm.

Das Schwergewicht meiner geologisch-petrographischen Untersuchungen wurde auf die faszinierende Lebendun-Serie gelegt. Dass sie ihren Namen zu Recht trägt, wird einem im Lebenduntal erst so richtig bewusst. Ein Abstecher in dieses bezaubernde Hochtal – mittlerweile auch durch eine Sesselbahn von

Ponte aus erreichbar – lohnt sich auf alle Fälle, denn hier findet man auf engstem Raume das ganze lithologische Spektrum der Lebendun-Serie.

Aber auch die Antigorio-Decke wird uns hier beschäftigen. W. Ponte gewährt uns ihre Stirnregion Einblick in den Mechanismus ihrer Deckenbildung.

Daneben wartet auch die Monte-Leone-Decke, deren NE-Ende im Arbeitsgebiet liegt, mit zahlreichen Problemen auf, und schliesslich verstehen es die monometamorphen Gesteine der Bündnerschiefer-Zonen jeden angehenden oder wohlbestallten Geologen in ihren Bann zu ziehen.

Die Monte-Giove-Gebirgsgruppe wird von den eben genannten tieferen penninischen Decken und Schieferzonen aufgebaut. Das kartierte Areal liegt nördlich der erstmals von H. PREISWERK beschriebenen Tosakulmination. Der weitere geologische Rahmen kann etwa folgendermassen abgesteckt werden (Fig. 1):

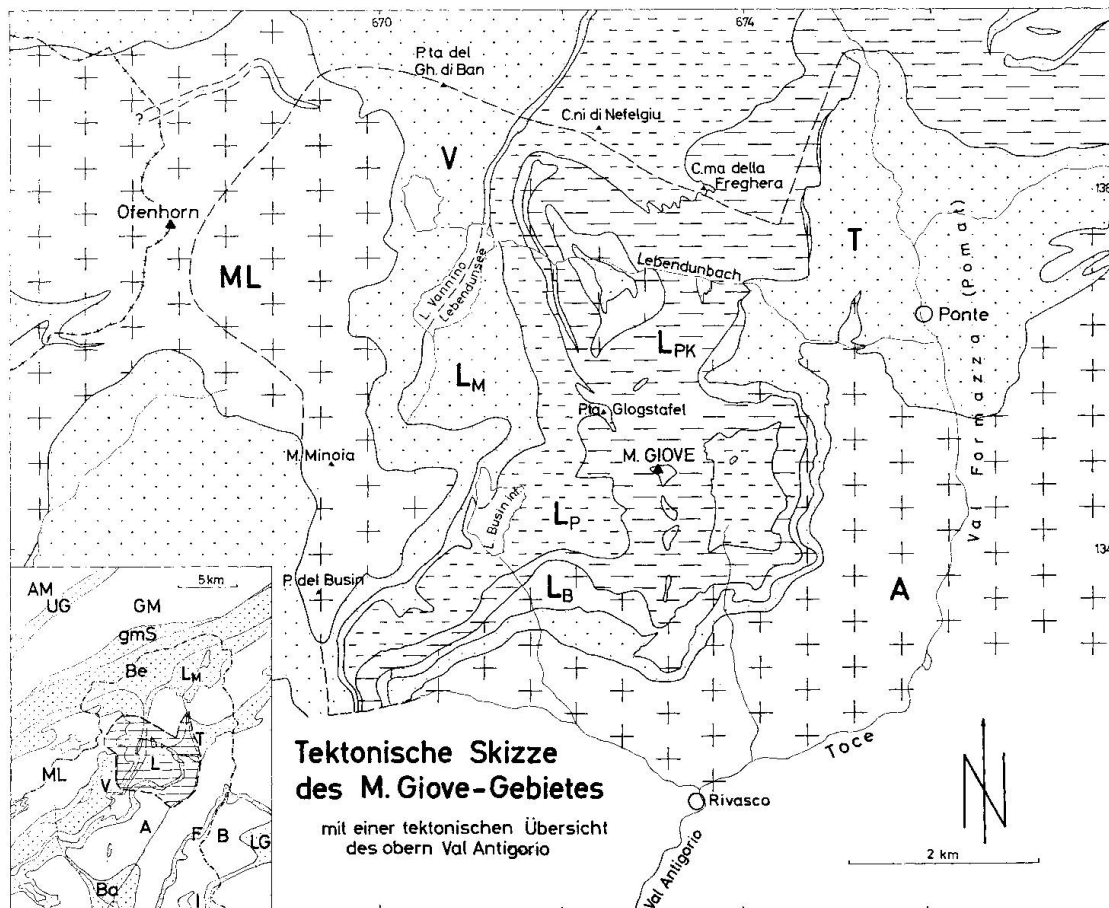


Fig. 1.

Legende: AM = Aar-Massiv, GM = Gotthard-Massiv, UG = Urseren-Garvera-Mulde, gmS = gotthardmassivischer Sedimentmantel.

A = Antigorio-Decke; L, B, I = Lebendun-, Bosco- und Isorno-Serie; L_B = basale L, L_{PK} = permokarbonische L, L_P = permische L, L_M = mesozoische L; ML = M. Leone-Decke; Ba = Baceno-Mulde; T, F, LG = Teggiolo-, Forno- und Lago Gelato-Zone; V = Veglia-Zone; Be = Bedretto-Zone.

Im N und NW stauen sich die steilgestellten Bündnerschiefer am Gotthard-Massiv; im W folgt über dem Monte-Leone-Kristallin die Bernhard-Decke (Berisal). Südlich des untersuchten Gebietes taucht unter der Antigorio-Decke, bei Crodo-Baceno, das Verampio-Kristallin auf. Im E schliesslich folgt auf den komplizierten Schlingenbau beim Wandfluhhorn die Maggia-Querzone.

Die *Antigorio-Decke* bildet im bearbeiteten Gebiet die tiefste aufgeschlossene Einheit. Dieser stattliche Kristallinkörper, der von Oira an, N Crevola d'Ossola, das Val Antigorio beherrscht, erstreckt sich bis ins Pomat, wo er in einem Stirnkeil bei Ponte abrupt endet.

Die Gesteine dieser Decke sind vornehmlich Augengneisse und granitoide Gneisse, seltener Amphibolite.

Die *Teggiolo-Zone*, eine monometamorphe Schieferhülle, überlagert die Antigorio-Decke. Sie besteht grossenteils aus Kalkglimmerschiefern und Quarziten; Calcitmarmore und zuckerkörnige Dolomite treten im Untersuchungsgebiet hingegen stark zurück.

Während am Monte Teggiolo Triaskonglomerate auf ein enges stratigraphisches Verhältnis zur Antigorio-Decke schliessen lassen, ist im Pomat der Kontakt überwiegend mechanischer Art. Dies äussert sich in einer partiellen Verschuppung des Antigorio-Kristallins am E-Abhang des Monte Giove und der gewaltigen Anstauung von Glimmerschiefern N von Ponte.

Die nächsthöhere Einheit, die *Lebendun-Serie*, grenzt mit tektonischem Kontakt, stark verschuppt, an die Teggiolo-Zone. Die Lebendun-Serie wird in dieser Arbeit als Einheit neu definiert und umfasst im wesentlichen einen Verband von mono- und polymetamorphen, meistens psephitischen Gneissen oder Glimmerschiefern. Ihr jüngstes, mesozoisches Glied wird von der sog. Veglia-Mulde abgetrennt und als L_M (auch Busin-Zone) bezeichnet. An ihrer Basis führt die Lebendun-Serie Migmatite und Augengneisse von gelegentlich psephitischer Natur. Darüber folgen Psephite mit verschiedenartiger Matrix sowie Bändergneisse, sodann Glimmerschiefer, Biotitgneisse, Amphibolite und seltener Psephitgneisse. Daran schliesst die Busin-Zone an, deren hervorstechendstes Merkmal die metamorphen Quartenschiefer darstellen.

Die problematische Herkunft des durchgehend als Paragesteinsserie aufgefassten Lebendun-Kristallins wurde 1967 von mir diskutiert und u. a. auf Grund der eben erwähnten Quartenschiefer als riesige Rückfalte einer Psephitserie interpretiert, deren ursprünglicher Sedimentationsraum zwischen dem präalpinen Südrand des Gotthard-Massivs und dem nördlichsten Penninikum (Verampio?) lag.

Hauptsächlich aus porphyroblastischen Schiefern bestehend, folgt mit der *Veglia-Zone* ein weiterer, vielleicht in verkehrter Position liegender Gesteinsverband, welcher meistens mit Dolomit, bei der Pta. Lebendun auch mit Konglomeraten, an den überlagernden Gneisskomplex der M.-Leone-Decke grenzt.

Die *Monte-Leone-Ofenhorn-Decke* ist im allgemeinen stark differenziert, zeigt aber gewisse lithologische Anklänge an das Antigorio-Kristallin. Sie setzt sich aus verschiedenen Augengneissen, wovon ein sog. Riesenaugengneiss mit manchmal über 5 cm grossen Alkalifeldspatäugen den markantesten Typ darstellt, aus granitoiden Gneissen, aus Granatgneissen und Amphiboliten zusammen.

Im weiteren sei auf die Tafeln I und II, geologische Karte und Querprofile, am Schlusse der Arbeit verwiesen.

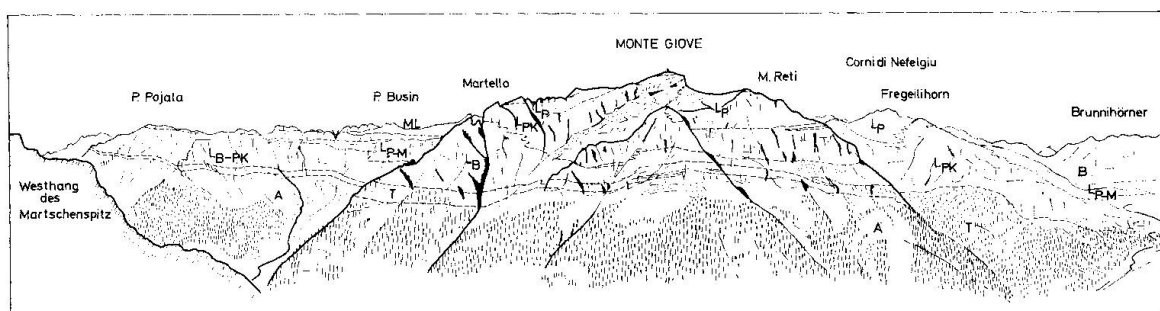


Fig. 2. Panorama von W Martschenspitze (2400 m).

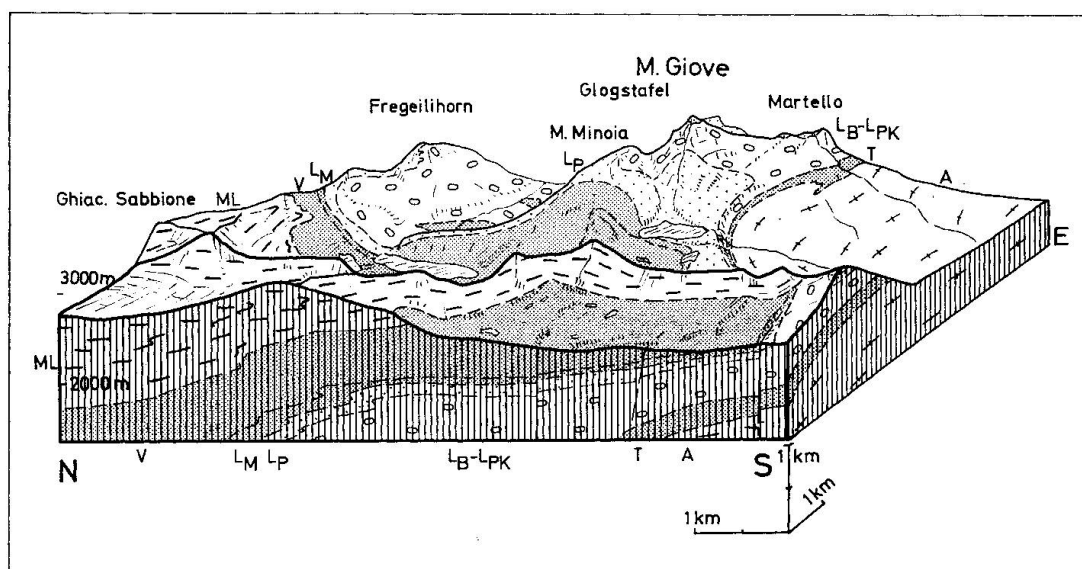


Fig. 3. Blockstereogramm des untersuchten Gebietes, in schiefwinkliger Parallelprojektion, von SW her gesehen.

2. GEOLOGIE UND PETROGRAPHIE

Um die Namen der geologischen Einheiten nicht immer voll ausschreiben zu müssen, werden im folgenden die in Fig. 1 eingeführten Abkürzungen verwendet. Ausserdem erwies es sich als vorteilhaft, bei Dünnschliffbeschreibungen (DS) folgende Abkürzungen zu verwenden:

Qz = Quarz, Plag = Plagioklas, Ab = Albit, Olig = Oligoklas, And = Andesin, An = Anorthit, bzw. Anorthitgehalt, Fsp = Feldspat, Akf = Alkali-Fsp, Gli = Glimmer, Bi = Biotit, Ms = Muskowit, Phlog = Phlogopit, Chl = Chlorit, Hbl = Hornblende, Akt = Aktinolith, Ep = Epidot (Klinozoisit bis Pistazit), Zo = Zoisit, Gr = Granat, Alm = Almandin, Staur = Staurolith, Disth = Disthen, Karb = Karbonat, Ce = Calcit, Dol = Dolomit, Ap = Apatit, Tit = Titanit, Turm = Turmalin, Zirk = Zirkon, Lim = Limonit usw.; ferner HGT = Hauptgemengteil, NGT = Nebengemengteil, Akz = Akzessorien, Fz. = Farbzahl, Zw. = Zwilling; gr. = grün, br. = braun, pleochr. = pleochroitisch, synth. = synthetisch und dergleichen mehr.

2.1. Antigorio-Decke (A)

Die riesige, das Val Antigorio beherrschende Decke baut sozusagen das Fundament des Monte-Giove-Gebietes auf. Ihre Mächtigkeit übersteigt bei Rivasco noch 1000 Meter und auch im geräumigen Trogtal Pomat bildet sie die steilen Felsflanken bis über die Waldgrenze hinauf. Erst etwa 1 km südlich des Hauptortes Zumsteg (Ponte) nimmt ihre Dicke rapid ab und im Bereich der eigentlichen Umbiegung ist sie auf den letzten Metern teilweise intensiv mit den Marmoren und Glimmerschiefern der Teggiolo-Zone verfaltet. Einzig ein eigenartiger Stirnkeil sticht noch etwa 500 m weit in die vor ihr angestauten Calcecisti hinein.

Den Eindruck, die Antigorio-Decke bestehe aus einer homogenen Augengneissmasse, welchen die Simplonkarte von SCHMIDT und PREISWERK (1908) erwecken mag, trifft für das Untersuchungsgebiet, aber auch andernorts, nicht zu. In der Nähe der Talsohle sind dunkle biotitreiche Augengneisse vom nachfolgend als 2.14 (vgl. Legende Geol. Karte) beschriebenen Typus weit verbreitet. Gegen das Dach hin überwiegen helle Gneisse vom Typ 2.12, während dazwischen umfangreiche Linsen von Granit und granitoiden Gneissen liegen.

In der Stirnregion nehmen Hornblendefelse und Amphibolite einen grösseren Platz ein. Ultrabasische Linsen und Migmatite hingegen, wie sie A. GÜNTHER (1958) in seinen Erläuterungen zu Blatt Basodino beschreibt, fehlen im von mir kartierten Gebiete vollständig.

Dunkle biotitreiche Alkalifeldspat-Plagioklas-Gneisse (2.14)

Die meist gut geschieferten, mittel- bis grobkörnigen Augengneisse vom Typus 2.14, in denen konkordant hie und da feinschuppige biotitreiche Lagen und Linsen auftreten, bilden das Hauptgestein und kommen überwiegend

unterhalb der Granite vor. Kennzeichnend für sie ist eine manchmal beachtenswerte Epidot-Orthit-Führung bis zu 5 Vol.-%.

Photo 1 vermittelt einen guten Eindruck dieses Gesteins, das in den Steinbrüchen von Rivasco, Chioso und Foppiano abgebaut wird. Die schwach diskordant zur Schieferungsebene verlaufende Aplitader ist deutlich mitverschiefert worden.

Paragenese und DS:

Qz	< 0,1–3 mm, undulös auslöschend, oft mit Haarrissen und teilweise stark verzahnt.
Plag I	mit Ep- und Gli-Einschlüssen, selten schwach polysynth.
Plag II	meist zonar, mit vielen polysynth. Zw., oft idiomorphe Porphyroblasten mit perthit. Kern, viel Myrmekit um Akf I und II, auch Antiperthit und Schachbrettalbit kommen vor.
	An: 5–30%, überwiegend Oligoklas.
Akf I	1–6 mm, schwach perthit., häufig Karlsbader Zw., selten schachbrettalbitisiert.
Akf II	< 2 mm, mit oft gut ausgeprägter Mikroklitterung.
Gli	reichlich gr. Bi, oft chloritisiert, seltener Ms.
Ep	häufig, z. T. zonarer Orthit vorhanden.
	Karb, Ap, Tit, Zirk, Erz akzessorisch.

Korngrösse: 0,1–6 mm, gelegentlich einige grössere Akf-Porphyroblasten.

Gefüge: granoblastisch-porphyroblastisch, seltener blastomylonitisch, Kornzeilenbau, rotierte Porphyroblasten.

Modus:	Qz 20–30%	Ms 0–8%
	Plag 30–50	Ep 0–5
	Akf 15–35	Akz 1–3
	Bi 8–20	

Fz: 10–28

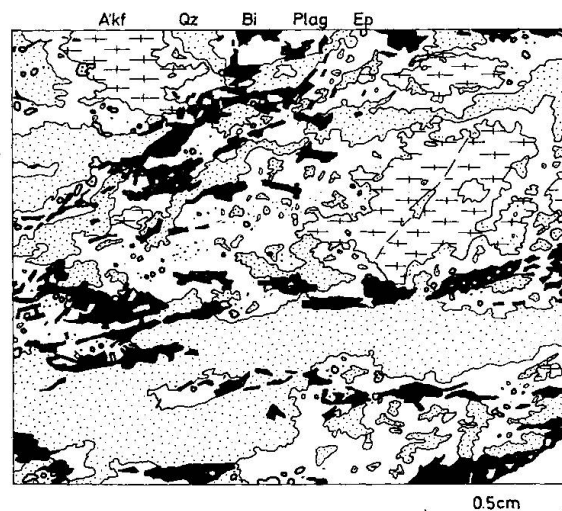


Fig. 4²⁾. Granoblastischer Augengneiss mit Kornzeilenbau (ac-Schnitt). Rechts im Bild ist ein nach Karlsbader Gesetz verzwilligter Mikroklin zu sehen.

²⁾ Wegen der Reproduktion eines relativ grossen Ausschnitts (2–4 cm Ø) wurden in diesem und den folgenden Dünnschliffbildern monomineralische Kornzeilen jeweils zusammengefasst und als ein Korn gezeichnet!

Charakteristisch für die Gneisse vom Typus 2.13 und 2.14 ist das Vorkommen von Orthit zusammen mit einem meist Fe-haltigen Epidot. Orthit tritt zwar vereinzelt, und dann in der Regel stark isotropisiert, auch in L_{PK} , L_B und ML auf, fehlt dagegen in L_P – die Arkosegneisse ausgenommen – und in den übrigen Glimmerschiefern vollständig. Photo 2 zeigt einen zonaren Orthit. Für die helle, ca. $30\ \mu$ breite Randzone ergab ein scanning-Diagramm³⁾ gegenüber dem Kern eine starke Abnahme der seltenen Erdmetalle Ce und La sowie eine schwache von Fe, und eine Zunahme von Ca und Al bei gleichbleibendem Si.

2.2. Monte Leone-Ofenhorn-Decke (ML)

Hier soll jener Zipfel der M.-Leone-Decke beschrieben werden, der östlich des Ofenhorns liegt. Ihm kommt im untersuchten Areal eine gewisse tektonische Sonderstellung zu.

Strukturell zerfällt hier die Decke in zwei Abschnitte, nämlich in einen flachliegenden N-S bis NE-SW verfalteten südlichen und einen nördlichen Teil mit steilstehenden B-Achsen (vgl. Fig. 26).

Eine gewisse lithologische Verwandtschaft von Antigorio- und Monte-Leone-Kristallin habe ich bereits erwähnt, doch fehlt beispielsweise in der Antigorio-Decke der markanteste Gneiss des Ofenhorn-Gebietes mit zum Teil über 5 cm grossen Alkalifeldspat-Augen. Dieser sog. Riesenaugengneiss zeichnet sich durch eine aplitgranitische Randfazies aus und verfäichert zudem das Nebengestein mit konkordanten Einlagerungen von Aplitgranitgneissen. Namentlich in seiner Basis stecken südlich der Scatta Minoia Zweiglimmer-Plagioklas-Alkalifeldspat-Quarz-Gänge. Gemeinsam mit zahlreichen Apliten durchschlagen sie oft auch andere Augengneisse. Beide Ganggesteine fehlen aber in den karbonat-, granat- und turmalinführenden Gneissen sowie in den Amphiboliten.

Am Kontakt mit der Veglia-Zone ist eine bis 20 m breite Randzone von karbonatischen und granatführenden, schiefrigen Gneissen aufgeschlossen. Diese lassen sich in Textur und Struktur mit Gneissen und Glimmerschiefern von L_P vergleichen. Sie stellen entweder eine monometamorphe, nachgranitische Sedimenthaut dar oder sind auf mechanischem Wege entstanden (rekristallisierte Mylonitzone?).

Zweiglimmer-Plagioklas-Alkalifeldspat-Riesenaugengneisse (2.22)

Mit seinen grossen polymikten und reinen Alkalifeldspat-Augen stellt dieser Gneiss eine sehenswerte Spezialität der östlichen Ofenhorngruppe dar. Wegen

³⁾ Für Untersuchungen mit der Röntgenmikrosonde bin ich Herrn Prof. Dr. H. Schwander zu grossem Dank verpflichtet.

seiner feinkörnigen Randzone und seinen Apophysen ins Nebengestein fasse ich diesen Komplex, der sozusagen das Rückgrat der Decke bildet, als präalpin intrudierten Granit auf. Massige Textur ist allerdings äusserst selten, am ehesten noch NE des Fornogletschers, erhalten geblieben (Photo 7).

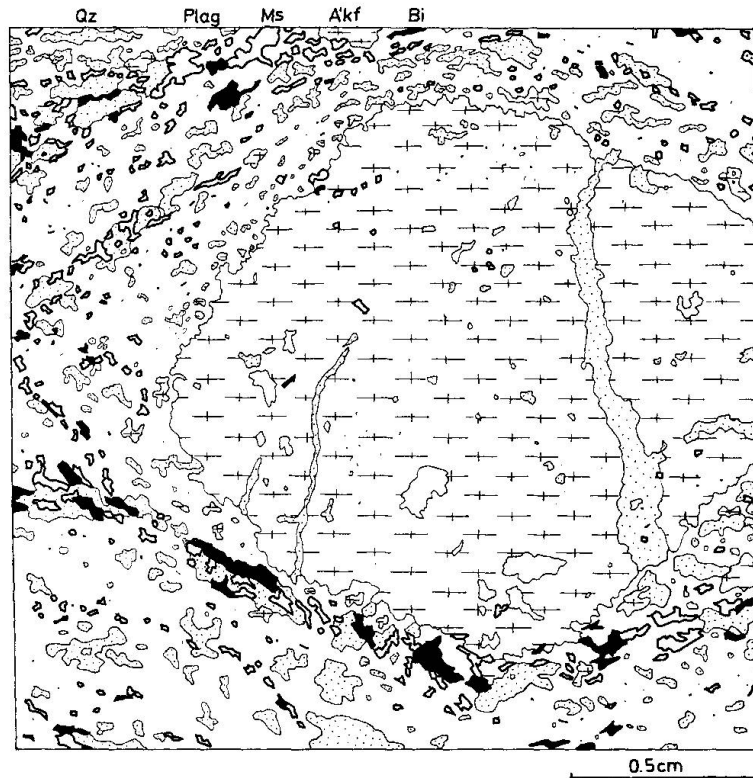


Fig. 5. Grosses Akf-Auge in blastomylonitischem Grundgefüge (ac-Schnitt).

Paragenese und DS:

- Qz 0,1–2 mm, grobkörnige Lagen mit feinkörnigen alternierend, undulös auslöschend, Lagen mit Akf und Plag.
- Plag I–II > 0,5 mm, selten schwach polysynth. Zw., teilweise antiperthit., oft (Bi)-Ms-Einschlüsse mit schwacher Regelung // zur Zwillingssebene oder senkrecht dazu führend.
- Plag II–III < 0,5 mm, selten polysynth., z. T. invers zonar, Myrmekit und Schachbrettalbit. An: 0–16%.
- Akf I 0,5 mm bis 5 cm, vorwiegend perthitisch, mit fehlender oder bloss flauer Mikroklingitterung.
- Akf II < 0,5 mm, mit unterschiedlicher Gitterung, randlich um Akf I sowie in feinkörniger Matrix vorkommend.
- Gli Bi olivgr., z. T. chloritisiert, viel Ms, wenig Chl.
- Ep meist als Pistazit, seltener etwas Orthit.
- Karb, Ap, Zirk, Tit, Leukoxen, Lim, Erz akzessorisch.

Korngrösse: < 0,1–2 mm, mit Ausnahme der Akf I.

Gefüge: granoblastisch, starke Regelung nach dem Kornbau, lagenweise Mörtelgefüge, 1 Maximum- bis Gürtelregelung der Glimmer.

Modus:	Qz 25–35%	Ms 10–15%
	Plag 20–40	Bi 4– 8
	Akf 20–45	Ep 0– 3
		Akz 0– 2
Fz:	5–13	

2.3. Lebendun-Serie (L)

Das charakteristische Merkmal dieses Kristallinkörpers und der wesentliche Unterschied zu den Gneissdecken Antigorio und Monte Leone besteht in seiner Psephitführung, einer präalpinen Reliktstruktur also, aus der sich neue Anhaltspunkte für die alpine Deformation und Kristallisation sowie zusätzlich stratigraphische Hinweise ergeben.

Die vorgenommene Gliederung von Lebendun stützt sich auf Beobachtungen von C. FRIZ (1963) sowie eigene Untersuchungen. Gegenüber den andern Simplondecken lässt sie ein völlig eigenes Bauprinzip erkennen, auf das der Begriff Decke, zumindest im untersuchten Gebiet, nur schlecht zutrifft. Die sehr komplexe Einheit mit ihrer verwickelten Innenstruktur wird daher in dieser Arbeit durchwegs als Lebendun-Serie bezeichnet.

Auf Grund von stratigraphischen, strukturellen und mineralogischen Kriterien wird eine Unterteilung in folgende vier Abschnitte vorgeschlagen:

4. L_M = mesozoischer Teil der Lebendun-Serie (= Busin-Zone).
3. L_P = ? permische L von pelitisch bis psammitischer, seltener psephitischer Zusammensetzung.
2. L_{PK} = psephitische, ? permokarbonische Suite, teilweise L_B diskordant überlagernd.
1. L_B = basale, polymetamorphe migmatische Gesteinsfolge, z. T. aus psephitischen Augengneissen bestehend.

Das in Fig. 6 dargestellte Sammelprofil stellt einen Versuch dar, die Lebendun-Serie zeitlich und räumlich zu gliedern. Da diese Serie aber nicht ein ungefaltetes Sedimentpaket, sondern eine Tektonitfolge bildet, liegen nur noch stratigraphische Relikte vor, die einer Interpretation bedürfen.

Eine wichtige Voraussetzung für die Anwendung des stratigraphischen Prinzips ist immerhin erfüllt, da sich Wechsellagerung von psammitischen zu psephitischen Lagen einerseits, unterschiedliche Metamorphosebedingungen andererseits, Oben und Unten dieses Gesteinsverbandes auseinanderhalten lassen.

Der Kontakt von L_B mit den Bündnerschiefern der Teggiolo-Zone ist tektonisch und diskontinuierlich. Einzelne Linsen von L_B (überwiegend Granatgneisse) sind in T eingeschuppt.

Im Gegensatz zu den höheren und jüngeren Partien der Lebendun-Serie ist die basale Zone polymetamorph und nur in ihr treten zum Teil psephi-

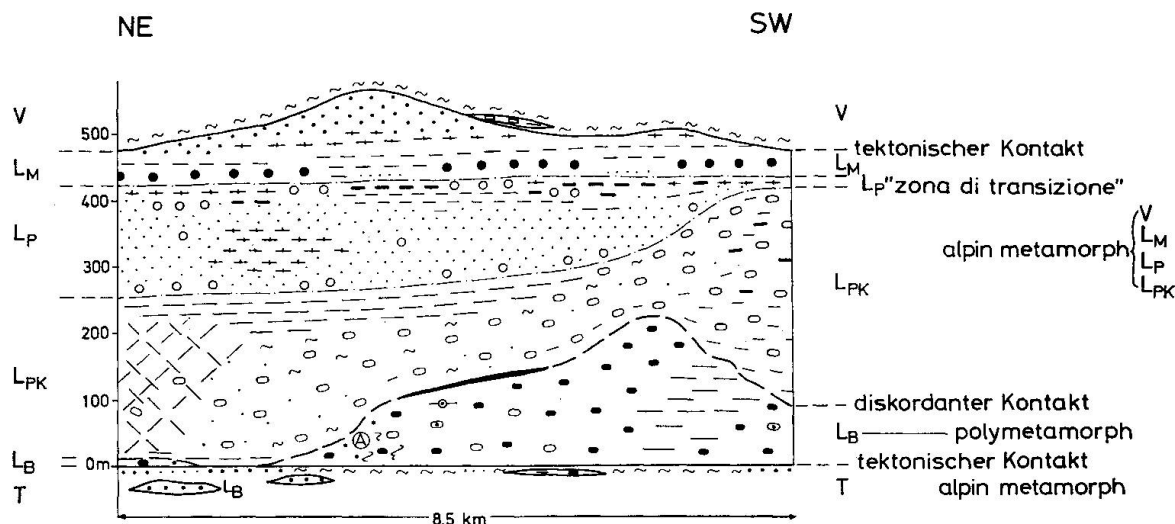


Fig. 6. Schematisches Sammelprofil der Lebendun-Serie durch die Monte Giove-Gebirgsgruppe. Stark überhöhtes, „abgewickeltes“ Längsprofil der Lebendun-Serie, bei dem der Kontakt L_B mit T als Bezugshorizont gewählt wurde. Die verwendeten Signaturen entsprechen jenen der geologischen Karte.

tische Augengneisse und echte Migmatite, diskordante Aplitgänge und pegmatoide Schlieren auf. 1 km westlich von Cabanna Myriam, im Lebenduntal, sind massige, am Fusse der Monte-Giove-Moräne auch schlierige bis nebulitische Textur erhalten geblieben (Photo 10).

Einer wertvollen Beobachtung von W. Stern (mündliche Mitteilung) zufolge fand sich im Zulaufstollen vom oberen Val Bedretto ins Val Bavona, östlich P. di Valleggia, 750 m ab Portal Lago Sfundau, in psephitischem Lebendungneiss selbst wieder ein Konglomeratgneissblock als Einschluss eingebettet. Das kann als weiterer Beweis dafür angesehen werden, dass die Psephite der Lebendun-Serie nicht bloss ein und derselben detritischen Epoche angehören. In der Tat sind in allen vier ausgeschiedenen Abschnitten (L_B - L_M) Psephite vertreten.

Mit deutlich diskordantem Kontakt im Lebenduntal (Koord.: 672.6/137.5 und weiter westlich), sonst mit konkordanten oder verwischten Grenzen, am SE-Abhang des Monte Giove meist durch eine schmale Marmorzone oder ein Karbonatglimmerschieferband getrennt, folgen über L_B Psephite mit wechselnder Grundmasse (L_{PK}).

Im Hangenden von L_{PK} lässt sich auf weite Distanz schon eine Zone erkennen, die auf der Simplonkarte (1908) als „braune, quarzige Biotitschiefer“ bezeichnet und zu den Bündnerschiefern gezählt wurde. Die berechnete eigene Position dieses Gesteinszuges ist erkannt worden, aber ihre Abtrennung ist unvollständig erfolgt, denn diese „scisti bruni“ setzen sich über Alpe Devero hinaus nach SW fort. C. FRIZ hat 1963 erstmalig darauf hingewiesen, dass diese Schiefer permischen Alters sein dürften und durch eine „zona di transizione“, d. h. durch eine stratigraphische Übergangszone, mit L_{PK} verbunden

seien. Im engeren Arbeitsgebiet zumindest ist dieser Kontakt häufig mechanisch beansprucht worden.

L_P scheint kontinuierlich zum mesozoischen Teil der Lebendun-Serie überzuleiten, welcher mit seinen karbonatisch-dolomitischen, quarzitischen und mergelig-tonigen Gesteinen eine unvollständige Abfolge darstellt, die zudem am Kontakt mit der Veglia-Zone stark verschuppt ist.

Wie bereits erwähnt, sind in der Lebendun-Serie, trotz alpidischer Gebirgsbildung, in L_B sogar trotz wiederholter Deformation und Rekristallisation, verschiedene sedimentäre Strukturen, speziell Wechsellagerung von feinkörnigen und grobdetritischen Sedimenten, erhalten geblieben. So liefern vor allem Geröllhorizonte, diskordante Erosionskontakte und Schichtlücken, welche an Hand von eisenreichen Zersetzungsprodukten erkennbar sind, wichtige Hinweise auf orogene Vorgänge in einem heute nur zum Teil bekannten Kristallinsockel (L_B !). Ich möchte hier betonen, dass ich L_B als bereits herzynisch mit dem Basement verschweissten, alpin abgescherten Sockelteil betrachte, der nach meiner Auffassung aus der Region zwischen Verampio-Kristallin und dem Südrand des Gotthard-Massivs her stammt. Zwei meines Erachtens gewichtige Gründe gegen eine an sich viel näherliegende Abscherung von L_B aus dem Dach der Antigorio-Decke bilden ihre Psephitführung, die bisher aus dem Antigorio-Kristallin nicht bekannt ist, und die gotthardmassivische

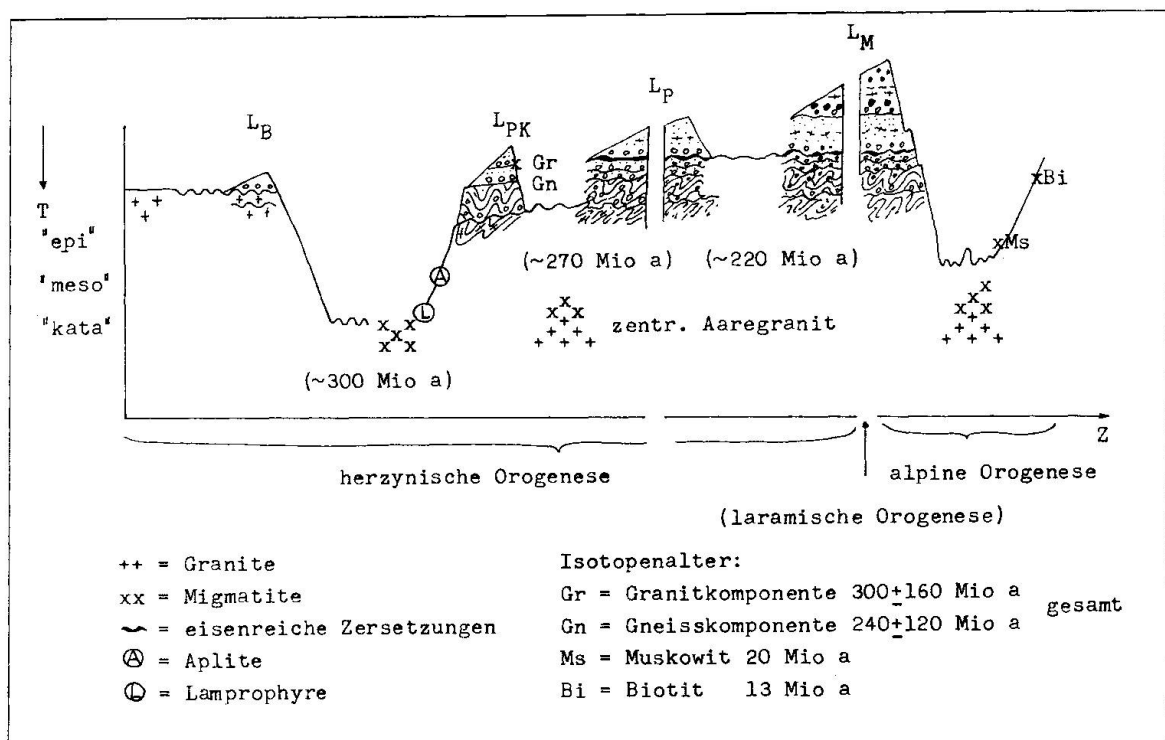


Fig. 7. Bathymetrisches Schema der Lebendun-Serie. Auf der Ordinate sind die vermuteten Metamorphosebedingungen aufgetragen, während auf der Abszisse der Sedimentations- und Deformationszyklus L_B - L_M dargestellt ist. (Altersbestimmungen durch E. JÄGER, Bern.)

Fazies der metamorphen Trias von L_M , die mit der Teggiolo-Zone nur wenig gemeinsames hat. Die letztgenannte Einheit ist aber sehr eng mit der Antigorio-Decke verbunden, wie die Granitgerölle in der Trias bei Nembro, im Val Cairasca, beweisen.

In Fig. 7 wird der Versuch unternommen, die bekannten gebirgsbildenden und die damit verbundenen metamorphen Prozesse in den Zentralmassiven mit den entsprechenden Vorgängen in der Lebendun-Serie zu korrelieren.

Unbestritten ist heute eine voroberkarbonische Orogenphase, in welcher der Sockel gefaltet und metamorphosiert wurde, und die partiell von Migmatitbildung und Granitintrusion gefolgt war (herzynische Diskordanz vor ca. 300 Mio a). Auf diesen wahrscheinlich durch die Grenze L_B - L_{PK} markierten Vorgang folgte, nach einer Erosionsphase im Oberkarbon, eine weitere Faltungsperiode, die verschiedenorts von Metamorphose und Granitisation begleitet war (Intrusion des zentralen Aaregranits vor ca. 270 Mio a; nach H. WÜTHRICH, 1965). Wende L_{PK} - L_P ? Vor rund 220 Mio a erfolgte dann der Übergang ins Mesozoikum (L_P/L_M) und schliesslich gipfelte vor rund 20 Mio a die alpine Orogenese im Arbeitsgebiet in einer mesozonalen Metamorphose, auf die ich weiter unten noch zurückkommen werde.

2.31. Wichtigste Gesteinstypen der Lebendun-Serie

Die basale Gesteinszone (L_B) ist überwiegend aus Augengneissen, selten auch aus plattigen oder aus granatführenden Gneissen und lokal aus phlebitischen Gesteinen aufgebaut. Am Ostabhang des Monte Giove und im Lebenduntal führen die Augengneisse durchwegs Psephite. Zahlreich findet man in ihnen Biotitschollen und oft sind dickere karbonatreiche Linsen eingelagert.

Mesokrate Zweiglimmer-Alkalifeldspat-Plagioklas-Augengneisse (2.311) L_B

Am Südgrat des Monte Giove (Martello) und im Lebenduntal bis über 200 m mächtig, östlich Alpe Vannino als eingespiesste Lamelle und im Pomater Tal mit Marmoren verschuppt, bilden die teilweise psephitischen, ophthalmischen Gneisse praktisch durchgehend die Basis der Lebendun-Serie. Sie weisen keine sonderlich gut ausgeprägte Glimmerregelung auf und haben gelegentlich migmatische Textur.

Plattige Zweiglimmergneisse bei A. Giove und phlebitische bis schlierenförmige Migmatite mit Übergängen zu granatführenden Gneissen, SSW Unterbach auf Kote 2000 m, unterscheiden sich von (2.311) bloss in Habitus und Gefüge.

Paragenese und DS:

Qz	0,5–1,5 mm, häufig undulös auslöschend, mit stark verzahnten Korngrenzen.
Plag 1–II	< 1,5 mm, oft polysynth. verzwillingt, z. T. invers zonar, häufig Myrmekit.
	An: 5–30%.

- Akf I 0,5–4 mm, perthitisch, mit verschieden starker Mikroklingitterung, z. T. Karlsbader Zw., ausnahmsweise in myrmekitähnliche Aggregate umgewandelt.
- Akf II < 1 mm, am Rand von Akf I auftretend.
- Gli gr-br, mit radioaktiven Höfen, Ms stets in geringerer Menge, wenig Chl.
- Ep (Klzo-Pistazit), selten Orthit.
- Ap, Zirk, Tit, Erz (Rutil, Lim, Leukoxen), selten Gr und Karb akzessorisch.

Korngrösse: < 0,1–4 mm.

Gefüge: granoblastisch bis porphyroblastisch, teilweise Mörtelgefüge, \pm Regelung nach der Korngrösse.

Modus:	Qz 20–30%	Bi/Chl 5–15%
	Plag 30–50	Ep/Zo 1– 5
	Akf 5–15	Akz 1– 3
	Ms 2– 8	

Fz: 7–21

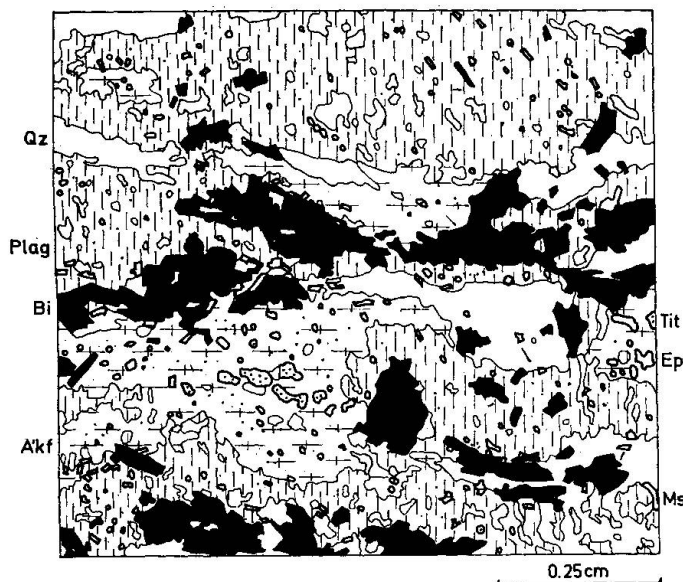


Fig. 8. Typisches Gefüge eines Augen-gneisses mit reichlich Glimmer und Epidot (ac-Schnitt).

Die L_{PK} -Gneisse gingen mehrheitlich aus Konglomeraten hervor, in einzelnen Fällen aber auch aus Brekzien. Daher ist das Wort Psephitgneisse angebracht, da dieser Begriff sowohl runde als auch eckige Komponenten in sich einschliesst und folglich der morphologisch einschränkenden Bezeichnung Konglomeratgneisse vorzuziehen ist. Innerhalb der Lebendun-Serie weisen die Psephitgneisse grösste Verbreitung und Mächtigkeit auf. Die laterale Kontinuität einzelner Matrices ist dabei im allgemeinen eher bescheiden. Die raschen Wechsel in der modalen Zusammensetzung der Grundmasse lassen auf unregelmässige Schüttung und nahe Abtragungsgebiete bei der Sedimentation schliessen.

Calcitreiche (Alkalifeldspat)-(Plagioklas)-Quarz-Matrix (2.322) L_{PK}

Neben einzelnen karbonatreichen Linsen (Cc-Marmor, z. T. brekziös bis konglomeratisch), die in verschiedenen Horizonten vorkommen können und welche den prätriadischen Marmoren BURCKHARDTS im Basodino-Gebiet entsprechen, findet man auch Zonen psephitischer Gneisse mit karbonatischem Zement von erstaunlicher Mächtigkeit und bemerkenswerter Ausdehnung. Ihre Hauptverbreitung haben sie am NE-Grat des Glogstafels sowie E der Cima della Freghera (Fregeilhorn). In ihnen und in den oft assoziierten glimmerreichen Psephiten sind die besterhaltenen Gerölle zu finden.

Mit den Qz-Fsp-reichen Psephitgneissen, denen sie bei geringem Karbonatgehalt im Habitus gleichen können, sind sie gerne seitlich verzahnt. Im Hangenden werden sie in der Regel durch Bändergneisse abgelöst. Wenn sie viel Calcit führen, fallen sie durch typisch löcherige Anwitterung auf.

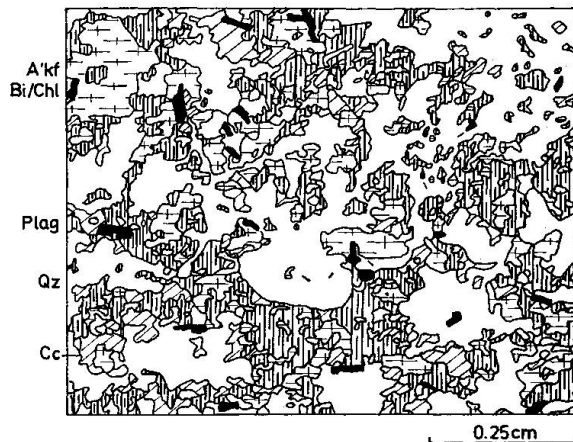


Fig. 9. Typisch massiges Gefüge eines karbonatreichen Psephitgneisses.

Paragenese und DS:

Qz	0,1–0,5 mm, selten grösser und dann verzahnt, oft runde Einschlüsse in Calcit bildend, auch undulös.
Plag I–II	0,1–0,5 mm, polysynth. Zw., wenig Myrmekit, teilweise Antiperthit, häufig serizitisiert. An: 12–30%.
Akf I	0,5–5 mm, perthitisch, z. T. mit polysynth. verzwilligten Plagioklasadern, wenige Porphyroblasten, selten Zw.
Akf II	0,1–0,8 mm, frische XX mit guter Mikroklingitterung. Plag und Akf können aber beide auch fehlen.
Cc	0,1–1 mm, kann vom NGT zum einzigen HGT werden!
Gli	Bi olivgr-br, relativ wenig, meist stark chloritisiert, wenig Ms, hauptsächlich als Neubildung, spärlich Chl. Ep, Orthit, Ap, Tit, Erz, Leukoxen, selten Rutil akz.

Korngrösse: 0,1–3 mm, Porphyroblasten selten >1 cm (polymikte Akf- und Plag-Aggregate).

Gefüge: granoblastisch, Mörtelgefüge ohne ausgeprägte s-Fläche.

Modus:	Qz 15–35%	Cc 10–80%
	Plag 0–35	Bi/Chl 1– 4
	Akf 0–25	Ep 0– 1
	Ms 0– 2	Akz 0– 1
Fz:	1–6 (11 bis ca. 80)	

Bändergneisse (2.325) L_{PK}

Bändergneisse kommen praktisch überall im Arbeitsgebiet vor, liegen im allgemeinen oberhalb der Qz-Fsp-reichen Psephitgneisse und sind oft von diesen nicht eindeutig zu trennen. Sie bilden grösstenteils sedimentäre Stoffbänderung ab, wobei sie infolge Deformation (Faltung und Boudinage) und metamorpher Differentiation wie Stromatite und Phlebite aussehen können (vgl. Photo 11).

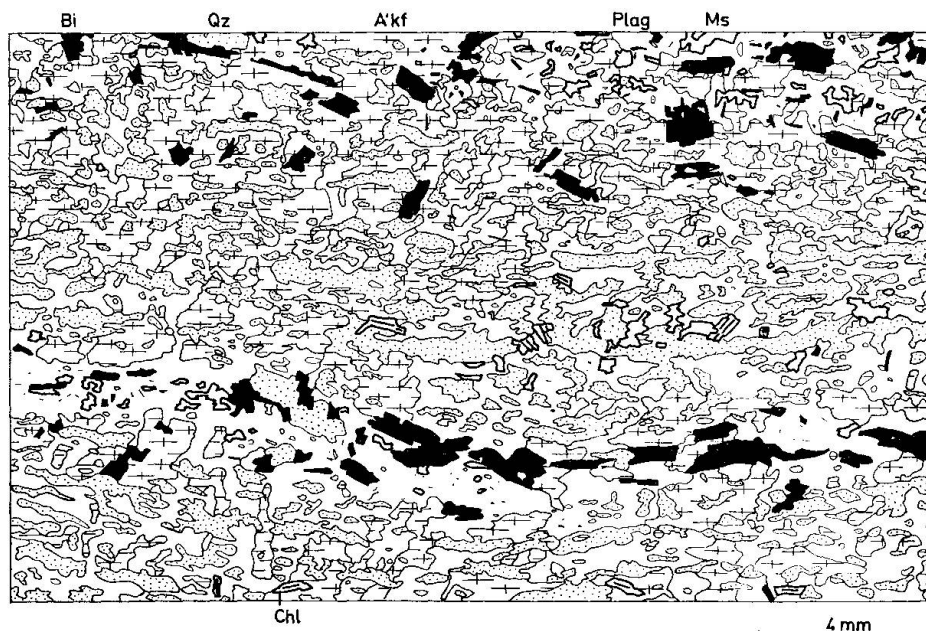
Gerölle treten hier zahlenmässig zurück, dafür tauchen aber in glimmerreicher Matrix verschiedentlich bis 6 cm grosse, ? detritische Alkalifeldspatidioblasten auf.

Stoffbänderung im cm- bis dm-Bereich wird in der Regel von Transversalschieferung durchbrochen. Während die hellen Lagen texturell eher massig erscheinen, wachsen in den glimmerreichen Bändern Biotit und Muskowit einigermassen orientiert.

Paragenese und DS:

Qz bis 1,5 mm, über 0,5 mm zerbrochen und undulös auslöschend, kleine Körner oft stark verzahnt.

Plag I meist < 1 mm, z. T. mit Glimmermikrolithen, oft polysynth. Zwillinge.



In Fig. 10 spiegelt sich die Stoffbänderung in der zeilenmässigen Anordnung bestimmter Minerale wider (ac-Schnitt).

Plag II	< 1 mm, z. T. auf Kosten von Akf I wachsend, polysynth. Zwillinge, Myrmekit, Schachbrettalbit selten. An: 0–10%.	
Akf I	0,2–3 mm, max. auch bis 6 cm!, schwach perthitisch, gegittert und teilweise stark serizitisiert, zerbrochen und umgewandelt in Akf II und Plag II, selten Karlsbader Zw.	
Akf II	< 0,5 mm, mit guter Mikroklingitterung, meist ohne Serizit, in Akf-reichen Lagen starke Glimmerbildung.	
Gli	Bi gr-br, chlor., mehr Muskowit und wenig Chlorit. Ep, Orthit, Ap, Zirk, Erz, Rutil, Lim akzessorisch. Karb und Tit relativ selten als Akzessorien.	
Korngrösse:	0,1–3 mm, Akf-Porphyroblasten bis 6 cm gross.	
Gefüge:	granoblastisch bis porphyroblastisch, lagenweise auch nematoblastisch.	
Modus:	helle glimmerarme Lagen	dunkle glimmerreiche Lagen
	Qz 30–50%	Qz 0– 5%
	Plag 15–25	Plag 2–10
	Akf 25–35	Akf 20–40
	Ms 2–10	Ms 40–70
	Bi 0– 5	Bi 15–25
	Akz 0– 1	Akz 0– 2
Fz:	1–6	15–27

Über den Bändergneissen in L_{PK} folgen meist rostbraun anwitternde Glimmerschiefer bis -gneisse von L_P . Ihre rötlichbraune Färbung ist auf „Limonitisierung“ zurückzuführen. Bei günstigen Sichtverhältnissen sind diese „scisti bruni“ ein geeignetes Objekt für Feldstechergeologen.

Die Zone L_P , welche im Monte Giove-Gebiet mit den „braunen, quarzigen Schiefern mit Biotit“ der Simplonkarte von SCHMIDT und PREISWERK zusammenfällt, wird in 6 verschiedene Gesteinstypen unterteilt, wobei pelitisch-psammitische das Übergewicht haben.

An der SW-Ecke des untersuchten Gebietes dünnt L_P merklich aus, ist aber auf Alpe Devero und Alpe Veglia, wo ihr die Valgrande-Serie wohl ebenfalls zugeordnet werden muss, wieder von respektabler Mächtigkeit (laut mündlicher Mitteilung von A. Milnes).

Gegenüber den Gneissen von L_{PK} lässt sich in L_P eine erhöhte radioaktive Strahlung feststellen. An der Basis von L_P , namentlich auf Balma Rossa, tritt ein pechblendeführender Horizont auf, dem auch als Altershinweis grosse Bedeutung zukommt. Eine derartige Anreicherung von uranhaltigen Mineralen passt ausgezeichnet auf die Wende Oberkarbon-Perm, wie absolute Altersbestimmungen vielfach bestätigt haben. Für ein permisches Alter der „scisti bruni“ spricht aber auch deren monometamorpher Mineralbestand.

Wenn wir von den Metagrauwacken und -arkosen absehen, zeigen sich in L_P gewissermassen die gleichen charakteristischen Mineralassoziationen wie in den Bündnerschiefern. Bei Karbonatführung lassen sie sich daher auch im Dünnschliff nicht von ihnen trennen.

(Alkalifeldspat)-Zweiglimmer-Plagioklas-Schiefer bis -Gneisse (2.332) L_P

Darunter wird ein Verband ursprünglich pelitisch-psammitischer Sedimente verstanden, der infolge starker Wechsellagerung auf der geologischen Karte zusammengefasst wurde.

Dunkle pigmentreiche Glimmerschiefer überwiegen. Ihr Pigment besteht zu einem grossen Teil aus Graphit, wie eine spektralanalytische Bestimmung durch F. Keller gezeigt hat, die für Jo 373' a 1,65 Gew.-% C ergab! (Vgl. Tab. 1.)

Die hellen Gneisse leiten über zu alkalifeldspatführenden Metaarkosen und -grauwacken, welche von L_{PK}-Gesteinen nicht zu unterscheiden sind. Im Übergangsbereich L_{PK}-L_P sind auch die dunklen Glimmerschiefer wiederholt sehr reich an Alkalifeldspat. In ihnen, allerdings auch in den Porphyroblastenschiefern von L_M, entstanden pseudomorph nach Hornblende wachsende farbenförmige Biotite.

Paragenese und DS:

Qz	< 0,1–1 mm, häufig undulös gestreifte Körner, selten stark verzahnt.
Plag	< 0,1–2 mm, zonare, wenige schwach polysynth. Lamellen. An: 25–60% in dunklen Glimmerschiefern, 0–30% in hellen Gneissen.
Akf	0,1–3 mm, in Metagrauwacken auch vereinzelt grössere XX, perthitisch und schachbrettalbitisiert, in den dunklen Schiefern nur auf basale L _P beschränkt, stark poikiloblastisch und xenomorph.
Bi	bis 3 mm grosse Porphyroblasten, ausnahmslos braun, mit vielen pleochroitischen Höfen, rotierte und undulöse, pigmentreiche Querbiotite. Meines Erachtens sind diese Querbiotite und Pseudomorphosen nach Hornblende älter als die parallel zur Stoffbänderung geregelten Biotite. Nach der Auffassung von R. H. STEIGER (1962) und A. G. MILNES (1965) allerdings stellen sie postkinematische Kristallisate dar, welche an keine Schieferung gebunden sein sollen. Dem steht aber die von MILNES ebenfalls festgestellte Rotation und Einschlichtung in s ₀ entgegen, und zudem zeigen diese Querbiotite häufig auch sog. kink bands. Zwar schneiden sie bisweilen die Normalbiotite ab, doch tritt auch der umgekehrte Fall ein; sie sind aber im Gegensatz zu letzteren stets stark poikiloblastisch. Als Füllsel treten Qz, zonarer Plag sowie Cc, vorwiegend in Spaltflächen (001) von Biotit, auf. Ms-Ser, Chl auf Kosten von Biotit. Ep, Zo, Ap, Gr, Gr, Tit, Erz, Lim, Karb akzessorisch, in den dunklen Glimmerschiefern zusätzlich Turm, Staur und Pigment.

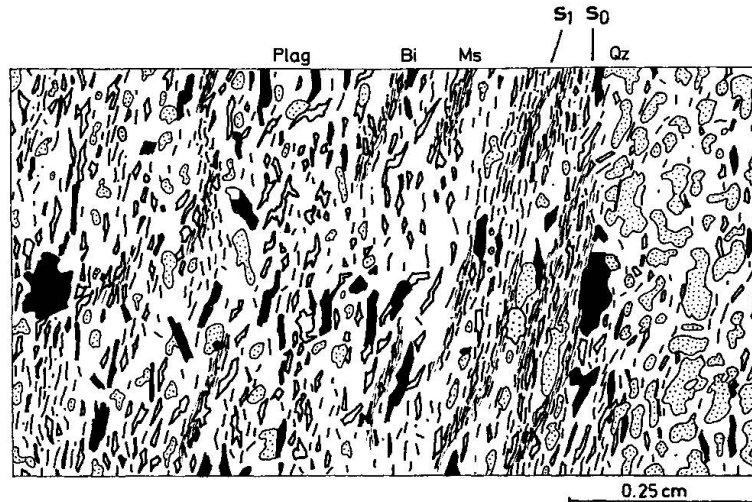
Korngrösse: < 0,1–1 mm, „detritische“ Porphyroblasten bis 5 mm.

Gefüge: grano- bis lepidoblastisch, Metagrauwacken nur schwach, übrige Gesteine gut bis intensiv verschiefert.

Modus:	dunkle Glimmerschiefer	helle Schiefer bis Gneisse
	Qz 10–45%	Qz 30–50%
	Plag 15–35	Plag 5–30
	Akf 0–35	Akf 10–40
	Ms 5–20	Ms 2–15
	Bi 10–40	Bi 2–10

Klzo	0–12	Chl	0– 5
Erz	1– 3	Akz	1– 3
Akz	1– 3		
Fz:	ca. 15–55		3–14

Fig. 11. Tonerdreicher, gebänderter Glimmerschiefer mit zwei Querbiotiten und grösseren Plagioklasporphyroblasten (nicht einzeln ausgeschieden).



Zweiglimer-Plagioklas-Gneisse, oft Calcit und Granat führend (2.335) L_P

Die meist feingebänderten Gneisse treten stets mit den Amphiboliten verbunden auf. Von polymetamorphen Paragneissen, etwa in der M. Leone-Decke, unterscheiden sie sich durch geringere Korngrösse, fehlenden Alkalifeldspat sowie durch gelegentliche Karbonatführung und damit verbundenem höherem Anorthitgehalt der Plagioklase.

Von den eventuell retrograd metamorphen Gneissen an der Basis des Monte-Leone-Kristallins (am Kontakt ML mit V) sind sie jedoch nicht unterscheidbar.

Paragenese und DS:

Qz	0,1–1 mm, durchwegs stark undulös.
Plag	0,2–1 mm, invers zonar mit einigen schwach polysynth. Lamellen, stark serizitisiert. An: 20–40%.
Gli	Bi, (Ms) bis 1,5 mm, syn- bis postkinematisch, teilweise schwach undulös, einige radioaktive Haloes, z. T. chloritisiert. Ce, Ap, Gr, Ep-Zo, Tit, Turm, Zirk, Erz, Rutil, Leukoxen akzessorisch. Serizitisierung und Karbonatisierung so stark, dass Ce NGT werden kann.

Korngrösse: 0,1–1,5 mm.

Gefüge: grano- bis lepidoblastisch, leicht gebändert und vielfach stark gefältelt.

Modus:	Qz 25–45%	Ce 0–10%
	Plag 30–45	Gr 0– 5
	Ms 2– 5	Akz 1– 3
	Bi 15–25	

Fz: ca. 16–30

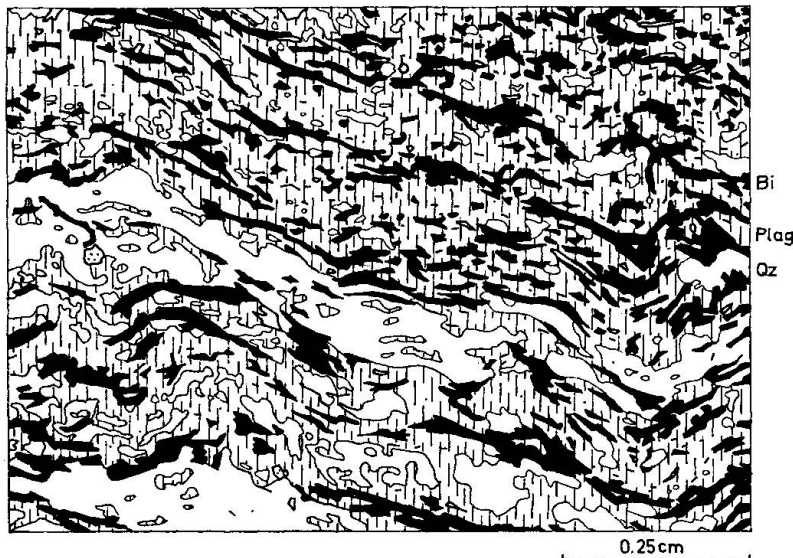


Fig. 12. Charakteristisches Gefüge eines gefalteten (Ms)-Bi-Plag-Gneisses.

Gerölle in L_B - L_P

Grobkörnige pegmatoide Gerölle kommen relativ selten vor, während fein- bis mittelkörnige Granite mit Übergängen zu Gneissen dominieren. Zusammen mit feinkörnigen, glimmerarmen Gneissen bilden sie über 80% aller Komponenten. Die Gneissgerölle weisen ähnlichen Chemismus und gleiche Textur wie die hellen Lagen der Bändergneisse auf.

Quarzite und Amphibolite sind als Komponenten erst in L_P häufig anzutreffen. Quarzgerölle dagegen treten in der ganzen Lebendun-Serie eher selten auf. Augengneiss-, „Schmitzen“ und glimmerreiche Linsen schliesslich dürften im Gebiet des Monte Giove nur ausnahmsweise einmal echte Gerölle darstellen.

2.4. Mesozoische, alpin metamorphe Gesteinszonen (T, L_M , V)

Die karbonatischen bis tonerdereichen monometamorphen Gesteine der „Schieferhülle“ sollten für jeden Petrographen eigentlich ein kleines „Fressen“ darstellen, weil sie in bezug auf Genese, Alter, Deformation und Metamorphose, verglichen mit den polymetamorphen Sockelgesteinen, recht gut festgelegt sind. Meistens und so auch in dieser Arbeit, rangieren sie aber unter „ferner liefern“, da ihre genauere Erforschung und Beschreibung ein in sich geschlossenes, komplexes Problem bildet. Für zusätzliche Information konsultiere man die Arbeiten von H. J. LÜTHI, M. LISKAY (beide 1965) und J. HANSEN (in Vorb.) sowie die Dissertation M. Joos (1969). Diese Publikationen setzen sich teilweise oder auch ganz speziell mit den penninischen Bündnerschiefern, respektive deren gotthardmassivischen Verwandten näher auseinander.

Der mesozoische Teil der Lebendun-Serie (L_M), die Teggiolo-Zone (T) und die Veglia-Zone (V) weisen sehr viele gemeinsame Züge auf, so dass ich ihre

kurze Beschreibung hier zusammenfassen kann. Unterschiede betreffen in erster Linie die in L_M zahlreich vorhandenen Porphyroblastenschiefer (2.45), die als metamorphe Quartenschieferäquivalente interpretiert werden müssen (siehe C. FRIZ, 1965b) und welche in den beiden andern Zonen entweder fehlen oder nur spärlich in Erscheinung treten.

Die Veglia-Mulde der klassischen Simplongeologen wird in dieser Arbeit neu unterteilt und zwar, wie ich schon kurz angedeutet habe, in eine mesozoische Zone der Lebendun-Serie (L_M oder Busin-Zone) und eine Veglia-Zone (= Veglia-Mulde minus Busin-Zone). Zu dieser Trennung bewogen mich lithofazielle und tektonische Gründe:

die auf den ersten Blick hin zwar muldenförmige, in Wirklichkeit aber lithologisch auffallend asymmetrische Veglia-Mulde, in deren einem „Schenkel“ etwa die metamorphen Quartenschiefer fehlen. Die eklatanten Unterschiede im Zement zwischen Granatglimmerschiefern von L_M (im östlichen, tieferen Schenkel) und V (im westlichen, höheren) und schliesslich der mit grosser Wahrscheinlichkeit primärstratigraphische Kontakt von L_M und L_P .

Eine Bestätigung für diese Abtrennung ausserhalb meines engeren Arbeitsgebietes steht vorläufig noch aus. Die Frage, ob die Veglia-Zone und die Monte-Leone-Decke eine zusammengehörende, verkehrt liegende Serie bilde, was grosstektonisch ziemlich unmöglich erscheint, oder ob V bloss als Gleitbrett für das Monte-Leone-Kristallin gedient habe, vermag ich nicht zu beantworten.

Auch die stratigraphische Unterteilung der mechanisch am stärksten beanspruchten Teggiolo-Zone ist einigermassen problematisch. Bei grösster Vorsicht stellen, einem allgemeinen stratigraphischen Schema folgend, 2.41–2.45 triadische, 2.47–2.410 jurassische Elemente dar. Dabei ist immerhin zu bedenken, dass die stratigraphischen Kenntnisse des Simplon-Gebietes recht bescheiden sind und seit der Kartierung von SCHMIDT et al., also seit rund 60 Jahren kaum je ergänzt wurden. Auch wenn grosse Zurückhaltung am Platze ist, so sollte in den kommenden Jahren doch eine detailliertere Gliederung mesozoischer und oberpaläozoischer Gesteinsverbände angestrebt werden!

Porphyroblastenschiefer (metamorphe Quartenschiefer, 2.45)

Einzigartig in ihrer Buntheit und Vielfalt stehen die fast ausschliesslich auf die Lebendun-Serie beschränkten metamorphen Quartenschiefer da. Als Porphyroblasten sind Biotit, Aktinolith, grüne Hornblende, Plagioklas, Epidot, Zoisit, Granat, Disthen, Staurolith, Tremolit sowie Pyrit zu erwähnen. Gelegentlich treten aber auch monomineralische Gesteine, vor allem Aktinolithfelse, auf. Meistens liegen die Porphyroblasten in einem feinschuppigen hellgrauen Gefüge aus Quarz, Serizit und Chlorit eingebettet (Photo 3). Auch

helle Plagioklasflecken- oder -knotenschiefer sind zu dieser Gesteinsgruppe zu zählen.

Allen Quartenschiefern gemeinsam sind idiomorphe, z. T. limonitisierte Pyritkristalle.

Paragenese und DS:

Plag oft rotiert, seltener polysynth. verzwillingt mit Einschlüssen von Qz, Cc, Ep, Gli.
 Gli grünlicher Biotit, Phlog, Ser, Ms,
 dann Qz, Akt, gr Hbl, Karb, Staur, Disth, Ep, Gr, Skap als NGT oder HGT.
 Chl, Orthit, Ap, Turm, Tit, Erz, Lim, Rutil, Pyrit akz.

Korngrösse: < 0,1 bis > 1 cm, sehr variabel.

Gefüge: lepidoblastisch und porphyroblastisch, häufig Interpositionsgefüge.

Modus:	Qz	5– 25%	Karb	0–15%
	Plag	0– 40	Ep	1–15
	Ms	0– 25	Disth	0–30
	Bi	0– 50	Skap	0– 5
	Phlog	0– 10	Erz	0–10
	Akt	0–100	Akz	1– 5

Fz: zwischen 30 und 100

In der Busin-, seltener in der Teggiolo-Zone trifft man verschiedentlich auf Porphyroblastenschiefer mit garbenförmigem Biotit.

Diese Pseudomorphosen nach Hornblende sind entweder an Scherzonen oder an die Nachbarschaft von leukokraten Gneissen gebunden. Wiederholt konnte dabei ein Interpositionsgefüge von Biotit und Quarz sowie myrmekit-artigem Plagioklas beobachtet werden. Als Beispiel sei hier sog. *Biotitmyrmekit* aus Biotitgarbenschiefern der Teggiolo-Zone am Kontakt mit Augengneissen der Antigorio-Stirn bei Unterbach beschrieben (Fig. 13).

Diese Garbenschiefer weisen folgenden Modalbestand auf:

37% Plag, 26 Bi, 13 Ms, 10 Cc, 9 Qz, 2 Erz, 1 Tit und 2% Akz
 (Chl, Ap, Ep, Zo, Turm, Akf in Antiperthit).

Neben einem pigmentreichen Mineralbestand tritt ein pigmentfreies Durchdringungsgefüge von braunem Biotit, Quarz und Plagioklas auf. Dabei findet man im invers zonaren Plagioklas gelegentlich als älteste Phase einen pigmentierten antiperthitischen Kern (Fig. 13 b, c). Die invers zonaren, in Biotit eingeschlossenen Plagioklase sind wesentlich anorthitärmer als jene ausserhalb des Biotits, wo die Differenz Kern-Hülle meist rund 20% beträgt bei einem max. Anorthitgehalt von etwa 70%. Diese Plagioklase könnten auf eine Entstehung des Durchdringungsgefüges bei progressiver Metamorphose hinweisen.

Mit der Röntgen-Mikrosonde wurden die verschiedenen Phasen verifiziert. Für den Biotit ergab sich eine approximative chemische Zusammensetzung

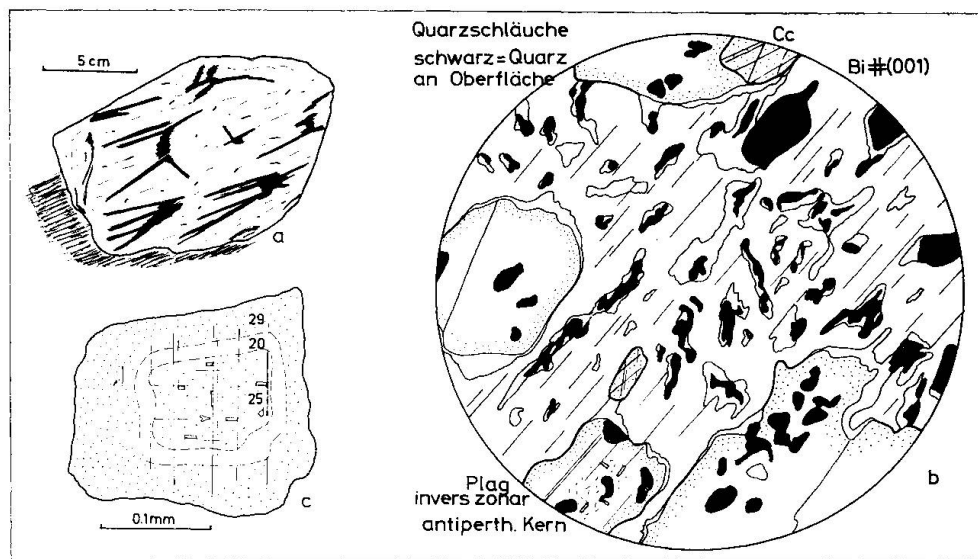


Fig. 13a-c. Biotitgarbenschiefer (13a) mit myrmekitartigem Biotit (13b). 13c zeigt invers zonaren Plagioklas mit antiperthitischem Kern. Weitere Erklärungen im Text (Koord.: 674.75/136.3). 13b Vergr. 125 \times .

von 20% $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$, 14% Al_2O_3 , 8% K_2O , 5% MgO und etwas TiO_2 , die einem eisenreichen Lepidomelan entspricht. Für die Umwandlung in Biotit ist wahrscheinlich K-Zufuhr von den benachbarten Gneissen verantwortlich zu machen.

Ob gleichzeitige Entmischung oder spätere metasomatische Verdrängung, wofür kürzlich D. SHELLEY eingetreten ist, zu diesem Biotitmyrmekit geführt haben, sei hier offen gelassen.

In Fig. 14 ist die Form der Quarzeinschlüsse und das Interpositionsgefüge schematisch dargestellt. Die stengeligen bis scheibenförmigen Quarze zeigen zwar eine gewisse Einregelung in Spaltbarkeit (001) von Biotit, löschen aber weder im Biotit noch im Plagioklas in Domänen aus.

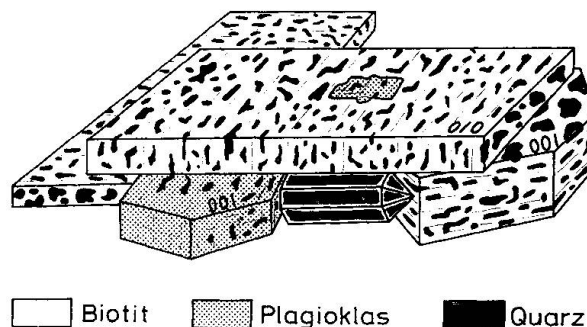


Fig. 14. Interpositionsgefüge von myrmekitischem Biotit, Plagioklas und Quarz, schematisiert dargestellt.

In den *Granatglimmerschiefern* (2.410) der Veglia-Zone habe ich zu wiederholten Malen Knauern, auch aderförmige bis gangartige Gebilde von Granat und Quarz gefunden. Dieses Phänomen, das einen hohen Granatgehalt des

Nebengesteins ($> 10\%$) voraussetzt, wollen wir etwas näher betrachten (Fig. 15a-f).

In Fig. 15a, b sind zwei senkrecht zur s-Fläche geschnittene Granat-Quarz-Knauern abgebildet, wobei das Verhältnis Gr : Qz von 1 : 2 bis 5 : 1 variiert. Das Nebengestein besteht aus grossen rotierten Granaten, die in einer Grundmasse von Quarz, Glimmer und einigen stattlichen gefüllten Plagioklasen schwimmen. In 15b nimmt die Korngrösse der Granate von der Knauermitte gegen den Rand hin zu. 15c zeigt, dass pigmentreiche Granate oftmals im Zentrum der Knauer liegen und von pigmentarmen Granaten umhüllt sind.

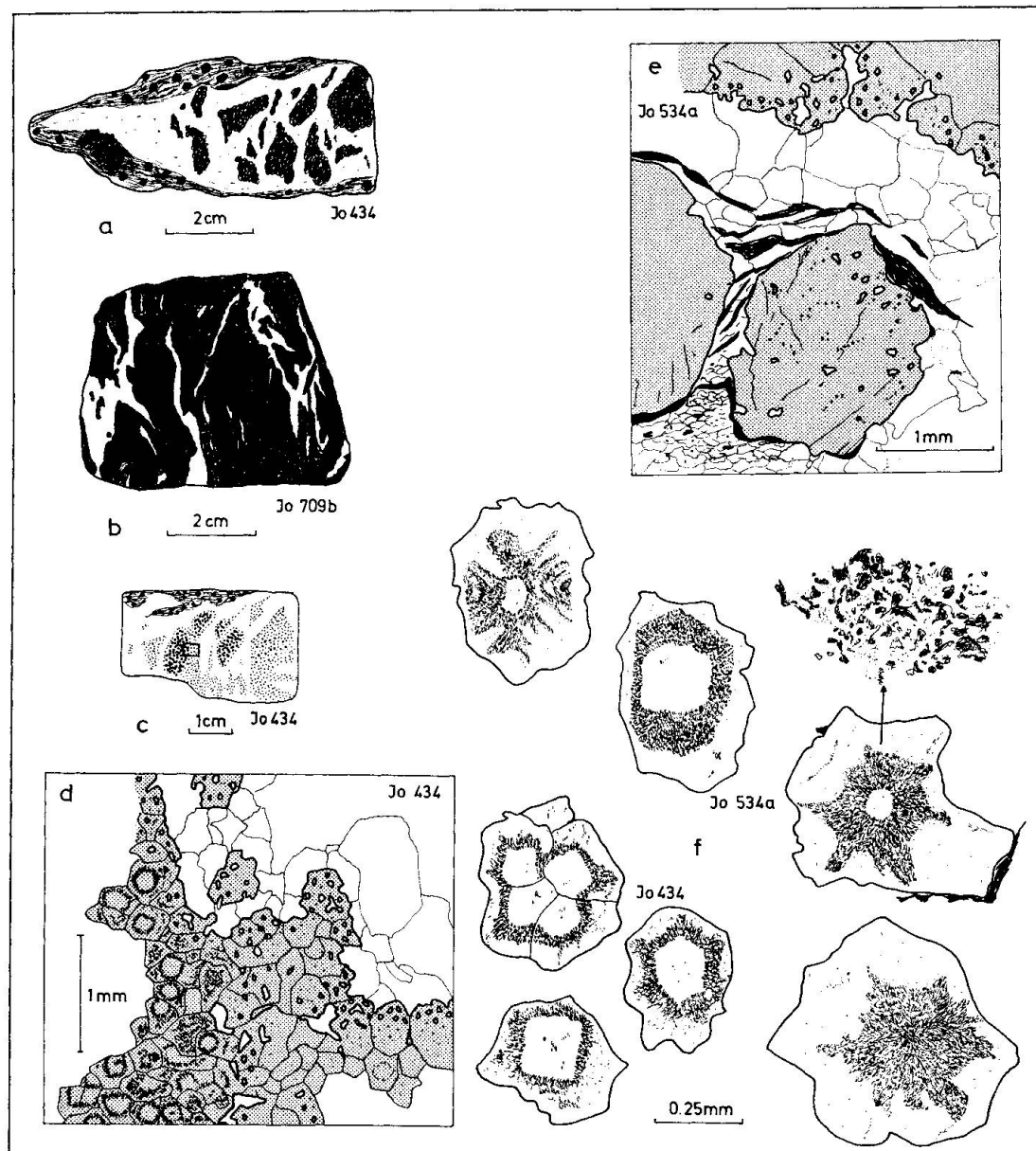


Fig. 15a-f. Granat-Quarz-Knauern. Granate mit Mikrolithen von Hellglimmer, Karbonat, Quarz sowie Graphit aus Granatglimmerschiefern der Veglia-Zone.

Fig. 15d bildet einen Ausschnitt von 15c ab. Gegen den Kontakt mit Quarz sind die praktisch pigmentfreien Granate siebartig von Quarz durchsetzt. Deutlich lässt sich eine von der Bildmitte nach dem untern Rand hin verlaufende poikiloblastische Naht erkennen. Während Fig. 15e die Übergangszone vom Nebengestein, mit zwei grossen Granaten und reichlich Graphit, zum Gr-Qz-Knauer zeigt, ist schliesslich in 15f die pigmentreiche Innenstruktur einzelner Granatporphyroblasten zu erkennen.

Als Einschlüsse im μ -Bereich konnten optisch Hellglimmer und Karbonat, mittels Mikrosonde Quarz und Graphit nachgewiesen werden. Bei einigen Granaten sind die mikrolithischen Einschlüsse von Wachstumsbeginn an in das Korn eingebaut, bei andern erst nach einem gewissen Stadium; wie weit es sich bei dieser Erscheinung bloss um Schnitteffekte handelt, sei allerdings dahingestellt. Quarz ist in einer späteren Phase, wohl durch gleichzeitig stattfindende Schervorgänge begünstigt, entlang von Fugen und Rissen in den Granatkauern eingedrungen, hat ihn dabei noch weiter aufgesplittert und im Fall von Fig. 15a einzelne Granatinseln geschaffen. Am Kontakt Granat-Quarz entstand in der Folge ein siebartiger Granatsaum (Fig. 15d,e).

Der Granat selbst führt als Hauptkomponenten Si, Fe, Al, Mn, etwas Ca und ein wenig Mg, was für einen spessartinreichen Almandin spricht.

2.5. Augengneisse-Psephitgneisse; Unterschiede und Konvergenzen

Dieses Kapitel erörtert die Vielfalt augiger Gefüge (Ophthalmite) und geht auf einige genetische Aspekte dieses Phänomenes ein. Am Beispiel der Lebendun-Serie kann dank dem Nebeneinander und den Übergängen von Augen- zu Psephitgneissen deutlich gemacht werden, dass die Augengneisse nicht nur Reliktstrukturen porphyrischer Granite bilden oder während einer hochgradigen Metamorphose entstandene porphyroblastische Gneisse darstellen.

Im Monte-Giove-Gebiet ist das Produkt des Zusammenwirkens kristalloblastischer und kinematischer Prozesse in verschiedenen Stadien fixiert und das Edukt (Ausgangsgestein) gibt sich in zahlreichen Fällen auf Grund seiner relikthischen Strukturen (Konglomerate, Stoffbänderung, detritische Augen) oder seines Milieus (sedimentäre Wechsellagerung, Karbonatgesteine) zu erkennen.

2.51. Augen- und Psephitgneisse im Monte-Giove-Gebiet

In der *Antigorio-Decke* können im wesentlichen zwei Augengneisstypen unterschieden werden, die zusammen rund $\frac{4}{5}$ aller Gesteine ausmachen. Neben einem hellen granitoiden (2.12) tritt ein mesokrater glimmerreicher und epidotführender Augengneiss (2.14) auf. Beide, durch Übergänge miteinander verbunden, besitzen eine mittelmässige Matrix und führen Augen, die selten 1 cm Durchmesser überschreiten.

Im *Monte-Leone-Kristallin* liegen nur ca. $\frac{1}{3}$ aller Gesteine als Augengneisse vor, dafür stösst man hier auf eine grössere Variationsbreite. Den Haupttyp bildet ein Riesenaugengneiss (2.22), dessen Augen in der Regel einige Zentimeter Grösse erreichen.

Als interessanteste Einheit muss aber zweifelsohne die *Lebendun-Serie* angesehen werden, weil in ihr sowohl Augen- als auch sichere Psephitgneisse neben- und miteinander vorkommen. In L_B haben wir polymetamorphe Augengneisse vom Typus Antigorio kennengelernt, die auf Grund von stark mit der Matrix verwachsenen Geröllen eindeutig noch ihren psephitischen Charakter zu erkennen geben. Die Augen sind zumeist polymikt, seltener aus einem einzigen Alkalifeldspatkorn bestehend. Erinnern wir uns daran, dass dieselben Gneisse lateral in porphyroblastische Augengneisse übergehen, die sich durch nichts von einem waschechten Antigorio- oder Monte-Leone-Gneiss unterscheiden.

Auch in L_{PK} entstanden bei geeigneter Grundmasse an einigen stärker deformierten Stellen, etwa östlich der Forca del Giove, augige Psephitgneisse, die sich bloss durch die sperrige Art ihrer meist polymikten Augen und der eher brekziösen Matrix von Augengneissen der basalen Serie abheben (Fig. 16).

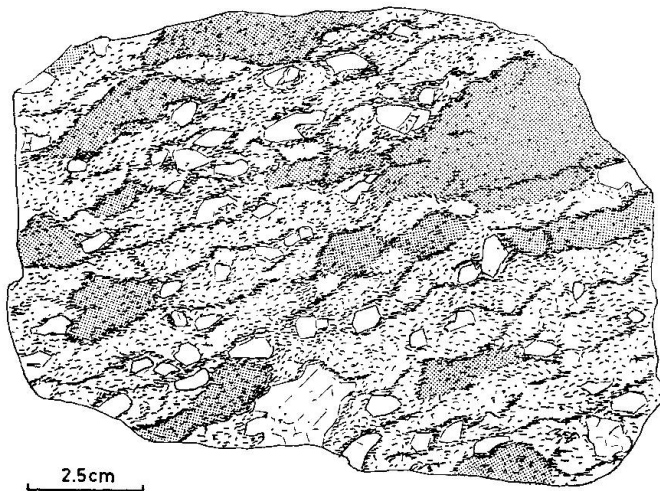


Fig. 16. Anschliff eines augigen Psephitgneisses (bc-Schnitt). Diffus mit der Matrix verbackene Komponenten (punktiert) sowie detritische Akf- und einige Plag-Porphyroblasten (weiss) sind darin zu erkennen. Stoffbänderung und Schieferung verlaufen subparallel. (Moräne, E Forca del Giove.)

Psephitgneisse dominieren bekanntlich in L_{PK} , wobei meistens ei- oder scheibenförmig deformierte Konglomerate überwiegen, doch sind auch brekziöse Partien keine Rarität, wie Photo 4 dokumentiert.

In L_P , wo Psephite sonst merklich zurücktreten, findet man am Westufer des Lago Busin inferiore einen sehenswerten Aufschluss mit Konglomeraten (Photo 6). Innerhalb dieses Horizontes stösst man NE Lago Busin auf grob-flasrige Gneisse mit schönen ? detritischen Alkalifeldspatdioblasten (Photo 5a, b).

2.52. Form, mineralogische Zusammensetzung und Alter der Augen

Die Augenform in den rhombischen bis triklinen Gneissgefügen (B-Tektonite) ändert mit der Schnittlage. Parallel B sind linsen- und prismenförmige Anschnitte vorherrschend, während senkrecht B Rotationsformen überwiegen.

In Fig. 17 a–h werden verschiedene Schnitte senkrecht und parallel B durch Gerölle (17 a, b), ? detritische Alkalifeldspatkörner (17 c, d) und durch porphyroblastischen bis blastomylonitischen Alkalifeldspat (17 e–h) dargestellt. Zugegebenermassen lassen sich weder von blossen Auge noch unter dem Mikroskop detritische von porphyroblastischen Feldspäten sicher auseinanderhalten, doch vermag hier oft der umgebende Gesteinsverband Hinweise auf den Augencharakter zu geben.

Die Grösse der Augen schwankt zwischen wenigen Millimetern in relativ feinkörnigen Gneissen und einigen Zentimetern in den sogenannten Riesen-

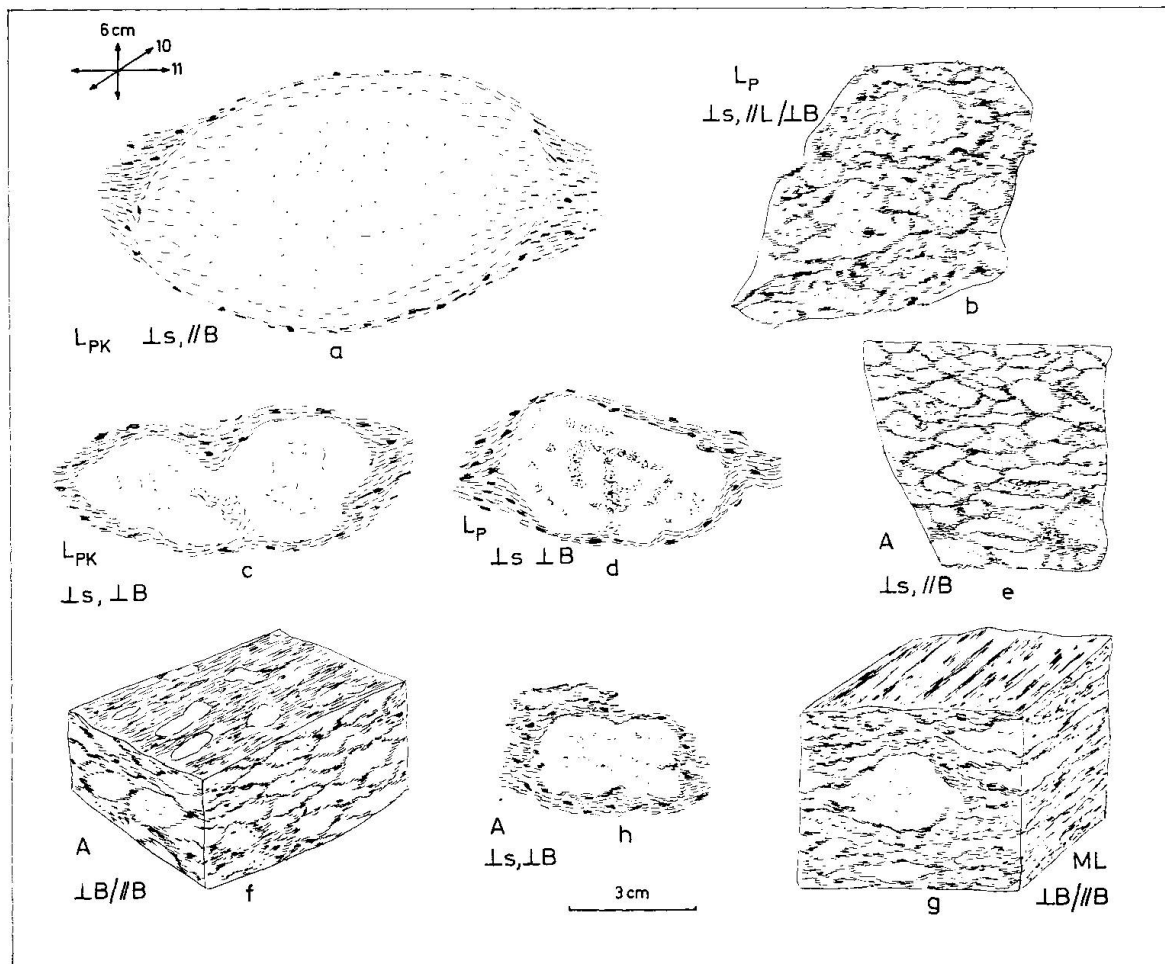


Fig. 17 a–h. Gerölle (a, b), ? detritische (c, d) sowie porphyroblastische bis blastomylonitische Akf-Idioblasten (e–h).

augengneissen der Monte-Leone-Decke. Solche Riesenaugengneisse treten übrigens in den Zentralalpen noch recht häufig auf.

A. GÜNTHER (1954) beschreibt solche Gneisse aus dem obersten Maggia-Gebiet, wobei er sie als Psephite interpretiert. Auch aus der oberen Valser Gneisslamelle der Adula-Decke sind phengitische Gneisse mit grossen Augen seit langem bekannt.

Die blastomylonitischen Gneisse aus der Monte-Leone-Decke zeigen Kornzeilenbau; Quarzzeilen wechseln mit Akf-Qz-Plag-Gli-Zeilen und Glimmerfasern ab. Das Korngefüge variiert von granoblastisch bis lepidoblastisch.

Abgesehen von den selten auftretenden reinen Quarzaugen und von knotenförmigen Plagioklasen (letztere hauptsächlich auf die Bündnerschiefer beschränkt) ist am Aufbau der Augen stets mehr oder weniger Alkalifeldspat beteiligt. Grosse mikroperthitische Alkalifeldspäte, meistens mit einem Reaktionssaum von kleineren, stärker mikroklingegitterten Alkalifeldspäten sowie Myrmekit, dominieren.

Daneben können auch Schachbrettalbite oder Antiperthite Augen aufbauen. In grosser Zahl kommen schliesslich polymikte Augen vor, die vielfach auf Entmischungs- und Verdrängungsprozesse zurückzuführen sind.

Die Mehrheit der Augen werden meines Dafürhaltens durch präalpine Alkalifeldspatporphyroblasten gebildet. Im Gegensatz zu H. WIELAND (1966) zähle ich auch den oftmals verzwilligten Perthit hierher. Für eine präalpine Blastese zumindest grösserer Porphyroblasten sprechen:

1. Das Fehlen migmatischer Erscheinungen in der monometamorphen Schieferhülle, auch bei geeigneter stofflicher Zusammensetzung (Arkosen und Grauwacken).
2. Die vielen porphyroblastischen Augengneisse in der polymetamorphen basalen Lebendun-Serie.

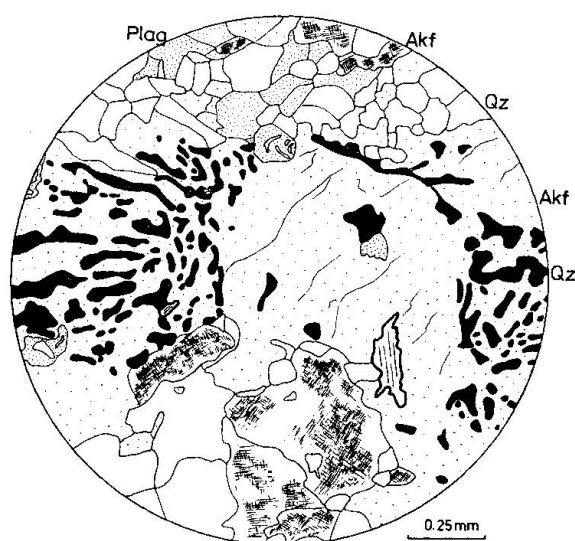


Fig. 18. Schriftgranitische Verwachsung; voralpines Mineralrelikt aus einer Granitkomponente.

3. Das Überdauern vieler präalpiner Relikte wie Gerölle, Ganggesteine, granitische Linsen, oder von Mineralrelikten (Fig. 18).

Alpiner Anteil, der nicht unterschätzt werden darf, und Zusammensetzung der Augen können im übrigen innerhalb der gleichen lithologischen Einheit ändern, wie Fig. 19a–d zeigt. Die vier Dünnschliffbilder stammen aus Augengneissen ein und desselben Niveaus der Antigorio-Decke und demonstrieren den unterschiedlichen Erhaltungszustand präalpiner Minerale.

An Hand dieses Beispiels können wir die zunehmende Kornauflösung vom monomikten Alkalifeldspatauge bis zum Mosaikgefüge hin verfolgen.

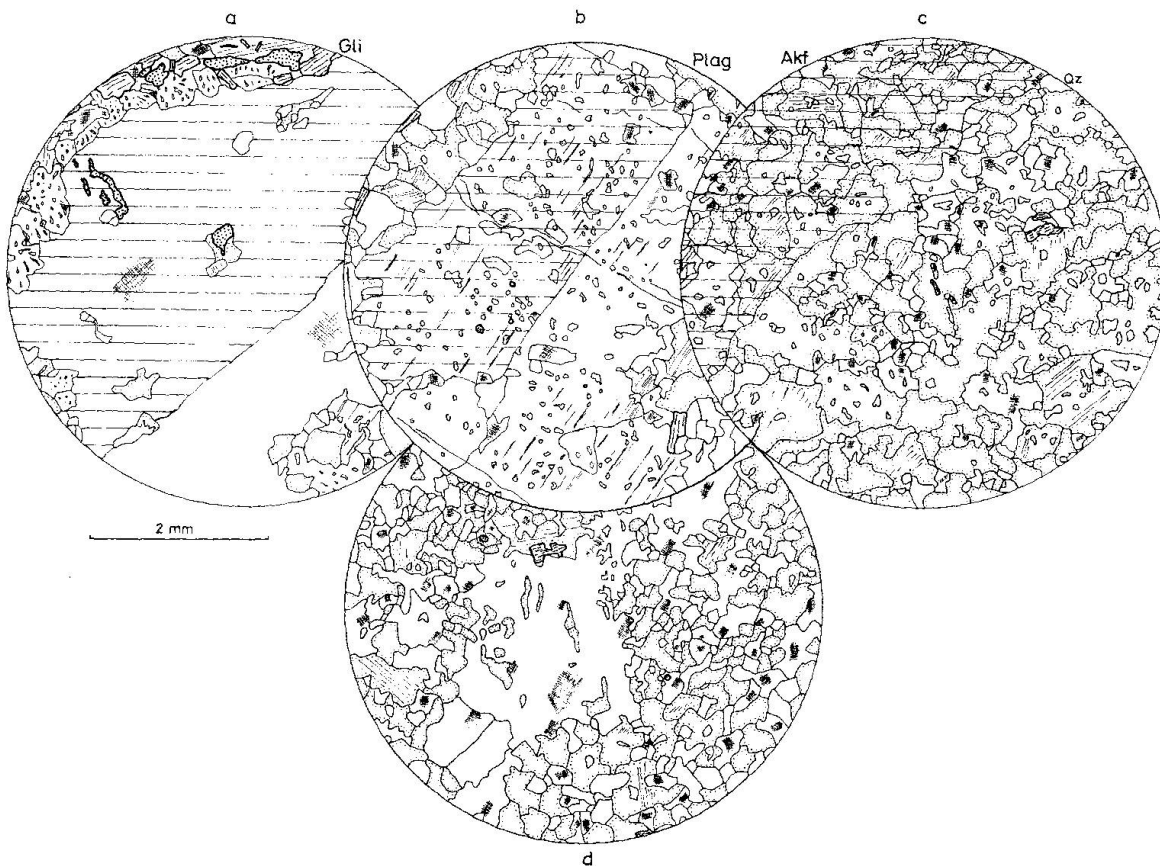


Fig. 19a–d. Zunehmende Kornauflösung von Alkalifeldspataugen in Augengneissen vom Typ 2.13 und 2.14.

2.53. Zur Genese einiger ophthalmitischer Texturen

1. *Riesenaugengneiss* ML, helle Matrix (2.22): Dieser als Metagranit aufgefasste Gesteinskörper ist das typische Beispiel eines Blastomylonites. In Photo 7 ist diese Mylonitisierung schwach und man vermag daher den primären, granitporphyrischen Charakter des Gesteins noch gut zu erkennen.

2. *Riesenaugengneiss* ML, dunkle Matrix (2.24): Nördlich Passo Vannino geht dieser Typus Riesenaugengneiss in einen kleingefalteten Bändergneiss

über und verrät dadurch seine Entstehung. Der helle Stoffanteil (Neosom) dieser präalpinen Migmatite, welcher in seltenen Fällen mehrere Meter mächtig werden kann, ist bei mm- bis cm-Dicke oft zerrissen und zeigt geschwänzte Augen (Photo 8).

Eine alpine Differenzierung in helle Qz-Fsp-reiche und dunkle glimmerreiche Lagen können wir ausschliessen, denn zu anatektischen Vorgängen reichten im Monte-Giove-Gebiet die pT-Bedingungen nicht aus. Die Umprägung zu einem Augengneiss ist dagegen mit Sicherheit alpiner Scherfaltung zu verdanken.

In den dickeren leukokraten Bändern (> 1 dm) findet man des öfters beachtliche Kalifeldspatporphyroblasten, so dass diesen hellen Lagen selbst wieder der Aspekt eines Augengneisses zukommt.

3. *Augige Psephitgneisse* in L_{PK} (2.323): In Fig. 16 haben wir bereits einen psephitischen Augengneiss kennengelernt, der sich aus Qz-Fsp-reichen, relativ massigen Konglomeraten zusammensetzt, und welcher unter gerichtetem Druck, bei mesozonaler Rekristallisation geprägt wurde. Seine vorwiegend aplitgranitischen Komponenten verschwinden beinahe in der Matrix. Bis etwa 1 cm grosse Gesteinsbruchstücke, häufig auch Alkalifeldspat und seltener detritischer Plagioklas treten als eckige Augen aus der Grundmasse hervor.

Im Basodino-Gebiet soll die Transformation zu Augengneissen bereits weiter vorangeschritten sein, und im obersten Maggiatal lassen sich nach A. Günthert (mündliche Mitteilung) die Psephitgneisse von blastischen Augengneissen praktisch kaum mehr unterscheiden.

Im Monte-Giove-Gebiet zeigen diese Augengneisse in praxi noch ein ähnliches Gefüge wie vergleichsweise untersuchte unmetamorphe Arkosen und Grauwacken von Manno, im Sottoceneri und aus den Vogesen.

4. *Augen detritischer Herkunft* in Gneissen von L_{PK} und L_P : In glimmerreichen Partien und in karbonatischem Zement kann man gelegentlich Feldspat-Augen mit Geröllen zusammen vorfinden. Photo 5a, b zeigt einen Augengneiss (2.331), der vertikal und lateral in sichere Psephite übergeht und dessen Augen daher mit grosser Wahrscheinlichkeit detritischer Herkunft sind.

5. *Psephitisch-pelitische Wechsellagerung*: Am oft verschuppten Übergang von L_{PK} zu L_P (zona di transizione) lässt sich deutlich Wechsellagerung von psephitisch bis psammitischen und seltener pelitischen Lagen erkennen. In Photo 9 wird ersichtlich, wie leicht dabei aus grauackartigen Lagen augige Psephitgneisse entstehen können!

Ich will aber noch einmal darauf hinweisen, dass nur in L_B der Lebendun-Serie stubenreine Augengneisse, im Sinne von porphyroblastischen Gneissen, vorkommen!

6. *Migmatite und Pseudomigmatite* in der Lebendun-Serie: Photo 10 zeigt echte migmatische Textur aus L_B , Photo 11 dagegen bildet einen Pseudo-Bändermigmatit aus L_{PK} ab.

Zu Photo 11 ist noch zu bemerken, dass am Tosafall und im Kar östlich der Forca del Giove auch in L_{PK} stark deformierte, migmatitartige Gesteine auftreten. Dabei handelt es sich aber um alpine Tektonite mit zerscherter oder boudinierter Stoffbänderung und gequetschten Geröllen, die ich hier als Pseudomigmatite bezeichne.

Die Photos 12–14, alles echte Psephitgneisse aus L_{PK} darstellend, belegen wohl eindrücklich die Polymorphie der Lebendungesteine, welche „aplitische Injektionen“ (12), Forellenmigmatite (13) und Augengneisse (14) so vortrefflich zu imitieren verstehen.

Konvergenzen zwischen echten, teilweise selbst wieder psephitischen Migmatiten in L_B und migmatitähnlichen Texturen von Psephiten in L_{PK} haben Kenner der Materie wie H. PREISWERK in ihren Deutungsversuchen irritiert und sie in ihrer Interpretation zwischen Konglomeraten, Injektionsgneissen und „Schlierenbildung“ hin und her schwanken lassen.

In den Erläuterungen zur geologischen Karte der Simplongruppe (1908) heisst es wörtlich:

... die Hauptmasse des „Lebendungneis“ sind dünnschichtige, biotitreiche, oft Calcit führende Gneise. In der Gegend des Tosatales, wo die Lebendungneiszone die grösste Breite erreicht, trifft man auch auf massige Gesteinstypen zum Teil eruptiver Natur. An den Tosafällen und auf dem Basodinogipfel finden sich lokal grobbankige Zweiglimmergneise und Augengneise, die gewissen Varitäten von Antigoriogneis und Ofenhorngneis vergleichbar sind. Verbreiteter sind feinkörnige, aplitartige Typen, z. B. am Lebendunbach. ... Charakteristisch für den Lebendungneis in seiner Gesamtheit sind Einlagerungen, die an Konglomerate erinnern. Diese im Durchschnitt meist elliptischen Einschlüsse werden oft mehrere Dezimeter lang. Sie häufen sich lagenweise. Ihr Gestein ist aplitartig; manchmal sind geröllähnliche Bildungen von Glimmer flasrig umsäumt, manchmal verschmelzen sie mit dem Nebengestein.

Dieser meisterhaft prägnanten Beschreibung fehlt einzig die Gewissheit über den psephitischen Charakter der Lebendun-Serie. Darüber kann aber heute weder im Monte-Giove-Gebiet noch andernorts ein Zweifel herrschen!

3. CHEMISMUS UND METAMORPHOSE

3.1. Chemische Analysen

Anlässlich eines geochemischen Praktikums, unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. H. Schwander, wurden vorerst 10 Gesteinsproben auf einem 1,5 m Atomcounter (Jarrell-ash, USA) quantitativ spektrometrisch analysiert. Als Nachzügler kamen später noch die beiden Proben Jo 681 und Mil 65 dazu (Analytiker: W. Stern)⁴.

⁴) Frl. G. Rechsteiner, Frl. E. Nebel und U. Spring sei an dieser Stelle für diverse Laborarbeiten, H. Hänni für die tadellose Herstellung von über 200 Dünnschliffen gedankt wie auch Frl. A. Wyss für die speditive Ausführung zahlreicher Photoarbeiten.

Tabelle 1

Proben: Jo	373' a	c	e	f	g	i	k	n	462	463	681	Mil 65
Koord. d. Fundortes:	671.5/ 137.675	dito	dito	dito	dito	dito	dito	dito	671.85/ 137.325	675.1/ 136.6	671.275/ 133.55	661.2/ 123.5
Gesteinsbezeichnung:	Bi-Ms-Oligokl-Akf Schiefer	Bi-, Ms-führender Akf-Ab-Gneiss	Bi-, Ms-führender Ab-Akf-Gneiss	gebänderter Ms-Bi-Oligokl-Akf-Gneiss	Ab-Akf-Gneiss	Cc-führender Ms-Akf-Bi-Oligokl-Gneiss	Ms-Akf-führender schiefriger Cc-Bi-Oligokl-Gneiss	augiger Ms-Akf-Bi-Oligokl-Gneiss	Ms-Ep-führender Bi-Akf-Oligokl-Augengneiss	Ms-Bi-führender Akf-Peristerit-Augengneiss	Ms-Akf-Oligokl-Granit	Ms-führender Ab-Akf-Granit
Gew.-% Oxyde:												
SiO ₂	56,9	72,5	78,1	69,6	77,1	59,0	56,1	70,0	70,6	70,8	77,8	77,0
Al ₂ O ₃	21,9	15,0	12,3	14,7	11,6	18,2	15,1	14,8	14,2	15,2	11,7	12,0
Fe ₂ O ₃	0,6	1,5	0,5	1,4	0,6	1,5	1,5	0,4	1,5	1,3	0,6	0,5
FeO	4,2	0,7	0,5	1,9	0,6	3,3	4,6	2,7	1,9	1,4	0,8	0,5
MnO	0,05	0,03	0,02	0,1	0,025	0,06	0,1	0,04	0,08	0,05	0,0	0,0
MgO	3,4	0,9	0,5	1,2	0,4	2,3	3,9	1,5	1,1	1,0	0,3	0,3
CaO	1,1	0,5	0,6	1,2	2,0	4,4	6,2	2,4	3,5	1,6	1,2	0,8
Na ₂ O	1,1	2,6	2,5	3,2	2,4	4,5	2,6	3,2	3,5	3,1	3,0	3,5
K ₂ O	6,7	5,0	4,1	5,0	4,2	3,0	3,9	3,0	2,3	4,0	3,6	4,5
ThO ₂	1,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,7	0,9	0,5	0,4	0,3	0,1	0,1
P ₂ O ₅	0,15					0,2	0,2	0,2				
H ₂ O ⁺ *		0,9	0,7	0,8	0,7	0,7	0,5	0,4	1,1	1,0	0,5	0,8
H ₂ O-				0,5		1,8	4,7	1,1				
CO ₂												
* inkl. F, S etc.												
	100,45	99,83	100,02	99,9	99,825	99,66	100,3	100,24	100,18	99,75	99,6	100,0
A'	38,7	37,8	33,0	21,6	1,6	24,4	20,4	29,6	16,1	30,4	14,7	1,6
F	23,5	23,0	18,7	40,3	28,1	54,6	63,5	48,3	58,1	36,0	26,3	22,2
K	37,8	39,2	48,3	38,1	70,3	21,0	16,1	22,1	25,8	33,6	59,0	76,2

Kationen %:	54,4	68,7	74,4	66,1	73,5	55,8	54,9	66,5	67,0	67,2	74,1	72,9
Si	24,8	16,8	13,8	16,4	13,1	20,3	17,4	16,5	15,9	17,0	13,2	13,3
Al	0,5	1,1	0,3	1,0	0,5	1,1	1,1	0,3	1,1	0,9	0,5	0,3
Fe'''	3,3	0,6	0,4	1,5	0,5	2,7	3,8	2,2	1,5	1,1	0,6	0,4
Fe''	4,8	1,3	0,7	1,7	0,6	3,2	5,7	2,1	1,5	1,4	0,4	0,4
Mg	1,2	0,5	0,6	1,2	2,1	4,4	6,5	2,4	3,5	1,7	1,2	0,8
Ca	2,0	4,8	4,6	5,9	4,4	8,2	4,9	5,9	6,4	5,7	5,5	6,4
Na	8,2	6,0	5,0	6,0	5,1	3,6	4,9	3,6	2,8	4,8	4,4	5,4
K	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,6	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1
Ti	0,1					0,2	0,2	0,2				
P												
Niggli- Werte:												
al	45,0	48,5	50,0	41,0	44,0	37,0	28,5	42,0	39,0	46,5	46,5	46,0
fm	32,0	17,0	10,5	22,0	10,0	25,0	34,5	22,0	20,5	16,0	10,5	8,0
c	4,0	3,0	4,5	6,0	14,0	16,0	21,0	12,0	17,5	9,0	8,5	5,5
alk	19,0	31,5	35,0	31,0	32,0	22,0	16,0	24,0	23,0	28,5	34,5	40,5
k	0,80	0,56	0,52	0,51	0,53	0,55	0,50	0,37	0,30	0,46	0,44	0,46
mg	0,56	0,44	0,48	0,40	0,38	0,47	0,54	0,49	0,37	0,48	0,27	0,35
si	200	400	539	336	496	203	179	338	330	368	522	501
qz	24	174	299	112	268	15	15	142	134	154	284	239
t	22	14	10,5	4	-2	-1	-8,5	6	1,5	9	3,5	0
Modal- analyse: in Vol.-% 2000-4000 K/DS												
Qz	12,5	26,0	34,5	22,0	42,0	14,5	22,0	25,0	21,5	37,5	41,0	30,0
Plag	22,5	33,5	27,5	31,5	23,5	44,0	30,0	39,5	47,0	34,0	29,5	29,0
AKf	30,5	31,5	33,0	32,0	32,0	12,5	5,0	10,5	10,0	17,5	18,5	38,0
Bi	10,0	3,7	2,0	6,5	1,3	16,0	28,5	12,5	12,0	5,0	0,5	
Ms	19,0	4,7	2,5	6,0	1,0	7,5	5,0	9,0	4,0	4,3	10,0	2,0
Chl	2,0	0,4		1,5		0,5	0,5	1,0	1,0	0,7		
Cc						2,0	8,5	1,5				
Ep	0,3					0,3			4,0	0,7		
Ap	0,5					0,7		0,5				
Erz	2,0					1,5						
Akz	0,7	0,2	0,5	0,5	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	1,0
An-Gehalt Plag	17-24	3-7	0-5	22-30	0-7	20-25	18-23	18-24	15-21	8-13	20-25	0-10

Aus einem steinbruchartigen Aufschluss bei Alpe Vannino (Koord.: 671.5/137.675), wo frisches Gesteinsmaterial entnommen werden konnte, stammen 8 der 12 Analysenproben, welche die chemische Variationsbreite der Lebendun-Serie recht eindrucksvoll belegen (Tab. 1). Von Jo 462 (Lebendungneiss, 700 m E Staumauer Lago Vannino, B 24) und Jo 463 (Antigorio-Stirnkeil auf 1600 m, B 30) liegen Rb/Sr-Alterswerte von Biotit, beide 14 Mio a ergebend, vom Alterslabor in Bern vor (B 24 und B 30 in E. JÄGER et al., 1967).

Jo 681 ist ein Granitgeröll aus L_{PK} von Alpe Giove, das eine gewisse Ähnlichkeit mit einer von A. Milnes gesammelten Granitprobe aus dem Dach der Antigorio-Decke am Monte Cistella (Marsascagrat) aufweist. Die beiden chemisch identischen Granite sind in Textur und Modalgehalt etwas verschieden. Sie wurden analysiert, um mit den Zweiglimmer-Augengneissen des Antigorio-Kristallins, aber auch mit jenen der basalen Lebendun-Serie und der Monte-Leone-Decke verglichen werden zu können. Ihre chemische Analyse, bzw. die Projektionspunkte im A'FK-Diagramm zeigen, dass die vorhandenen F-Komponenten (MgO, MnO, FeO) etwa zur Bildung von 3–4% Biotit ausreichen. Auf die Augengneisse der Antigorio-Decke bezogen heisst das beispielsweise, dass aus diesen Granitproben die helle Varietät (2.12) mit 3–10% Biotit und 1–8% Muskowit allenfalls gebildet werden könnte, der flasrige, biotit-reiche Augengneiss (2.14) hingegen nicht, da er viel zu reich an Fe, Mg ist. Das Resultat liess sich bereits vom Modalbestand her abschätzen und auch im Feld finden wir seine Bestätigung durch den Übergang von Granit zu Granitgneissen und hellen Augengneissen.

3.2. QAP- und A'FK-Diagramm

Im QAP-Diagramm (Fig. 20) gelangen zur Hauptsache die Mittelwerte aus je 5–10 Modalanalysen von verschiedenen, mehrheitlich leukokraten Gesteinstypen der drei Einheiten A, L und ML zur Darstellung⁵⁾. Da in der A-Ecke neben Alkalifeldspäten auch der Projektionspunkt von Albit (An 0–5%) liegt, wird mit Pfeilsignatur angedeutet, dass sich für einige Gesteinstypen, die neben Oligoklas und etwas Peristerit auch Albit führen, die Projektionspunkte nach der AQ-Geraden hin verschieben.

Die Mittelwerte von A, L und ML sind durch je eine Kurve unter sich verbunden. Dadurch wird die durchschnittlich höhere Quarzföhrung in der Lebendun-Serie und teilweise auch im Monte-Leone-Kristallin gegenüber der Antigorio-Decke sichtbar gemacht.

Im Diagramm sind nur Typen berücksichtigt, deren QAP-Anteil rund 90%

⁵⁾ Diese Modalgehalte entstammen der vollständigen Fassung meiner Dissertation, welche im petrographischen und tektonischen Teil wesentlich detaillierter als die vorliegende Arbeit ist.

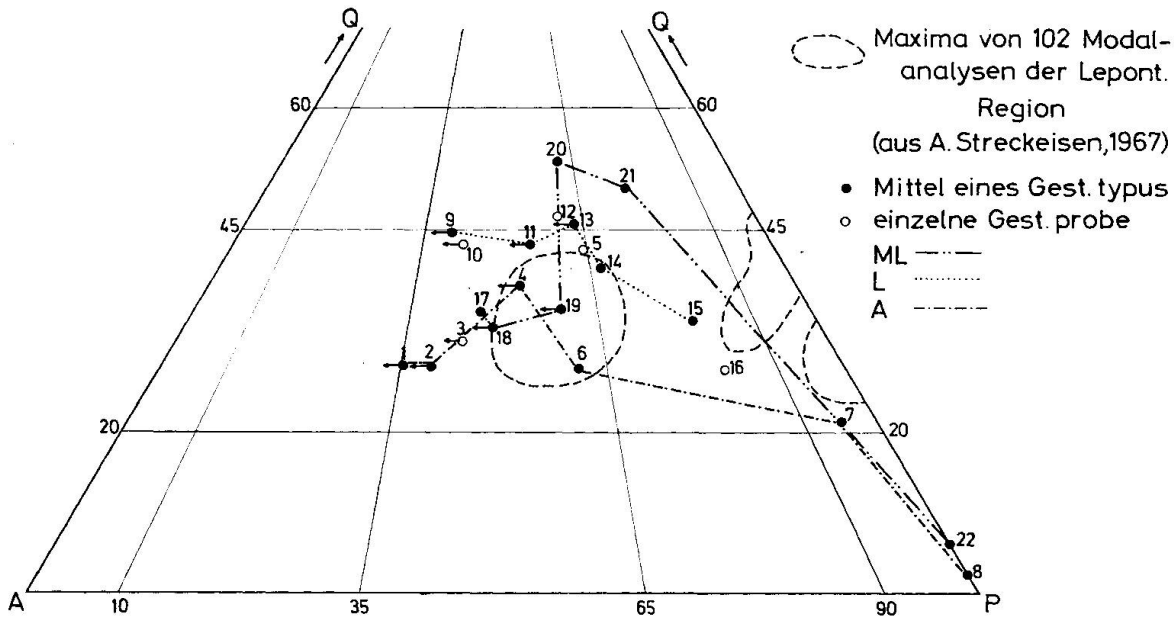


Fig. 20. QAP-Diagramm. Es sind die Mittel von Modalanalysen wichtiger Gesteinstypen der drei Kristallinkörper A, L und ML dargestellt (schwarze Punkte) sowie 5 Einzelproben aus A und L (Kreise), von denen je eine chemische Analyse vorliegt.

Legende: 1 = Aplite (2.19), 2 = Granitgneisse (2.11), 3 = Mil 65 Granit Marsascagrat, 4 = helle Gneisse (2.12), 5 = Jo 463, 6 = dunkle Gneisse (2.14), 7 = Metagranodiorite (2.13), 8 = Metadiorite (2.17 – alle Antigorio-Decke.

9 = Bändergneisse, helle Lagen (2.325), 10 = Jo 373' g Metaarkose, 11 = quarzreiche Psephitgneisse (2.321), 12 = Jo 681 Granitgeröll, 13 = Granitgerölle (2.327), 14 = Psephitgneisse L_p (2.331), 15 = Zweiglimmergneisse (2.311), 16 = Jo 462 – alle Lebendun-Serie.

17 = Augengneisse (2.23), 18 = Riesenaugengneisse (2.22), 19 = Aplitgneisse (2.21), 20 = Zweiglimmergneisse (2.24), 21 = Zweiglimmergneisse (2.25), 22 = Amphibolite (2.29) – alle Monte Leone-Decke.

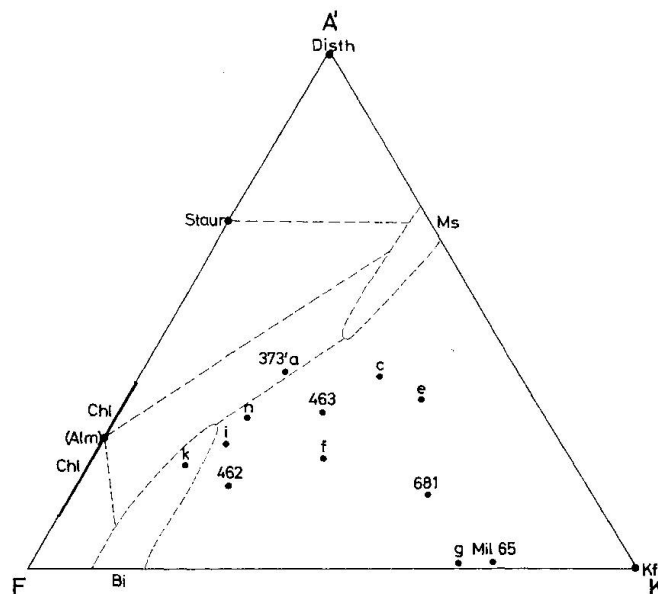


Fig. 21. Die 12 neuen chemischen Analysen im A'FK-Diagramm.

des Gesamtgesteins beträgt. Einzige Ausnahmen bilden die mit 8 und 22 bezeichneten Mittel mit bloss etwa 50 %.

Die 12 neuen chemischen Analysen gelangen im A'FK-Diagramm zur Darstellung, worin die Ca-führenden Minerale keine Berücksichtigung finden. Sämtliche Mineralassoziationen werden durch das sich ändernde Ms:Bi:Akf-Verhältnis bestimmt, was im Diagramm sehr schön zum Ausdruck kommt. Da stets SiO₂-Überschuss vorhanden ist, bildet sich immer die höchstsilifizierte Paragenese, ebenso freier Quarz und Plagioklas, welche im Diagramm nicht dargestellt sind.

Zur Bestimmung der A'FK-Werte wurde zuerst die von P. ESKOLA (1939) fürs ACF-Diagramm vorgeschlagene Korrektur an den Akzessorien vorgenommen, wobei auch der Pyrit berücksichtigt wurde und zwar 1 Gew.-% FeS₂ = 0,6 % FeO. Danach wurden Korrekturen für Ap, Zo/Ep und Cc angebracht und darauf das Molekularverhältnis A'FK nach der von H. G. F. WINKLER (1965) zitierten Vorschrift berechnet.

Jo 373' a, i, k, n fallen in die Nähe der Verbindung vom Biotit- zum Muskowitfeld. Die betreffenden Proben zeigen erhöhten Chloritgehalt, führen aber (auch in 373' a) keinen Granat.

Paragenese: Jo 373'	a	Akf, Plag, Qz, Ms, Chl, Erz / Ap, Ep
	c	Plag, Akf, Qz, Ms, Bi / Chl
	e	Qz, Akf, Plag, Ms, Bi
	f	Akf, Plag, Qz, Bi, Ms / Chl
	g	Qz, Akf, Plag / Bi, Ms
	i	Plag, Bi, Qz, Akf, Ms, Cc / Erz, Ap, Chl, Ep
	k	Plag, Bi, Qz, Cc, Akf, Ms / Chl
	n	Plag, Qz, Bi, Akf, Ms / Cc, Chl, Ap
462		Plag, Qz, Bi, Akf, Ms, Ep / Chl
463		Qz, Plag, Akf, Bi, Ms / Chl, Ep
681		Qz, Plag, Akf, Ms / Bi
Mil 65		Akf, Qz, Plag, Ms

3.3. Anorthitgehalte

1962 hat E. WENK mit der Bestimmung des Anorthitgehaltes in der Paragenese Calcit-Plagioklas einen empfindlichen Parameter für die Gradierung der alpinen Metamorphose in der Lepontinischen Region benützt. Da das Monte-Giove-Gebiet in jener Arbeit bloss durch zwei Messpunkte charakterisiert war, wurden weitere Messungen an metamorphen Karbonatgesteinen, zusätzlich aber auch an Gneissen und Amphiboliten vorgenommen, in der Absicht, Mineralparagenesen mit Alkalifeldspat auf ihre Tauglichkeit zur Zonierung hin zu testen. Die Gradierung der Metamorphose hätte durch Eliminierung von Ungleichgewichtsparagenesen (z. B. Implikationsgefüge), späteren Rekristallisationen usw. noch verfeinert werden können.

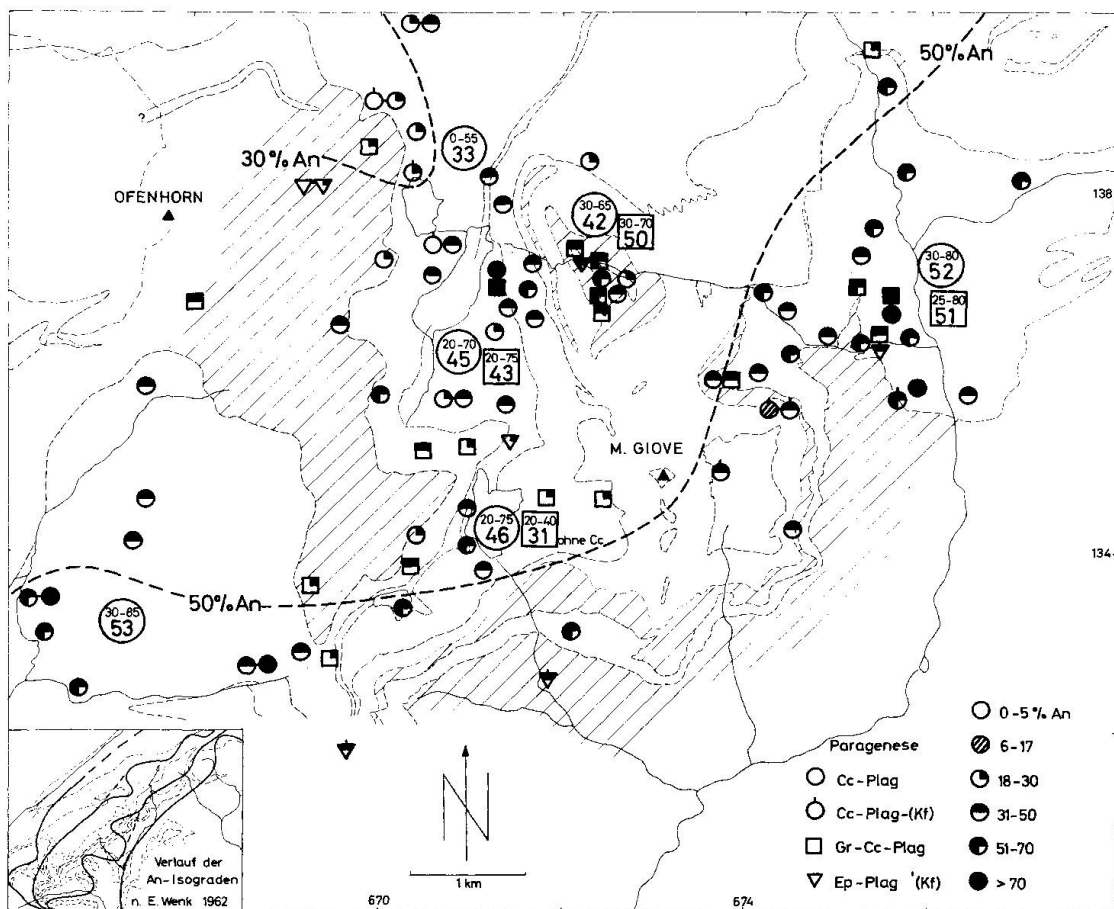


Fig. 22. Anorthitgehalte in den Paragenesen Cc-Plag, Cc-Plag-(Akf), Gr-Cc-Plag und Ep-Plag.

Die dargestellten An-Gehalte geben das Mittel aus mehreren Messungen wieder, wobei grössere Schwankungen im gleichen Dünnschliff durch zwei Symbole bezeichnet sind. Gemessen wurde nach der Drehtischmethode von M. REINHARD sowie der Zonenmethode von A. RITTMANN.

In Fig. 22 gelangen die Paragenesen Calcit-Plagioklas und (Calcit)-Granat-Plagioklas aus monometamorphen sowie Epidot-Plagioklas, vereinzelt auch aus polymetamorphen Gesteinen, zur Darstellung. Prof. Dr. E. WENK stellte mir freundlicherweise seine neuen Werte aus dem Ofenhorn-Gebiet zur Verfügung.

Der Verlauf des Isogrades An 50 in der Arbeit von E. WENK (1962) wird mit einer Ausnahme bestätigt; gegen Alpe Devero zeichnet sich eine Ausbuchtung nach W ab. In der NW-Ecke des Gebietes, wo offenbar durch die zahlreich vorkommenden Antiperthite beeinflusst neben Andesin und Oligoklas selten sogar Albit auftritt, erfährt der Isograd An 30 eine Ausstülpung nach SE. Wahrscheinlich steht der an sich viel zu niedrige An-Gehalt mit einer erneuten Rekristallisation bei tieferen Temperaturen während der Schlingenbildung dieses Gebietes in Zusammenhang. Entlang Bruch- und Scherzonen

oder bei Anwesenheit von Alkalifeldspat werden stets niedrigere An-Werte registriert. In seltenen Fällen können dabei Unterschiede im An-Gehalt bis zu 50% unmittelbar nebeneinander auftreten.

Granatglimmerschiefer, sofern sie genügend Calcit führen, verhalten sich ähnlich wie Karbonatgesteine. Wo das nicht zutrifft, wie beispielsweise in der Veglia-Zone, liegen dagegen die Gehalte rund 15% tiefer. Auch in der Paragenese Epidot-Plagioklas kommt gegenüber Calcit-Plagioklas ein etwas Na-reicherer Plagioklas vor.

In Fig. 23 sind die Anorthitgehalte der Plagioklase aus den Paragenesen mit Alkalifeldspat, (Calcit)-Alkalifeldspat und mit Hornblende dargestellt, welche hauptsächlich auf Gneisse und Amphibolite beschränkt sind.

An Plagioklasen in Paragenese mit Alkalifeldspat liegt eine repräsentative Zahl von Messungen vor. In den polymetamorphen Gneissen von A, L_B und ML liess sich in dieser Reihenfolge eine Abnahme im Anorthitgehalt feststellen (Fig. 23 lks.), während die monometamorphen Grauwacken- und Arkose-Gneisse von L_{PK} und L_P bloss Albit oder selten etwas Peristerit aufweisen.

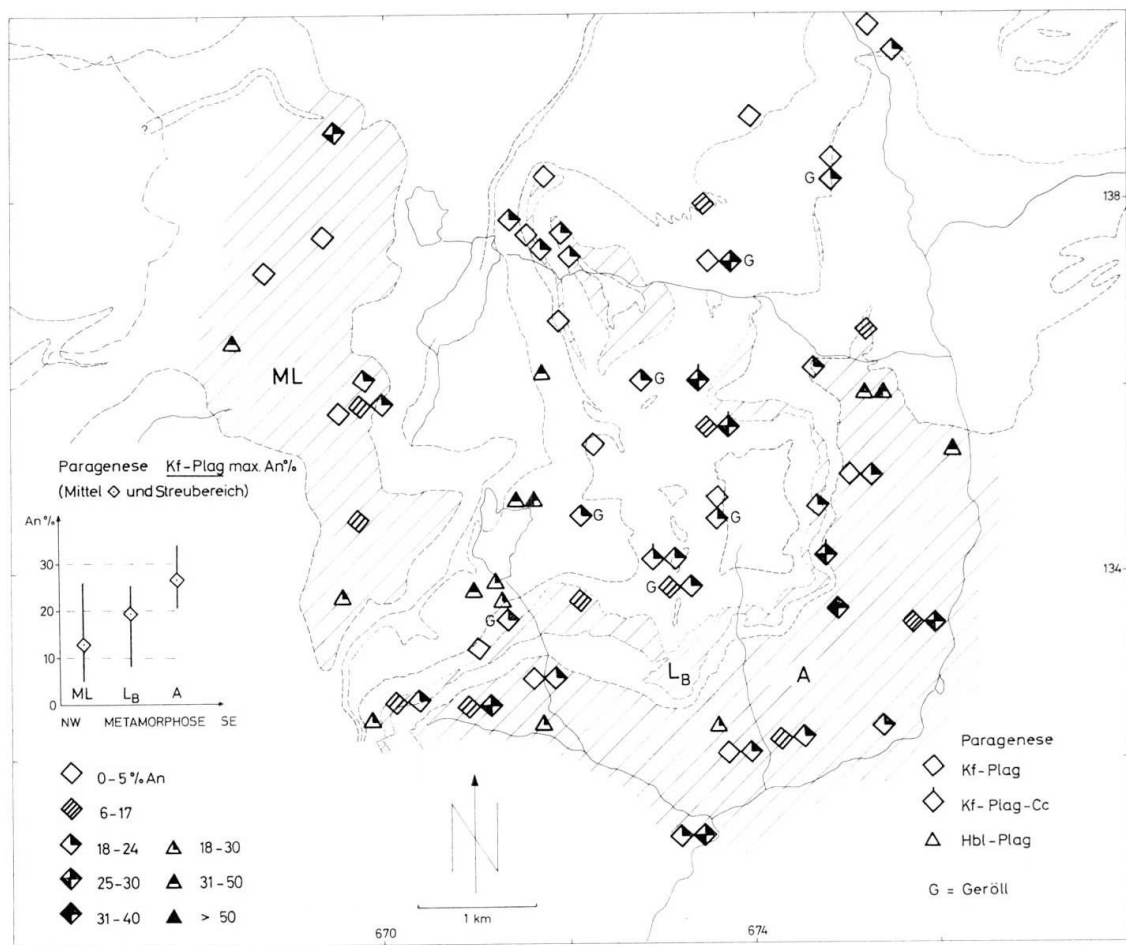


Fig. 23. Anorthitgehalte in den Paragenesen Akf-Plag, Akf-Plag-Cc und Hbl-Plag in A, L_B-F und ML.

Bei sämtlichen Paragenesen ist auf eine Unterscheidung von invers zonaren, fleckig auslöschenden sowie normalen Plagioklasen verzichtet worden. Auch die Zwillingsgesetze wurden nicht näher untersucht. Albit- und Periklingesetz kommen häufig vor und auch das Aklingsesetz ist recht oft vertreten.

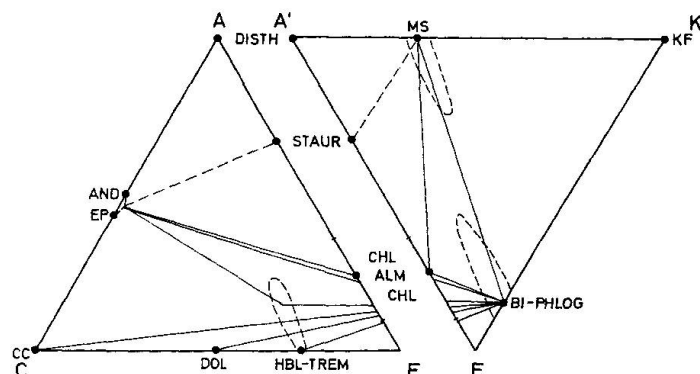
Peristerite, mikroskopisch-submikroskopische Verwachsungen von Albit und Oligoklas, sind praktisch nur auf die Paragenese Alkalifeldspat-Plagioklas beschränkt.

3.4. Mineralparagenesen

Im Monte-Giove-Gebiet habe ich folgende Mineralassoziationen vorgefunden:

<i>Gestein</i>	<i>Paragenese</i>	<i>Einheit</i>
Amphibolite:	1. Hbl + Plag + Bi + Ep ± Chl ± Qz ± Cc ± Gr	A, ML, L _P
	2. Akt + Plag + Bi ± Qz ± (Akf)	L _P
Gneisse:	1. Qz + Plag + Akf + Bi + Ms ± Ep ± Chl ± (Cc)	A, L _B , ML
	2. Plag + Qz + Bi + Ms + Gr ± Chl ± Cc ± (Hbl) ± (Akf)	L _{PK} , L _P
	3. Plag + Qz + Bi + Ms ± Chl ± Cc	L _B , ML, L _P
	4. Plag + Qz + Bi + Ep ± (Akf) ± (Ms)	ML
	5. Plag + Qz + Bi ± Akf ± Hbl ± Ep ± (Tit)	A
Porphyroblastenschiefer:	1. Qz + Plag + Bi + Ms + Akf ± Ep/Zo ± Erz	A
	2. Qz + Bi + Plag + Ms + Gr ± Staur/Disth ± Cc ± Ep/Zo ± Chl ± Erz	L _P , L _{PK}
	3. Qz + Ms + Chl + Plag ± Bi ± Erz	T, L _M , V
	4. Qz + Ep ± Akt ± Bi ± Plag ± Staur/Disth ± Ms ± Gr ± Cc ± Phlog ± Erz ± Skap	L _P
Karbonatgesteine:	1. Dol + Qz + Phlog ± Cc ± Trem ± Erz	L _M
	2. Cc + Qz + Plag + Ms + Bi ± Akf ± Ep ± Erz	T, L _M , V
	3. Cc + Qz ± Plag ± Akf ± Bi/Chl	T, L _M , V, L _P
		L _{PK}

Fig. 24. ACF-A'FK-Diagramme. Darstellung sämtlicher Mineralparagenesen des Monte Giove-Gebietes.



Nach H. WINKLER (1965) sind die Bedingungen sowohl der Staur-Alm- als auch der Disth-Alm-Ms-Subfazies der Almandin-Amphibolitfazies des

Barrow-Typs im gleichen Gesteinsverband (z. B. metam. Quartenschiefer) und am selben Ort erfüllt, womit sich auch im M.-Giove-Gebiet die Problematik der Unterteilung in Subfazien bestätigt. Dass $\text{Bi} + \text{Ms} + \text{Gr} + \text{Staur} + \text{Disth} + \text{Plag} + \text{Qz}$ nebeneinander vorkommen können, hat WINKLER allerdings bereits 1967 (S. 105) im AFM-Diagramm gezeigt.

Ferner hat V. TROMMSDORFF (1966) nachgewiesen, dass in kieseligen Karbonatgesteinen bei diesem Metamorphosegrad noch kein Diopsid sondern nur Tremolit auftritt.

4. PLANARE UND LINEARE STRUKTUREN

4.1. Planare Parallelt Texturen (s-Flächen und Achsenebenen)

Fig. 25 gibt den Verlauf der s-Flächen und der Achsenebenen wieder. Bei den s-Flächen wurde nur selten zwischen stoffkonkordanten Begrenzungsflächen s_0 und den parallel zu den Achsenflächen verlaufenden Scherflächen s_1, s_2 etc. unterschieden.

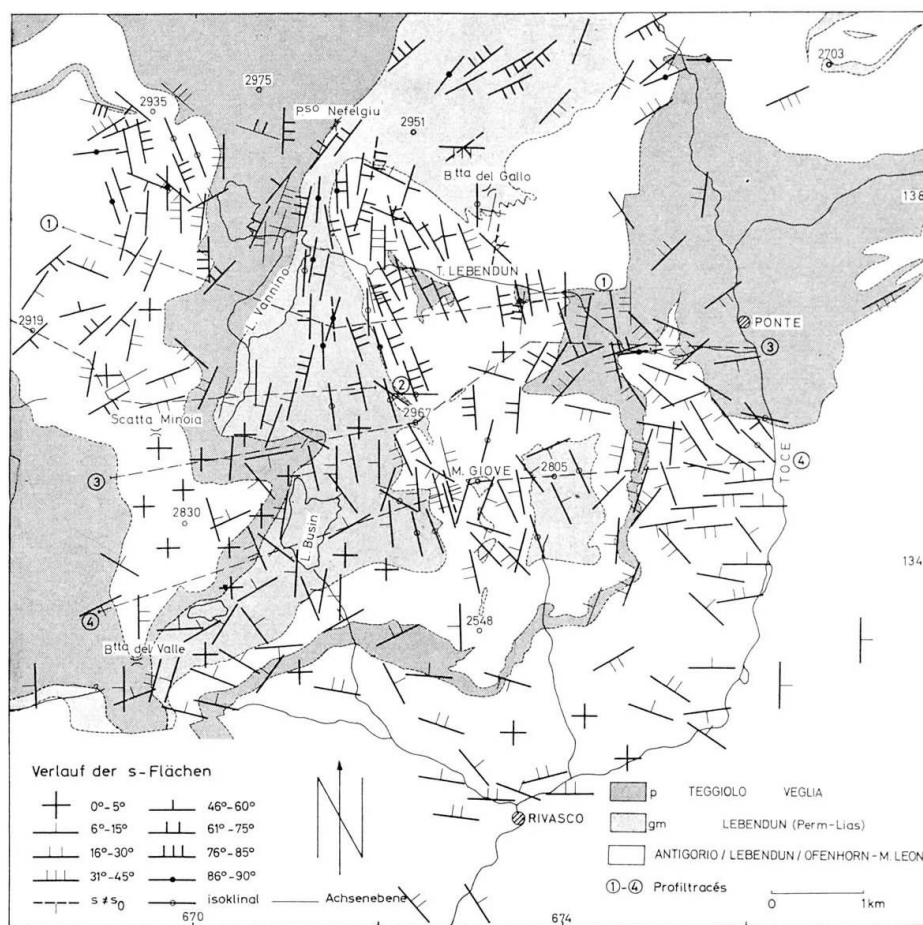


Fig. 25. Verlauf der s-Flächen und Axialebenen.
Ferner sind die Tracés der Querprofile von Tafel II angegeben.

In der Lebendun-Serie, wo primäre Stoffgrenzen deutlich erkennbar sind, verlaufen stoffliches und mechanisches s meistens subparallel. Allerdings kommen auch Ausnahmen vor. So lassen sich nördlich des Lebendunbaches anhand von konglomeratischer Wechsellagerung Stoffbänderung und Transversalschieferung (s_1 , s_2 usw.) klar auseinanderhalten.

Von der Linie Valdo–Monte Giove–Scatta Minoia an nordwärts, d. h. nördlich der Antigoriostirn, dominiert in allen Einheiten veränderlich steiles Einfallen, teilweise mit Schlingenbau verknüpft; südlich dieser Begrenzung überwiegen dagegen flachliegende s -Flächen.

Den Axialebenen wurde erst spät Beachtung geschenkt, so dass nur eine beschränkte Zahl von Messungen zur Verfügung steht. Im mesoskopischen Bereich sind die Achsenflächen nur selten deformiert, so z. B. nördlich Glogstafel und im Ofenhorn-Gebiet, also dort, wo Schlingenbau auftritt.

4.2. Lineare Paralleltexturen

Fig. 26 zeigt den Verlauf der Faltenachsen (B-Achsen), gleichsinnig orientierter Elongationsrichtungen von Geröllen, Augen und Linsen und zeilen-

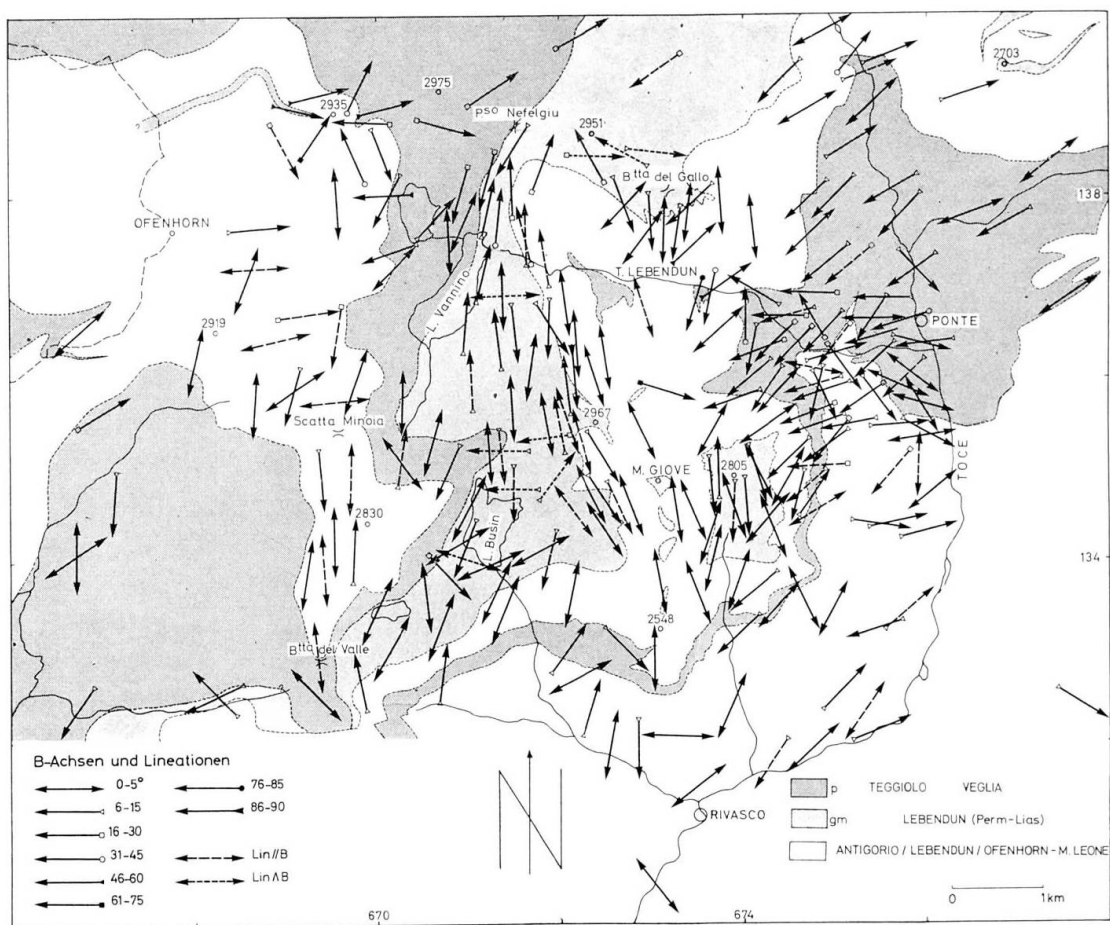


Fig. 26. Verlauf der B-Achsen und -Lineationen.

mässiger Parallelanordnung nadeliger oder prismatischer Minerale. In Phylloniten von L_P und L_M treten senkrecht zu den B-Achsen Strömungen und Intersektionsgeraden (a-Lineationen) auf, welche zu Kleinfaltenachsen (b'-Lineationen) überleiten.

Die Übereinstimmung von Lineation und Faltenachse in Gneissen und Schieferhülle, wie sie von E. WENK und V. TROMMSDORFF (1965) für den SE-Teil der Simplongruppe nachgewiesen wurde, trifft auch für die M.-Giove-Gebirgsgruppe zu.

Es sind im wesentlichen drei strukturelle Phänomene, die das Arbeitsgebiet beherrschen: Die Antigorio-Stirnregion, die E-W-Kompression der Lebendun-Serie und der Schlingenbau des Ofenhorn-Gebietes.

Insgesamt können 3, eventuell 4 b- und 1 b'-Lineation (B_1 - B_5) unterschieden werden (Fig. 27): das etwas unsichere, speziell SW Rivasco in der Antigorio-Decke auftretende B_1 , NNW-SSE streichend; B_2 , das parallel zur Antigorio-stirn verläuft; das durch E-W-Kompression bedingte B_3 ; im Anschluss daran durch Einengung entstandene Schlingenstrukturen B_4 , bei C. Myriam, N Glogstafel (P. 1967, LK) und NE des Ofenhorns; schliesslich mit B_5 eine b'-Lineation senkrecht bis schief B_3 .

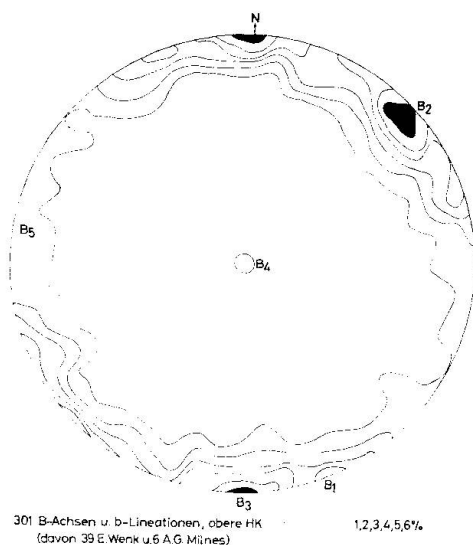


Fig. 27. Stereographische Projektion aller B-Achsen und b-Lineationen.

Als selbständige, gesicherte Richtungen betrachte ich B_{2-5} , während mit B_1 eine ausserhalb des engeren Untersuchungsgebietes (in der Antigorio-Decke zwischen Rivasco und Baceno) vorherrschende Achsenrichtung bezeichnet wird. Vielleicht ist es blosser Zufall, dass ein Teil der sicher präalpinen Aplitgänge (Fig. 30) senkrecht zu dieser Achse verläuft!

4.3. Kluftsysteme und Störungszonen

Die spät- und postalpine Entwicklung der Monte-Giove-Gebirgsgruppe spiegelt sich in den Klüften (Fig. 28) und den Störungszonen (Tafel I) wider.

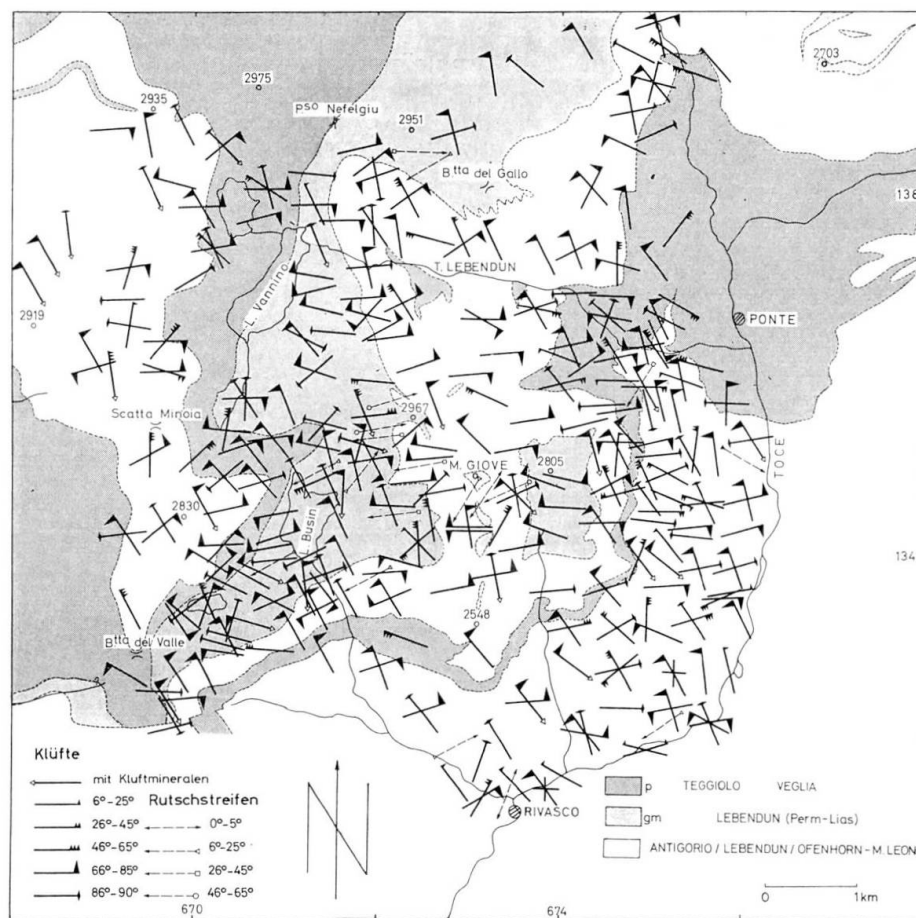


Fig. 28. Lage der Klüftflächen (z. T. mineralführend) und Verlauf der Rutschstreifen.



Fig. 29a. Stereographische Projektion aller Klüftpole auf die obere Halbkugel.

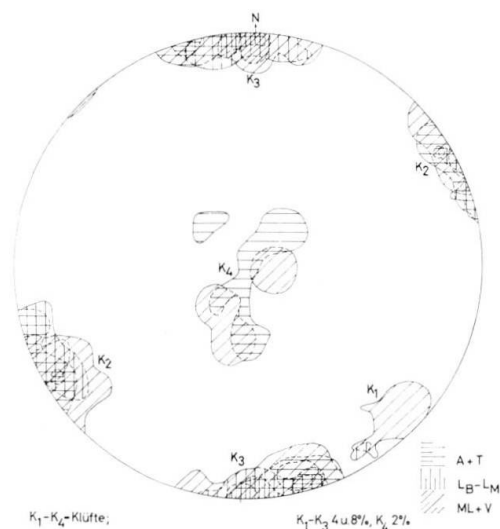


Fig. 29b. Projektion der K_1 - K_4 -Klüfte nach Einheiten getrennt.

Beide sind durch Spannungserscheinungen und Relativbewegungen im langsam sich abkühlenden orogenen Gesteinskörper hervorgerufen worden.

Abgesehen von der unterschiedlichen Teilbarkeit der verschiedenen Gesteinstypen, findet sich eine regelmässige Verteilung aller Hauptklüftungsebenen durch alle tektonische Einheiten hindurch. Mindestens 3, wahrscheinlich sogar 4 Systeme geben sich zu erkennen.

A. STRECKEISEN (1965) und B. REINHARDT (1966) halten das Auftreten von ac-Klüften im Simplon-Gebiet, bzw. in der „Wurzelzone“ S Centovalli-Valle Vigezzo, für wenig glaubhaft. Auch in meinem Arbeitsgebiet zeigt sich, dass im lokalen mikro- bis mesoskopischen Bereich nur ausnahmsweise echte ac-Klüfte, meistens aber beliebig orientierte (hkl)-Klüfte, seltener (0kl)-Klüfte vorkommen. Im makroskopischen Bereich stehen aber die Maxima der Hauptkluftsysteme senkrecht auf den grosstektonischen Faltenachsen, was uns ein Vergleich der Fig. 29a, b mit Fig. 27 bestätigt.

Die Zahl der Mineralklüfte und der Minerale pro Paragenese nimmt gegen die tektonisch höheren Einheiten gewöhnlich zu. Beachtenswerte Klufftminerale, deren Verbreitung aus Tafel I ersichtlich ist, treten erst in der Monte-Leone-Decke auf:

Quarz, Calcit, Dolomit, Epidot, Titanit, Plagioklas vom Periklintyp, Adular, Hellglimmer, Biotit, Chlorit, Pyrit, Hämatit, Rutil und schliesslich Zeolithe (Heulandit und Chabasit).

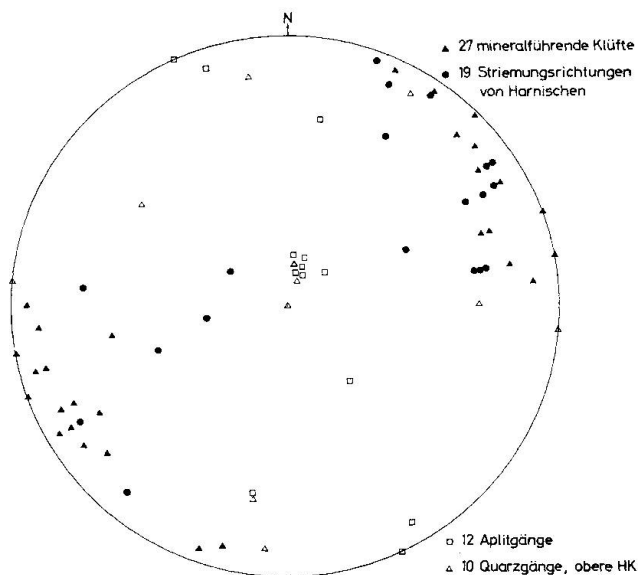


Fig. 30. Mineralklüfte, Harnischstreifen, Aplit- und Quarzgänge in stereographischer Projektion.

K_3 (senkrecht auf B_3) stellt die dominierende Klüftungsrichtung dar; sie überprägt das K_2/B_2 -System. K_4 und auch K_1 verlaufen parallel zu Aplit- und Quarzgängen (Fig. 30). Lediglich senkrecht zu B_5 tritt kein ausgeprägtes Kluffsystem auf.

In einem grösseren tektonischen Rahmen gesehen, besteht meiner Meinung nach eine genetische Beziehung zwischen einzelnen Kluftsystemen und den linearen Parallelt Texturen, da zu jedem B-Achsensystem ein dazu senkrechtes ac-Kluftsystem auftritt.

Quarzgänge, auch wenn sie parallel zu voralpinen Aplitgängen verlaufen, stellen mehrheitlich spätalpine Mobilisate dar, die oftmals die Textur des Nebengesteins durchbrechen.

Bei der Forca del Giove, am Kontakt von psephitischen, karbonatreichen Gneissen (L_{PK}) mit arkoseartigen Schiefern bis Gneissen (L_P), kann man quer dazu durchschlagende Scharen von Quarzgängen beobachten. Es handelt sich dabei um die Ausheilung NE-SW streichender und 20° SE fallender Scherklüfte mit Quarz. Dabei wird das Hangende jeweils um dm- bis m-Beträge relativ nach W über den liegenden Teil aufgeschoben. Denselben Bewegungssinn haben wir übrigens schon bei den rotierten Granaten und den detritischen Alkalifeldspat-Idioblasten in L_P , E Lago Busin, kennengelernt (vgl. Diss. Joos).

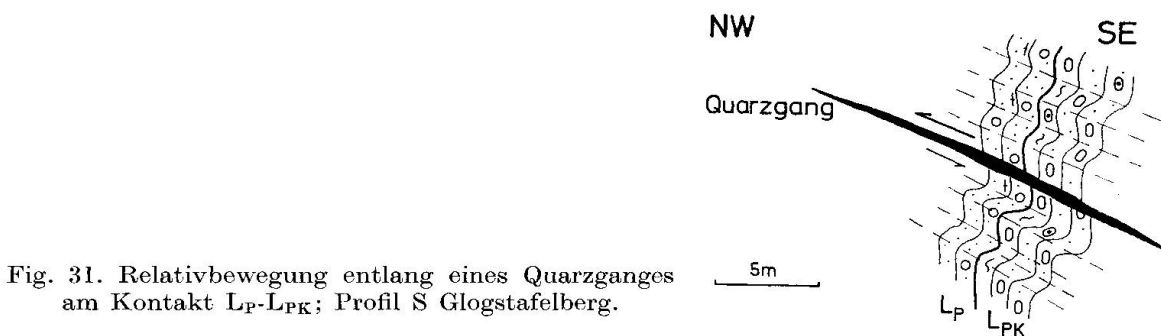


Fig. 31. Relativbewegung entlang eines Quarzganges am Kontakt L_P - L_{PK} ; Profil S Glogstafelberg.

Die Hauptstörungszonen verlaufen im Oberwallis SW-NE, bzw. SE-NW und drehen gegen das Antigoriotal hin nach N-S und E-W um. In der Monte-Giove-Gebirgskette herrschen ungefähr E-W streichende, saigere Bruchzonen mit beträchtlichen Verwerfungs- und Horizontalverstellungsbeträgen vor (Tafel I). Diese weisen namentlich am Westhang des Pomat gegenüber Grovella (Gurf) und an der Gebietsgrenze, S der Bocchetta della Valle, eine Sprunghöhe von 80–100 m auf. Auch bei kleineren Verstellungen ist jeweils der Nordflügel gegenüber dem Südteil abgesackt. Am Lebendunbach lässt sich wahrscheinlich auch eine rotationsartige Schollenbewegung erkennen, die sich vom Lebendunsee bis zum Kontakt von L_B mit T verfolgen lässt. Bei der Lebendunalp ist das Gebiet nördlich des Baches gegenüber jenem südlich davon deutlich abgesackt, während talauswärts gegen den eben erwähnten Kontakt hin der Versetzungsbetrag sich zusehends verringert (vgl. Geol. Karte).

LITERATURVERZEICHNIS

Eclogae = Eclogae geologicae Helvetiae

SMPM = Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen

- BARTH, T. F. W., CORRENS, C. W. und ESKOLA, P. (1939): Die Entstehung der Gesteine. Springer, Berlin.
- BURCKHARDT, C. E. (1942): Geologie und Petrographie des Basodino-Gebietes. SMPM 22, 99–186.
- CASTIGLIONI, G. B. (1956): Osservazioni geologico-petrografici nella zona di Baceno e Premia in Val d'Ossola. Atti Soc. ital. Sci. nat. 95/3–4, 223–266.
- FRIZ, C. (1963): La serie stratigrafica del ricoprimento penninico inferiore del Lebendun in alta Val Formazza (Alpi Lepontine). Estr. dalle Mem. Acc. Patavina, Cl. di Sci. Mat. e Nat., Vol. 75.
- (1965a): Lineamenti geologici della zona circostante alla cascata della Toce (alta Val Formazza). Rend. Acc. Naz. Lincei (8), 37, 468–474.
- (1965b): La presenza di un livello equivalente ai Quartenschiefer del Gottardo entro il Mesozoico del ricoprimento penninico inferiore del Lebendun (alta Val Formazza). Rend. Acc. Naz. Lincei (8), 38, 890–896.
- GÜNTHER, A. (1954): Beiträge zur Petrographie und Geologie des Maggia-Lappens (NW-Tessin). SMPM 34/1, 1–159.
- (1958): Erläuterungen zu Blatt Basodino. Geol. Atlas der Schweiz 1 : 25 000.
- HANSEN, J. (1970?): Geologie und Petrographie des oberen Val Formazza. Diss. Univ. Basel (in Vorb.).
- HUNZIKER, J. (1966): Zur Geologie und Geochemie des Gebietes zwischen Valle Antigorio (Prov. di Novara) und Valle di Campo (Kt. Tessin). SMPM 46/2, 473–552.
- JÄGER, E., NIGGLI, E. und WENK, E. (1967): Rb-Sr-Altersbestimmungen an Glimmern der Zentralalpen. Beitr. geol. Karte Schweiz, NF 134.
- Joos, M. (1967): Über die Herkunft der Lebendunserie. Eclogae 60/1, 151–155.
- (1969): Zur Geologie und Petrographie der Monte Giove-Gebirgsgruppe im östlichen Simplon-Gebiet (Novara, Italia). Diss. Univ. Basel (Manuskript).
- LISKAY, M. (1965): Geologie der Sedimentbedeckung des südwestlichen Gotthard-Massivs im Oberwallis. Eclogae 58/2, 901–965.
- LÜTHY, H. J. (1965): Geologie der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung und der penninischen Bündnerschiefer im Blinnental, Rappental und Binnental (Oberwallis). Diss. Univ. Bern.
- MILNES, A. G. (1965): Structure and History of the Antigorio Nappe (Simplon Group, North Italy). SMPM 45/1, 167–178.
- REINHARD, M. (1931): Universaldrehtischmethode. Wepf, Basel.
- REINHARDT, B. (1966): Geologie und Petrographie der Monte Rosa-Zone, der Sesia-Zone und des Canavese im Gebiet zwischen Valle d'Ossola und Valle Loana (Prov. di Novara, Italia). SMPM 46/2, 553–678.
- RITTMANN, A. (1929): Die Zonenmethode. SMPM 9, 1–46.
- RODGERS, J. und BEARTH, P. (1960): Zum Problem der Lebendundecke. Eclogae 53/1, 169–178.
- SCHMIDT, C. und PREISWERK, H. (1908): Erläuterungen zur geologischen Karte der Simplongruppe 1 : 50 000. Geol. Spezialkarte Schweiz, Nr. 6.
- SHELLEY, D. (1967): Myrmekite and myrmekite-like intergrowths. Miner. Mag. 36, 401–424.

- STECK, A. (1966): Petrographische und tektonische Untersuchungen am Zentralen Aaregranit und seinen altkristallinen Hüllgesteinen im westlichen Aarmassiv. Beitr. geol. Karte Schweiz, NF 130.
- STEIGER, R. H. (1962): Petrographie und Geologie des südlichen Gotthardmassivs zwischen St. Gotthard- und Lukmanierpass. SMPM 42/2, 381–577.
- STRECKEISEN, A. (1965): Junge Bruchsysteme im nördlichen Simplon-Gebiet (Wallis, Schweiz). Eclogae 58/1, 407–416.
- (1967): Classification and Nomenclature of Igneous Rocks. N. Jb. Miner. Abh. 107, 2/3, 144–240.
- TROMMSDORFF, V. (1966): Progressive Metamorphose kieseliger Karbonatgesteine in den Zentralalpen zwischen Bernina und Simplon. SMPM 46/2, 431–460.
- TRÜMPY, R. (1960): Paleotectonic Evolution of the Central and Western Alps. Bull. Geol. Soc. Amer. 71, 843–908.
- WENK, E. (1955): Eine Strukturkarte der Tessiner Alpen. SMPM 35/2, 311–319.
- (1962): Plagioklas als Indexmineral in den Zentralalpen. Die Paragenese Calcit-Plagioklas. SMPM 42/1, 139–152.
- WENK, E. und GÜNTHER, A. (1960): Über metamorphe Psephite der Lebendun-Serie und der Bündnerschiefer im NW-Tessin und Val d'Antigorio, ein Diskussionsbeitrag. Eclogae 53/1, 179–188.
- WENK, E. und TROMMSDORFF, V. (1965): Parallelgefüge und Glimmerregelung im südöstlichen Teil der Simplongruppe. Eclogae 58/1, 417–422.
- WIELAND, H. (1966): Zur Geologie und Petrographie der Valle Isorno (Novara, Italia). SMPM 46/1, 189–303.
- WINKLER, H. G. F. (1965/67): Die Genese der metamorphen Gesteine. Springer, Berlin.
- WÜTHRICH, H. (1965): Rb-Sr-Altersbestimmungen am alpin metamorph überprägten Aarmassiv. SMPM 45/2, 875–972.

Manuskript eingegangen am 30. April 1969.

Leere Seite
Blank page
Page vide

Photo 1. Schwach diskordante Aplit-
ader und \pm konkordante Linsen von
feinkörnigem Biotit in Augengneiss
(2.14), Steinbruch Rivasco.

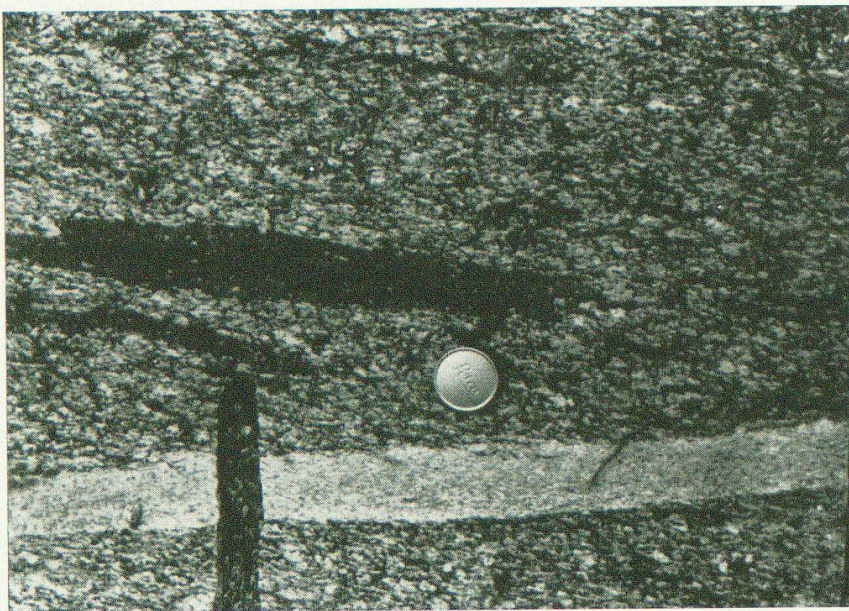


Photo 2. Zonarer Orthit (Vergr.
 ~ 600 fach, xN), von Biotit (lks.)
und Plagioklas umgeben. Erklärung
im Text (S. 284).

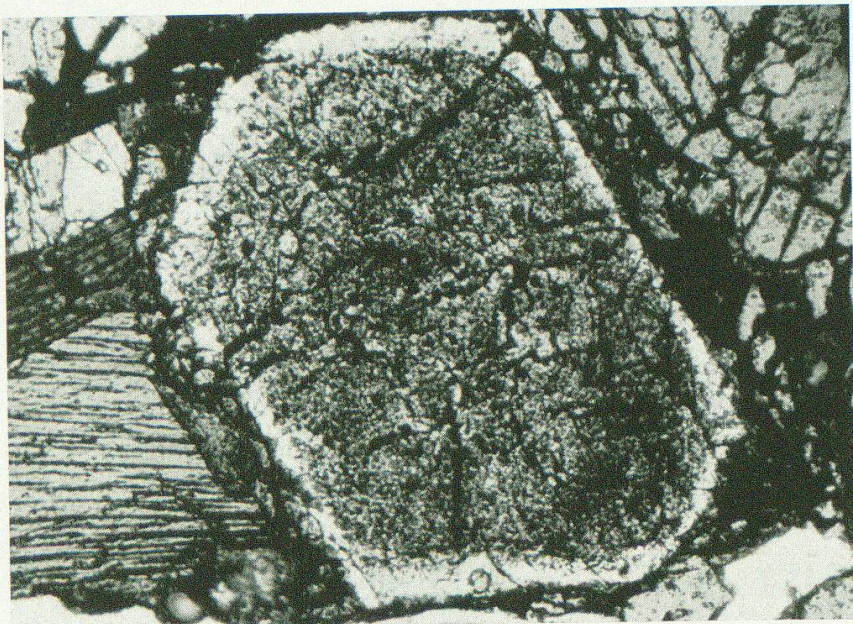


Photo 3. Serizitschiefer mit grob-
schuppigem Biotit und Hornblende-
garben aus L_M . Handstück links
stammt vom Westufer des Lago
Busin (Koord.: 671.0/134.65), jenes
rechts kommt von 50 m S Frua di
sopra (675.0/140.65).



PHOTOTAFEL II

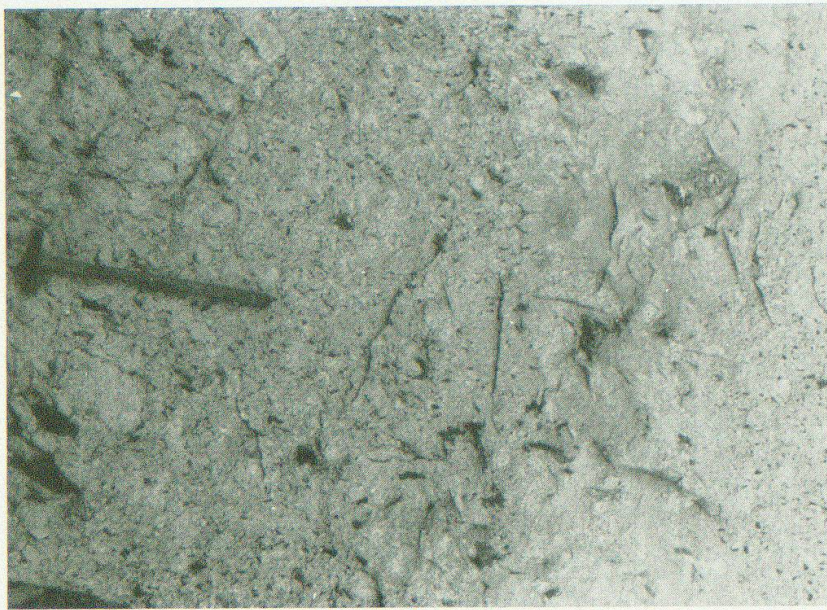


Photo 4. Senkrecht zur Stoffbänderung (= parallel Hammerstiel) verschiebte brekziöse Partie mit fein- und grobsephitischer Wechsellagerung. Vermutlich repräsentiert ein Teil der Biotitbutzen, die in L_{PK} selten fehlen, echte Gerölle und nicht nur Sammelkristallisation von zerissenen, ursprünglich tonigen Einschaltungen. N Pta. Glogstafel (672.8/136.1).

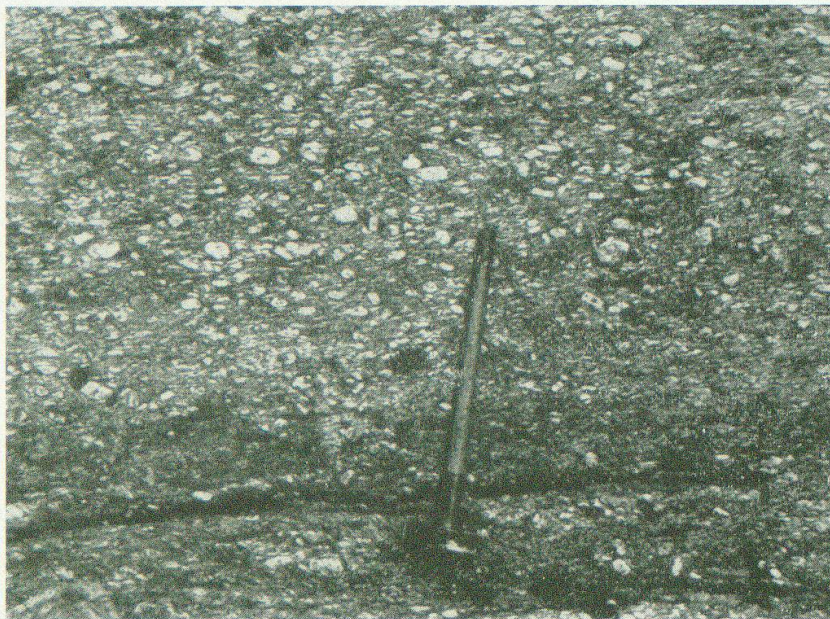


Photo 5a,b. Augengneiss mit ? detritischen Alkalifeldspatäugen. Diese sind senkrecht B rotiert, und zwar hauptsächlich in Richtung der Pfeilsignatur (= E-W) auf dem unteren Ausschnitt (Koord.: 671.65/134.9).

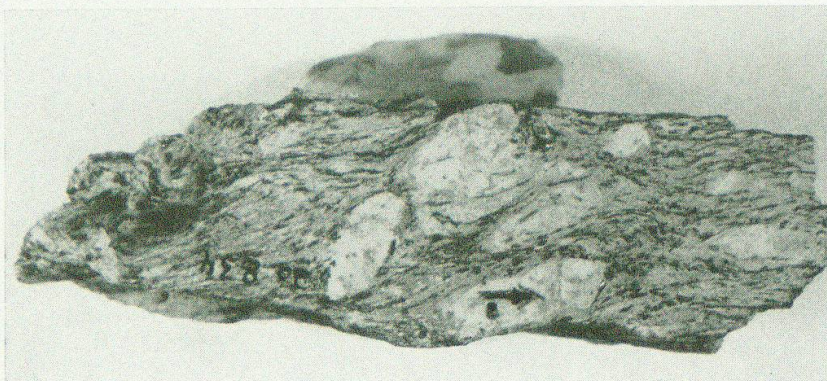




Photo 6. Konglomeratgneiss vom Westufer des Lago Busin. Am oberen Bildrand findet ein Übergang in einen Augengneissshorizont statt (Koord.: 671.1/134.0). Photo: P. Burri.

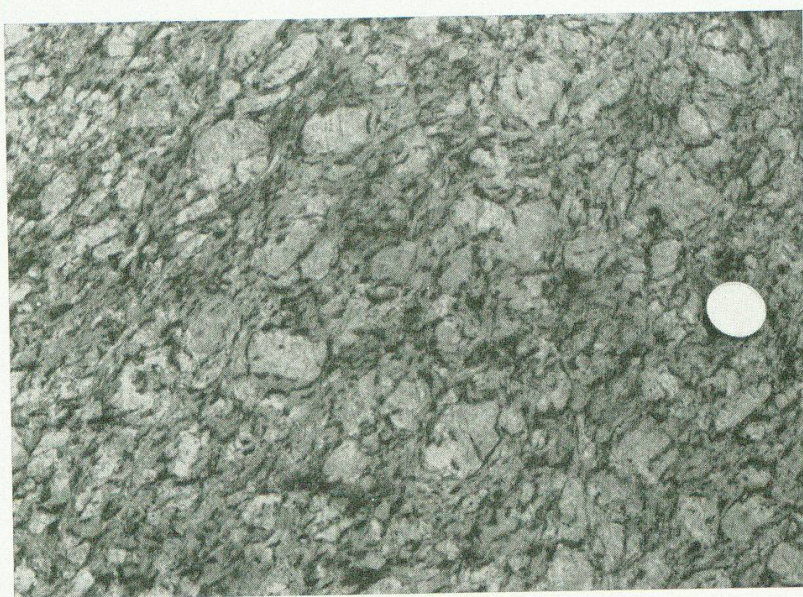


Photo 7. Riesenaugengneiss mit idio-blastischem Kalifeldspat in blastomylonitischem Gefüge (Koord.: 669.25/137.6).

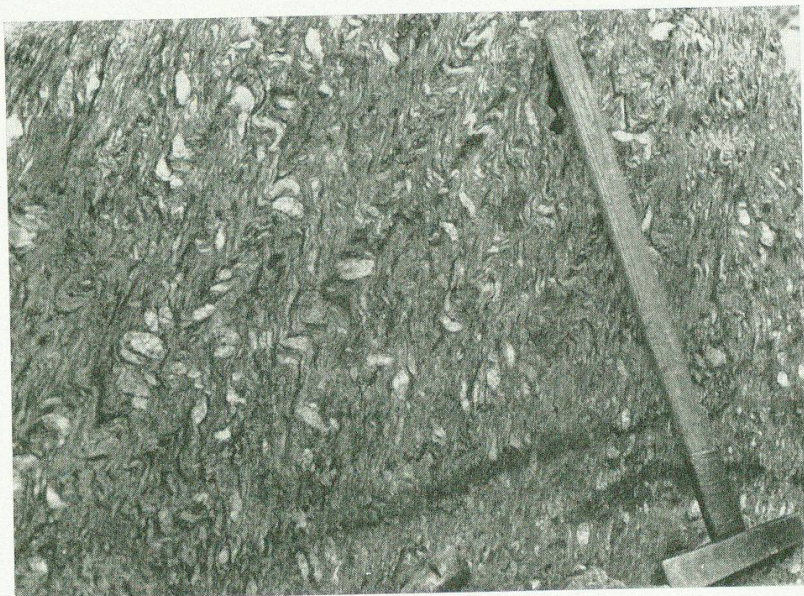


Photo 8. Bändriger Augengneiss vom Typus 2.24 (Koord.: 669.8/138.95).

PHOTOTAFEL IV

Photo 9. Psephitisch-psammitische Wechsellagerung
am L_P/L_{PK} -Kontakt. Laghetti Creil, E Monte Giove
(Koord.: 673.75/134.6).

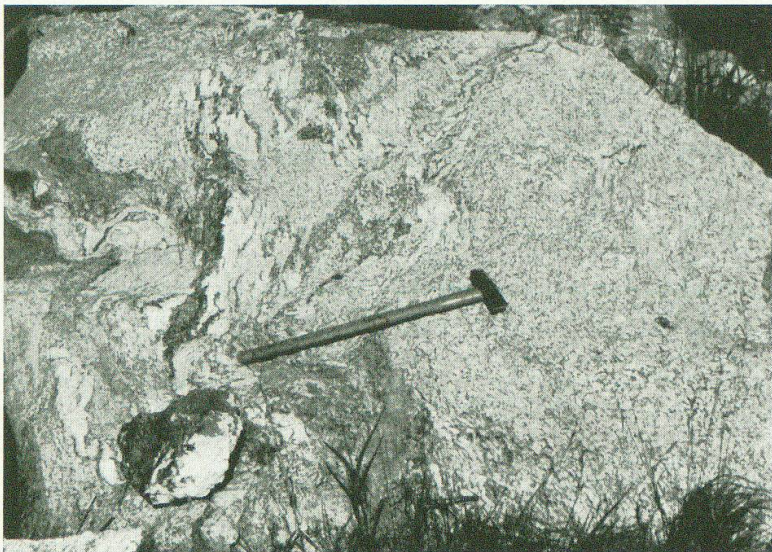
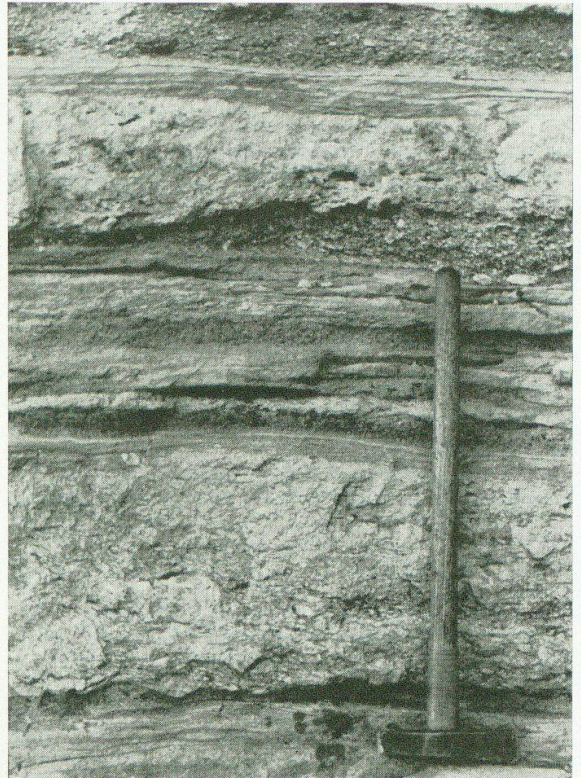


Photo 10. Migmatit L_B (Koord.: 673.6/
136.1).

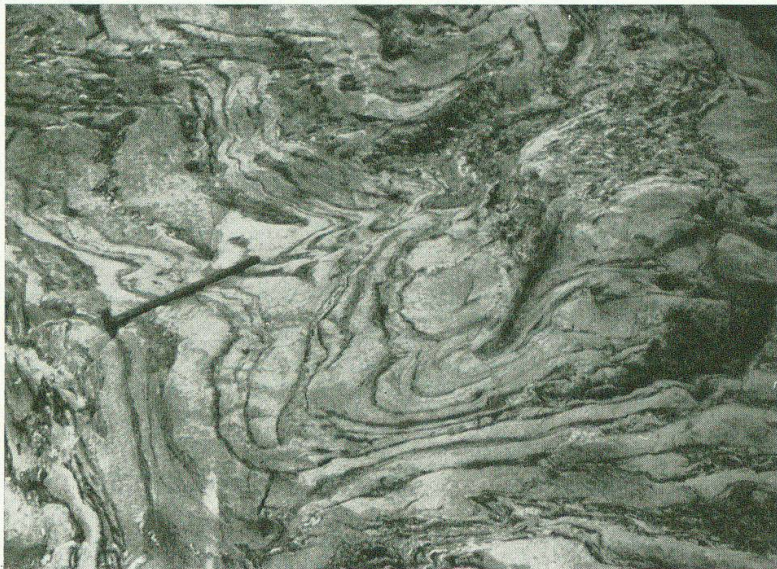


Photo 11. Intensiv gefältelter Bänder-
gneiss L_{PK} (672.8/135.5).

Photo 12. Psephitgneiss zeigt stark
mit der Matrix verbackene Kompo-
nenten (Koord.: 673.4/136.4).



Photo 13. Biotit-Karbonat-reicher
Konglomeratgneissblock, Kar N
Monte Giove auf 2300 m.

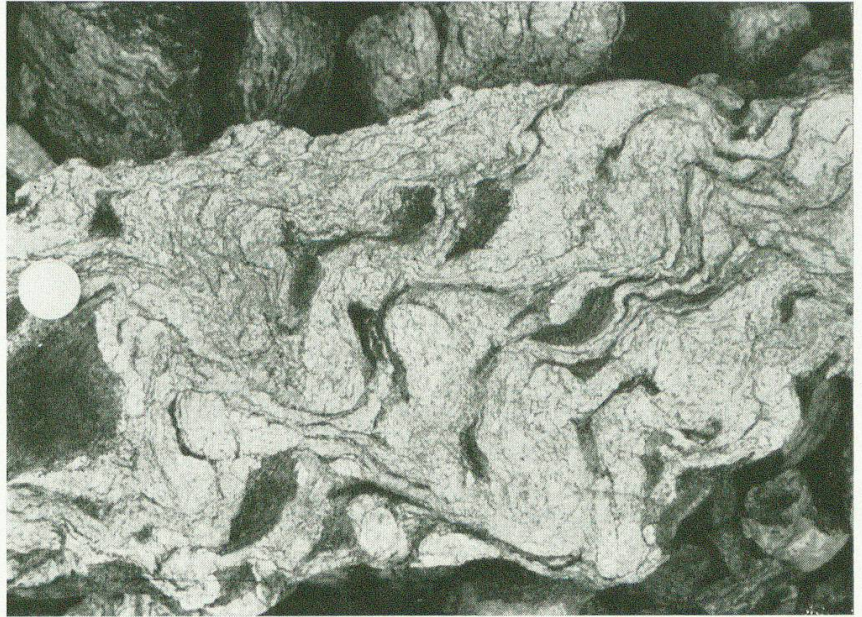


Photo 14. Biotit-Karbonat-reicher
Augengneiss-Psephitblock, Kar N
Monte Giove auf 2300 m (Ausschnitt
ca. 80 × 60 cm).



Leere Seite
Blank page
Page vide

Geologisch-petrographische Karte der Monte Giove-Gebirgsgruppe

von M.G. JOOS 1962-65

LEGENDE:

ZEICHEN

- Quelle
- Stollenfenster
- Phakoide
- Biotitlinse in L_4 u. L_{PK} , in A
- Karbonatlinse in L_B - L_P
- Amphibolitlinse oder -geröll
- Quarzgang, Quarzlinse
- Aplit
- Pegmatit
- basischer Gang
- Fältelung
- stratigraphische Diskordanz
- konkordanter Kontakt
- tektonischer Kontakt
- kleiner oder vermuteter Bruch
Bruch, Rutschzone, Transversalverschiebung
- Gesteins- und Klutminerale
- Biotit-Isotopenalter in Mio a

L_P LEBENDUN-SERIE L_P - L_B

- 2336 Chloritschiefer
- 2335 Zweiglimmergneise
- 2334 Amphibolite
- 2333 karbonatische Zweiglimmerschiefer
- 2332 Zweiglimmerschiefer bis -gneise
- 2331 Psephitgneise

L_{PK}

- 2326 leukokrate Gneise von massiger Textur
- 2325 Bändergneise
- 2324 Psephitgneise mit amphibolreicher Matrix
- 2323 Psephitgneise mit glimmerreicher Matrix
- 2322 Psephitgneise mit karbonatischer Matrix
- 2321 Psephitgneise mit quarzreicher Matrix

L_B

- 2312 granatführende Zweiglimmergneise
- 2311 plattige Zweiglimmergneise
- 2311 mesokrate Zweiglimmeraugengneise

MONTE LEONE-DECKE

- 229 hornblendeführende Gneise
- 229 Bänderamphibolite
- 229 Amphibolite bis Hornblendefelse
- 228 turmalinführende Gneise
- 227 granatführende Gneise
- 225 feinkörnige Zweiglimmergneise
- 224 gebänderte Zweiglimmergneise
z.T. mit grossen Augen
- 223 Zweiglimmeraugengneise
- 222 Riesenaugengneise
- 221 Aplitgneise

ANTIGORIO-DECKE

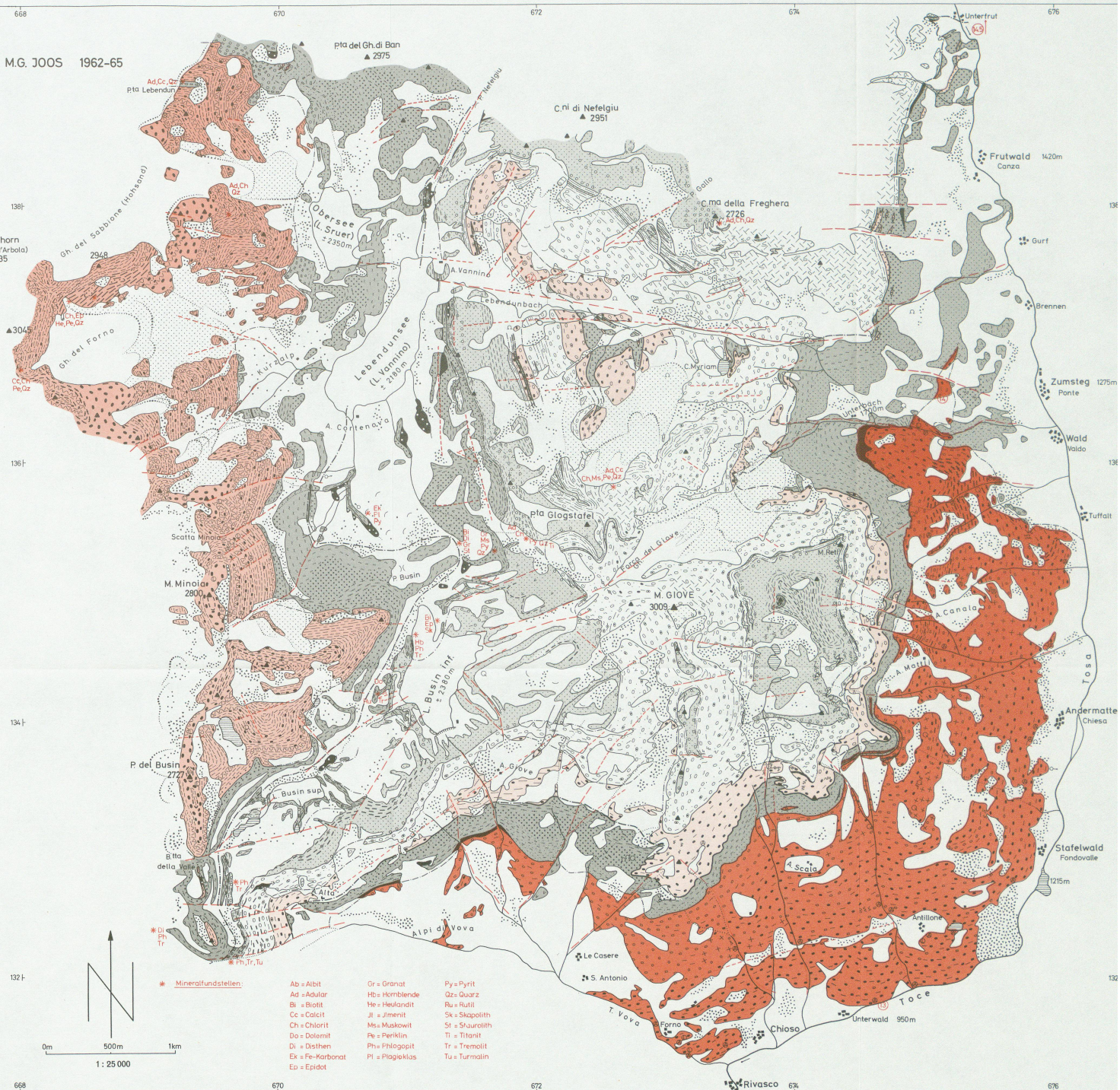
- 217 Hornblendefelse
- 216 Amphibolite
- 215 biotitreiche Gneise
- 214 biotitreiche Augengneise
- 213 Biotitgneise (Metagranodiorite)
- 212 oft augige Zweiglimmergneise
- 211 Granite bis glimmerarme Gneise

QUARTÄR

- Alluvionen, Gehängeschutt, Gletscher
- recente Moräne
- Moränenwall
- Blockschutt
- Felssturz
- Sackung
- Rutschung

alpin metam. MESOZOIKUM (T, L_B, W)

- 2410 granatführende Zweiglimmerschiefer
- 249 karbonatische Zweiglimmerschiefer
mit Qz- u. Cc-Knauern
- 248 karbonatische Zweiglimmerschiefer
- 247 karbonatische Zweiglimmerquarzite
- 246 Psephite
- 245 Porphyroblastenschiefer ("Quartarschiefer")
- 244 Cc - Marmor
- 243 Rauwacke
- 242 zuckerkörniger Dolomit



Ab = Albit
Ad = Adular
Bl = Biotit
Cc = Calcit
Ch = Chlorit
Do = Dolomit
Di = Diagenese
Ei = Fe-Karbonat
Ep = Epidot

Gr = Granat
Hb = Hornblende
He = Heulandit
Jl = Jilmenit
Ms = Muskowit
Ph = Phlogopit
Pl = Plagioklas

Py = Pyrit
Qz = Quarz
Ru = Rutit
Sk = Skapolith
St = Staurolith
Ti = Titanit
Tr = Tremolit
Tu = Turmalin

Leere Seite
Blank page
Page vide

