

Zur Geologie, Petrographie und Geochemie der Bündnerschiefer-Serien zwischen Nufenenpass (Schweiz) und Cascata Toce (Italia)

Autor(en): **Hansen, Jörg W.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **52 (1972)**

Heft 1

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-40600>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Zur Geologie, Petrographie und Geochemie der Bündnerschiefer-Serien zwischen Nufenenpass (Schweiz) und Cascata Toce (Italia)

Von *Jörg W. Hansen* (Basel)*)

Mit 27 Textfiguren, 11 Tabellen und 2 Tafeln

Summary. The Bündnerschiefer-series between the Gotthard-massif and the Lebendun are mapped and petrographically described. A new tectonic outline is given. Then 22 total-rock-analyses, 11 biotite and 7 muscovite analyses are discussed with regard to the distribution of elements and to the metamorphism of the region.

Riassunto. Il rilevamento geologico e petrografico delle calcescisti entro il massivo del S. Gottardo e il Lebendun fa la prima parte di questo lavoro. La loro posizione tettonica è esaminata. I risultati delle analisi di 22 campioni di rocce, di 11 biotiti e di 7 muscoviti mostrano la distribuzione degli elementi, nonché il grado di metamorfismo regionale.

Inhalt

Vorwort	111
1. Einleitung	111
2. Tektonische Übersicht	112
2.1. Gotthard-Massiv und massivische Sediment-Bedeckung (Nufenen-Zone) . .	112
2.2. Penninikum	114
2.2.1. Bedretto-Zone	114
2.2.2. Veglia-Zone	115
2.2.3. Lebendun-Serie	115
3. Stratigraphie	116
3.1. Karbon – Perm	116

*) Mineralogisch-petrographisches Institut, Bernoullianum, CH-4056 Basel.

3.2. Mesozoikum	116
3.2.1. Trias	116
3.2.2. Jura	117
3.2.21. Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung	117
3.2.22. Bedretto-Zone und Veglia-Zone	118
3.2.23. Lebendun-Mesozoikum	118
4. Petrographie.	118
4.1. Der Gesteinsinhalt der stratigraphischen Horizonte	118
4.1.1. Perm	118
4.1.11. Lebendun-Gneisse	118
4.1.12. Lebendun-Konglomeratgneisse (Psephitgneisse)	119
4.1.13. Lebendun-Schiefergneisse	120
4.1.14. Marmor	120
4.1.2. Trias	120
4.1.21. Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung	120
4.1.22. Bedretto-Zone	121
4.1.23. Veglia-Zone	122
4.1.24. Lebendun-Mesozoikum	123
4.1.3. Jura	124
4.1.31. Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung	124
4.1.32. Bedretto-Zone	124
4.1.33. Veglia-Zone	124
4.1.34. Lebendun-Mesozoikum	125
4.2. Lithologische Zusammenfassung zu Gesteinsgruppen	125
5. Chemismus	125
5.1. Gesteine	132
5.2. Minerale	135
5.2.1. Biotit	135
5.2.2. Muskovit	137
5.2.3. Feldspäte	139
5.2.4. Chloritoid – Staurolith – Disthen	139
5.2.5. Turmalin	139
5.2.6. Orthit	139
5.2.7. Epidot – Zoisit	140
5.2.8. Ilmenit – Rutil – Titanit	140
5.2.9. Pyrit	141
5.2.10. Graphit	141
6. Paragenesen	142
7. Metamorphose	144
Literatur	149

Vorwort

Auf Anregung meines verehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. E. Wenk, entstand in den Jahren 1962–1967 die hier vorliegende Arbeit. Ihm und Herrn Prof. Dr. H. Schwander, der mich in verdankenswerter Weise in die Analysenmethoden einführte, sowie Herrn Prof. Dr. P. Bearth, der durch viele Exkursionen und Diskussionen am Zustandekommen dieser Arbeit beteiligt war, all meinen Studienkollegen, besonders aber den HH. Dres. Hunziker, Joos und Stern, sei mein herzlicher Dank ausgesprochen.

Ferner danke ich Frau G. Mathis-Rechsteiner und Frl. E. Nebel für ihre gewissenhafte Laborarbeit, sowie Herrn H. A. Hänni für die Herstellung sämtlicher Dünnschliffe und deren Hochpolitur für die Röntgen-Mikrosonde.

1. EINLEITUNG

Seitdem SCHMIDT, PREISWERK und STELLA 1908 ihre Simplonkarte fertig aufgenommen haben, ist das hier beschriebene Gebiet bis vor kurzem kaum mehr je von geologischer Seite bearbeitet worden. Da bei der Neuaufnahme einige Änderungen zu verzeichnen sind, habe ich in der vorliegenden Arbeit

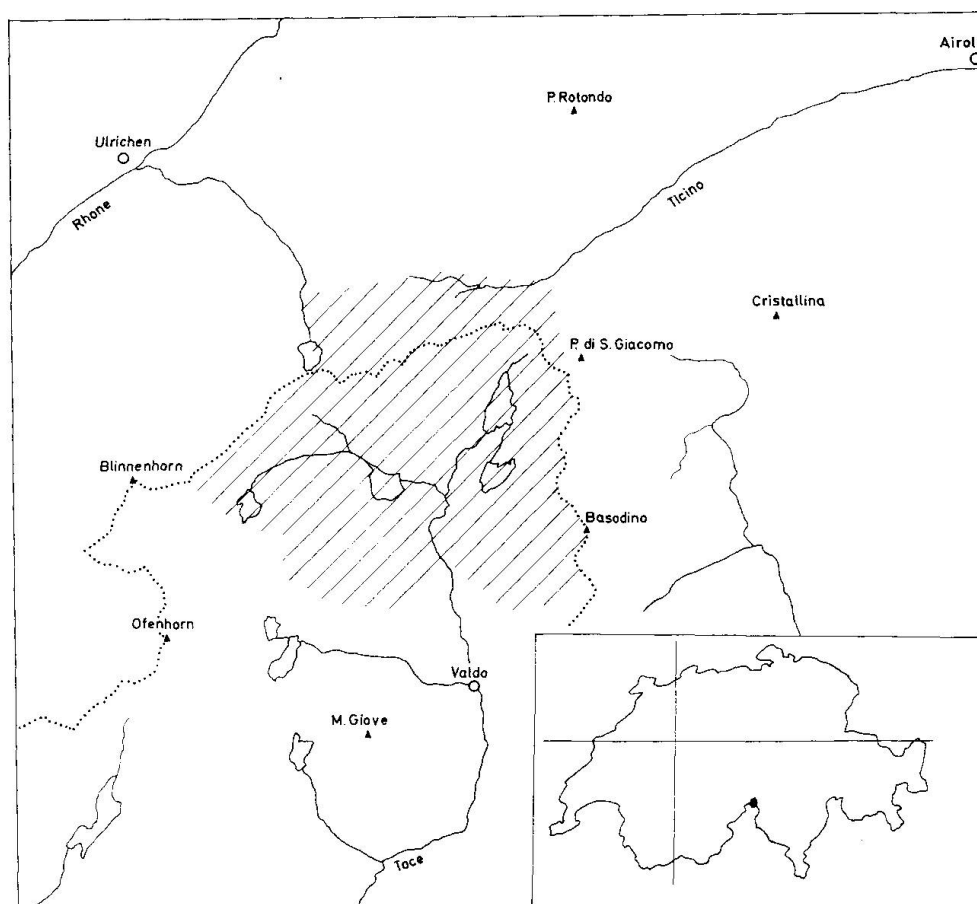


Fig. 1. Topographische Übersichtskarte (kartiertes Gebiet schraffiert).

die Tektonik und die Stratigraphie vorangestellt, um Wiederholungen möglichst vermeiden zu können.

Das kartierte Gebiet liegt zum grössten Teil auf italienischem Boden: in den obersten Verzweigungen des Val Formazza (Pomat), und zu einem kleinern Teil in der Schweiz, nämlich im oberen Aegidental (VS) und im oberen Val Bedretto (TI).

Als Kartierungsgrundlage diente die Vergrösserung der Landeskarte der Schweiz 1 : 50 000, Blatt 265 Nufenenpass, sowie das Fol. 5 (Passo di S. Giacomo) der Carta d'Italia 1 : 25 000.

Das Schwergewicht der Arbeit liegt auf den monometamorphen Bündnerschiefer-Serien, die den grössten Teil des ganzen Gebietes aufbauen. Die Lebendun-Serie ist ja im S angrenzenden Gebiet von Joos (1969) im Detail beschrieben worden.

2. TEKTONISCHE ÜBERSICHT

2.1. Gotthard-Massiv und massivische Sediment-Bedeckung (Nufenen-Zone)

(Siehe Fig. 2, 3, 26, 27)

Im hier untersuchten Gebiet grenzt diskordant die mittlere Gneisszone der Pratoserie (= südlichster Teil der Cavannaserie) (HAFNER, 1958) an die Arkose, den Dolomit und die Rauhwacke als tiefsten Teil der mesozoischen Sediment-Bedeckung des Gotthard-Massivs. Vom Aegidental über den Nufenenpass bis Paltano zieht eine schmale Trias-Lamelle; sie ist nur selten aufgeschlossen und verschwindet gegen Osten unter dem Schutt des Ticino, sowie unter versackten Teilen des Gotthard-Massivs. Es lassen sich hier also nirgends „autochthone Serien“ im Sinne BAUMERS (1961, 1964) nachweisen, vielmehr hat die ganze Nufenen-Zone in obigem Sinne parautochthonen Charakter.

Zwischen Gotthard-Massiv Kristallin und dem Griessee setzt sich die Nufenen-Zone aus vier isoklinalen Grossfalten zusammen, die in sich z. T. wieder verfaltet, z. T. auch verschuppt sein können (LISZKAY 1966). Die Faltenachsen fallen dabei meist ca. 30° E (PLESSMANN 1958). Lokal, am Fusse des Nufenenstocks im Aegidental, variiert das Achsenfallen von 0° bis 90°.

Auf Grund zweier Kristallin-Linsen (Grösse ca. 2 × 5 m), sowie eines verfalteten, in der gleichen Zone auftretenden Muskovitgneisses, glaubte OBERHOLZER (1956) aus dem südlichsten Teil der Nufenen-Zone, der nur am E-Ufer des Griessees schlecht aufgeschlossen ist, eine Antiklinale mit Kristallin-Kern machen zu müssen (die sog. Corno-Schuppe). Bei den Kristallin-Linsen handelt es sich um eine Biotit-Granit-Brekzie aus max. pflastersteingrossen Bruchstücken, die mit weissem, grobkörnigem Marmor wieder verbacken sind. Weiter E habe ich einen weitem Muskovitgneiss in konglomeratischer Ausbildung

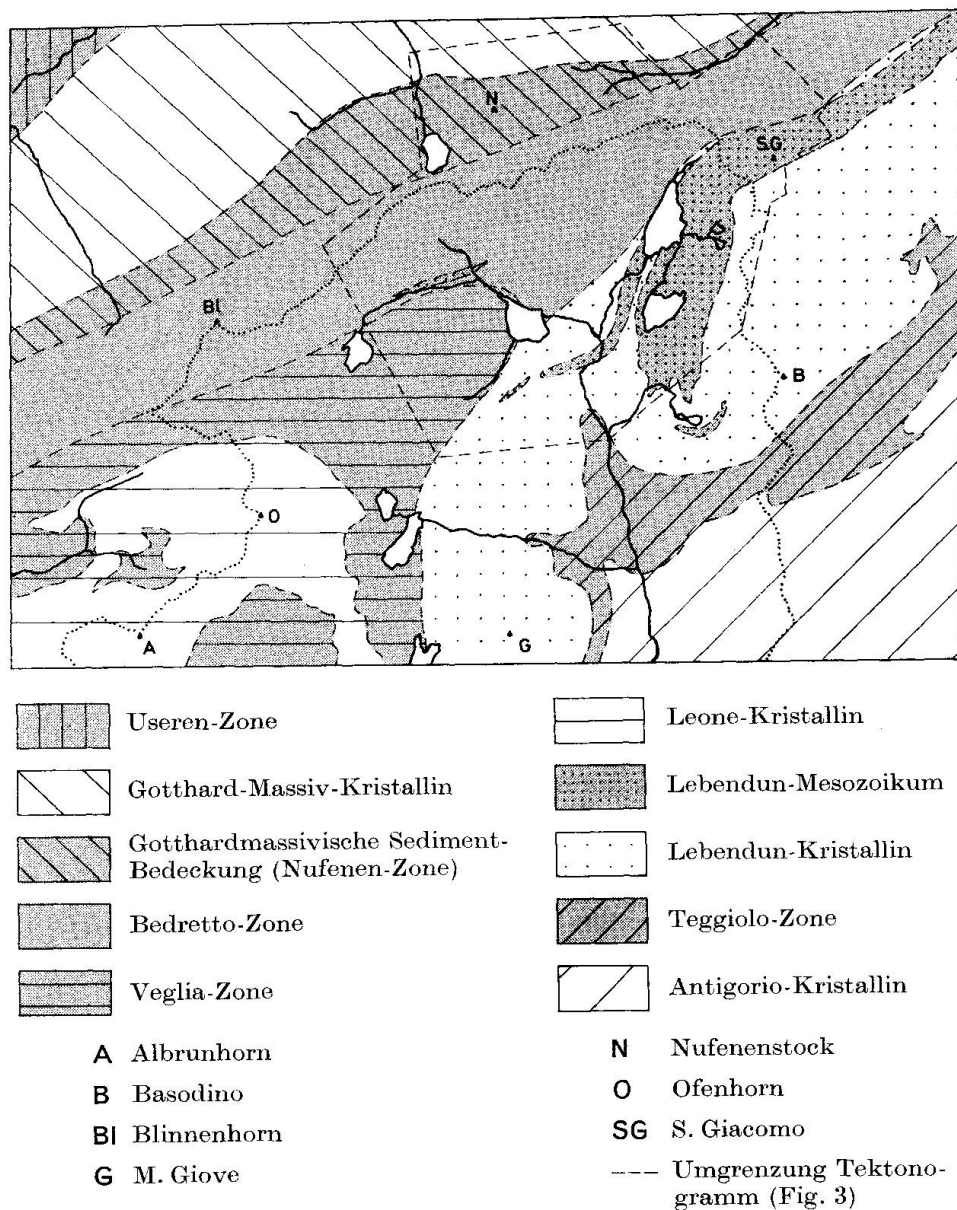


Fig. 2. Tektonische Übersichtskarte. Massstab 1:200 000.

(mit Bündnerschiefer-Komponenten, nach b gelängt, $\varnothing$ 10 cm), sowie in einem Bachgraben von La Traversa in der gleichen Zone einen Sandstein gefunden. So komme ich zur Auffassung, dass es sich hier um eine küstennahe Bildung handeln muss, um so mehr, als sich der Gesteinszug an einen in diesem Gebiet sonst nicht vorkommenden groben Marmor (Korndurchmesser 5 mm) anschliesst, in dem sich grosse Erz- (Pyrit-) Konkretionen befinden ($\varnothing$ 8 cm). Die ganze Erscheinung ist vielleicht am ehesten als untermeerische Rutschung zu erklären. Die Schiefer der unmittelbaren Umgebung jedenfalls gehören eindeutig zur Nufenen-Zone. Über Faltung und Schuppung lässt sich hier

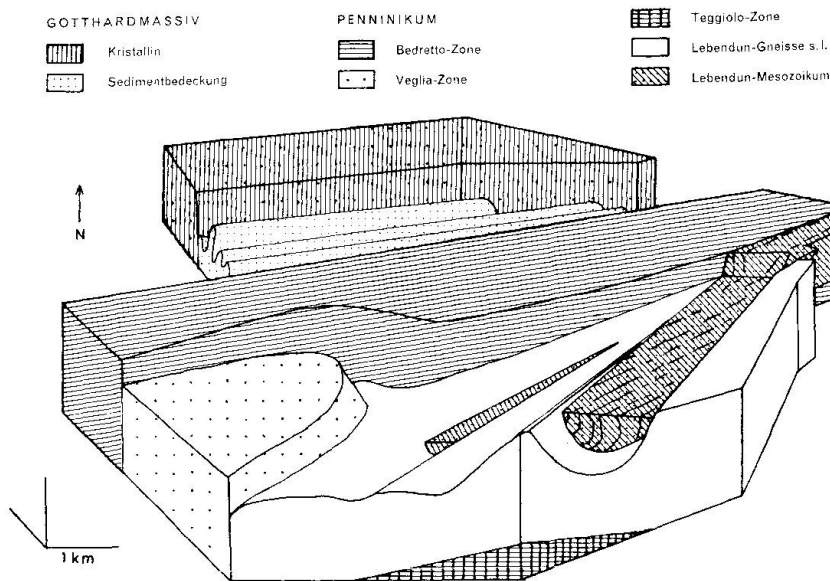


Fig. 3. Schematisches Tektonogramm.

aber nichts mehr aussagen. LÜTHI (1965) bestimmte im W angrenzenden Gebiet, wo die Aufschlüsse etwas besser sind, sicher acht Wiederholungen.

2.2. Penninikum

2.2.1. Bedretto-Zone

Südlich daran angeschoben und von der Nufenen-Zone durch eine schmale, tektonisierte, brekziöse Rohwacke getrennt, erhebt sich die mächtige Serie der $\pm$ senkrecht stehenden Bündnerschiefer der sog. Bedretto-Mulde. Den Muldencharakter bezweifelte schon LÜTHI (1965). Nach seiner Darstellung wäre die Feldebachzone schuppentrennendes Element. Dass dies nicht der Fall sein kann, zeigt unsere Kartierung (s. Kap. 2.2.2 Veglia-Zone). Vielmehr bildet ein Dolomit-Zug (Bettelmatt-Gh. Valrossa-Pt. 2489-Stabbiaccio) die Trennung der zwei Schuppen. Die S-Schuppe scheint dabei vollständiger zu sein, lässt sich doch in ihr eine langsame Änderung im Kalzit-Quarz-Verhältnis nachweisen.

Am Cno. Bruni und Cno. Mut treten zusätzlich noch Linsen von Arkosen und Konglomeraten, z. T. auch Glimmerquarzite und Sandsteine auf (max. Grösse 10×250 m). Sie führen meist auch etwas Karbonat. Möglicherweise lassen sie sich mit den – allerdings etwas anders aussehenden – Bündnerschieferkonglomeraten am Pzo. Grandinascia verbinden (BURCKHARDT 1942, GÜNTHER 1954).

Ich nehme an, dass STAUB (1958), ausgehend von solchen Konglomeraten, die in allen diesen Bündnerschiefer-Serien sporadisch auftreten, die N der Leone-Decke eingezeichneten Teile der „Lebendun-Decke“, sowie die „tieferen

Visper-Schuppen“ mit beträchtlicher Mächtigkeit bis in dieses Gebiet nach E verlängert. Ich kann das nicht bestätigen, ebensowenig wie LÜTHI (1965) im W daran anschliessenden Gebiet das tun konnte.

2.2.2. Veglia-Zone

Als nächst südliches Element tritt von W her die Veglia-Zone in unser Kartenbild. Im Binnatal bekannt unter dem Namen Feldbach-Zone, zieht diese Schiefer-Serie über den Hohsandgletscher zum Banhorn und bildet dort eine Schlinge, deren Achse im Hochtal des Rio di Ban mit ca. 50° nach NE einsticht (siehe auch Fig. 25 und 26). Von dort aus zieht sie in Richtung SW weiter über den Lago Vannino zur Alpe Devero. Im N-Schenkel treten vom Feldbach her über die Stahlhorngräte, über den S-Abfall des Rothorns bis zum Banhorn Grüngesteine (PREISWERK 1907, 1908) auf, die im S-Schenkel nur noch selten auftreten (Gh. di Ban, Alpe Devero). Sie werden hier abgelöst von karbonatführenden Quarziten und Konglomeraten bis Konglomerat-Gneissen.

Interessant ist dabei, dass bereits GERLACH (1883) auf die Möglichkeit einer Schlingenbildung hinweist, dass aber nach ihm niemand mehr diesen Gedanken verfolgt hat:

„Ja, wollte man hierauf bauen, nun dann könnte man selbst annehmen, dass die Glanzschiefer von Binnen sich um den östlichen Ausläufer des Gneisses der Binnenthal-kette, um das Ofenhorn herum, nach Devero und Diveglia zögen, und ...“ (S. 100). Siehe auch Tab. 1.

2.2.3. Lebendun-Serie

Von S her an die beiden Elemente Bedretto-Zone und Veglia-Zone angeschoben, erscheint als letztes die mächtige Lebendun-Serie. Sie ist aufgebaut aus Gneissen, oft Konglomeratgneissen, und zwei Schieferserien, einer permischen und einer mesozoischen (L_{PK} , L_P , L_M , Joos 1969). Sie erscheinen als tektonisch getrennte und ineinander verkeilte Serien, was im idealisierten Profil von FRIZ (1963) nicht zum Ausdruck kommt. Die Gneisse erweisen sich gegenüber den Schiefen als weniger plastisch, so dass Schiefer weit in die Gneisse eingefaltet sein können (M. Castello), die Gneisse aber als grosse Linsen und Keile in den Schiefen stecken (Furkulti).

Die mesozoische Schieferserie scheint inverse Lagerung zu haben, erscheinen doch als falteninnerste Elemente die grossen Gips- und Rauhwacke-Vorkommen des Lago di Castel, der Laghi di Boden, des Rupe del Gesso, sowie die grosse Kalkquarzitmasse des Pzo. di S. Giacomo; als äusserstes Element aber die liasischen Bündnerschiefer.

Tabelle 1. Die tektonischen Deutungsversuche der „Bündnerschiefer“

N				S		
GERLACH 1869	Kristallin des Gotthard-Massivs	Nordwestliche Glanzschieferzone		Ältere metamorphische Schieferbildungen		
SCHMIDT u. PREISWERK 1907		Nebenmulde Nufenenstock	Bedrettomulde		Veglia Teilmulde	
STAUB 1958		Mesozoikum der Gott- hard-Masse	Mesozoikum des Luco- magno- und Verampio- Systems	Mesozoikum der Anti- gorio-Decke	Mesozoikum des Leben- dun- und Leone-Systems	Tiefere Visper- Schuppen Teile der Lebendun- Decke
Neu		Gotthard- massivischer Sedimentmantel	Bedretto-Zone		Lebendun- Schiefergneiss	
			Veglia-Zone		Lebendun- Mesozoikum	

Felder mit Normalschrift = Mesozoikum, Felder mit Schrägschrift = prätriadisch

3. STRATIGRAPHIE

3.1. Karbon-Perm

Die Lebendun-Gneisse wurden von Frau Prof. E. Jäger (Bern) untersucht und ergaben ein Gesamtgesteinsalter von 225 Mio. a (mündl. Mitt.). Die darüber liegenden Schiefergneisse sind nicht datiert, aber die Funde radioaktiven Materials an der Balma Rossa und am Mte. Castello berechtigen – aus Analogie zu den Radioaktivitätsfunden der Westalpen – dazu, diese Serie ins Perm (oberes Unterperm?) zu stellen.

3.2. Mesozoikum

3.2.1. Trias

Die „Quartenschiefer-Äquivalente“, wie sie im gotthardmassivischen Sedimentmantel und im Lebendun-Mesozoikum auftreten, werden seit den Arbeiten von P. NIGGLI (1912, 1914) zur Trias gezählt, obwohl sie bis heute in diesem Gebiet noch keine Fossilien geliefert haben. Sie bilden die W Fortsetzung der von FREY (1969) beschriebenen Serie.



a



b

a, b. Ammoniten am Nufenenstock (siehe 3.2.21).
In Zweiglimmerschiefer, Granat und Staurolith führend.



c. Schwarz: Granat.



d. Dünnschliff durch den Granat (schwarz).

Leere Seite
Blank page
Page vide

3.2.2. Jura

3.2.21. Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung

Am 26. 8. 1961 fand ich in der mittleren Granit-Schiefer-Serie (LISZKAY 1966) an derselben Stelle, wo später Locher, Baumer und Jung (FREY 1967) noch weitere Stücke gefunden haben, bei Pt. 673 750/146 900 verschiedene Reste von Ammoniten (vgl. Tafel I und Tab. 2). Bereits SALOMON (1911) und PLESSMANN (1957) beschrieben Ammoniten vom Nufenen, die aber im Schutt gefunden worden sind.

Der Erhaltungszustand der Ammoniten ist schlecht: sie liegen in einer Ebene, die etwa 10° von der Schieferungsebene abweicht, sind stark deformiert (// der Hauptachse gelängt) und liegen in einem feinen Tonschiefer, der Staurolith, Granat und Biotit führt. Die Schalen sind vollständig dolomitisiert und die Kammern mit Pigment angefüllt.

Durchmesser in cm			
längst	5,5	6	8,5
kürzest	4,3	5,5	7

Die Rippenzahl beträgt auf dem vierten, bedeutend grössern Umgang ca. 50; das Rostrum scheint angedeutet; Lobenlinien und Kammerwände sind nicht zu eruieren.

Tabelle 2. Übersichtstabelle der Stratigraphie der verschiedenen tektonischen Einheiten (Schematisches N-S Profil)

N

S

Gotthardmassivischer Sedimentmantel	Bedretto-Zone Veglia-Zone	Lebendun-Serie	Alter
Nufenen Knoten- P ¹⁾ schiefer Nufenen Sandsteine und Quarzite Obere } { Nufenen- P ¹⁾ Mittlere } { Granat- P ¹⁾ Untere } { schiefer P	Karbonatführende Bündnerschiefer mit Einlagerungen von Quarziten, Sandsteinen, Konglomeraten, Konglomeratgneissen, Amphiboliten	Bündnerschiefer P ¹⁾ z. T. Karbonat führend	Jura
Rauhwacke, Dolomit, Arkosen, Marmor ± Gips Quarzite Phyllite ²⁾	Rauhwacke, Dolomit z. T. zuckerkörnig	Rauhwacke, Dolomit, Gips, Marmor, Kalkquarzit Phyllite	Trias
Kristallin des Gotthard-Massivs		Schiefergneisse Konglomeratgneisse ²⁾ ³⁾ Gneisse vereinzelt Marmor	Perm Karbon und älter

Zeichen: ¹⁾ Fossilfunde, ²⁾ Biotit-Alter, ³⁾ Gesamtgesteins-Alter, P = Pigment

Sie sind am ehesten als Vertreter der Arietitaceae (unt. Lias) zu bezeichnen (PIVETEAU 1952). Daneben treten Pentacrinus s. l. und evtl. Isocrinus, sowie Belemniten, Lamellibranchiaten (Gryphaeen), Muschelschalenhorizonte, eigentliche Lumachellenkalke und Foraminiferen auf (vgl. EICHENBERGER 1924, LISZKAY 1966, PLESSMANN 1957).

3.2.22. Bedretto-Zone und Veglia-Zone

Es konnten aus beiden Zonen keine Fossile beigebracht werden. Beide sind auch auffallend pigmentarm.

3.2.23. Lebendun-Mesozoikum

HIGGINS (1964) fand in den Disthen-Stauroolith-Schiefern des Pzo. di S. Giacomo erstmals Überreste von Echinodermen-Bruchstücken, evtl. auch Foraminiferen oder Algen. Auch am L. di Castel sind solche, wenn auch noch schlechter erhalten, vorhanden. Zu einer Datierung reichen sie jedenfalls nicht aus.

4. PETROGRAPHIE

4.1. Der Gesteinsinhalt der stratigraphischen Horizonte

4.1.1. Perm

4.1.11. Lebendun-Gneisse

Helle, quarzreiche Gneisse

Diese bilden die Hauptmasse der Lebendun-Gneisse und sind meist auch vom Zement der Konglomeratgneisse (4.1.12) nicht zu unterscheiden. Oft sind sie bankig, manchmal aber auch recht massig und bei der Verwitterung werden sie rostrot. Vereinzelt werden sie im Streichen zu reinen Quarziten von höchstens dm Mächtigkeit. Trotzdem sie in Habitus und Textur stark variabel sind, ist ihr Mineralbestand erstaunlich konstant:

Quarz

Feldspat: Akf., porphyroblastisch, meist Mikroklingitterung, oft siebartig

Plag., Albit bis Andesin, häufig beginnende Serizitisierung

Biotit: z. T. chloritisiert, viel Querbiotit

Muskovit

Dazu treten in wechselnder Menge:

Dolomit-Kalzit, im Extrem bis 20%

Epidot-Zoisit

Apatit

Erz, meist Pyrit

In einzelnen Typen können daneben noch vertreten sein:

Granat (Almandin), Rutil, Turmalin, Titanit, Zirkon, Orthit

Dunkle, biotitreiche Gneisse

Sie bilden dunkle Bänke, die aber im Streichen über grössere Distanz nicht kontinuierlich sind. Meist vorzüglich nach s geregelt kann der Biotitanteil (inkl. Querbiotit) bis 40% betragen. Im übrigen ist der Mineralbestand wie bei den hellen Gneissen (s. o.).

4.1.12. Lebendun-Konglomeratgneisse (*Psephitgneisse*)

Im Steinbruch Tosafall und an der Strasse unterhalb des Hotels (Albo. Cascata Toce) sind die Konglomerat-Komponenten meist nicht mehr scharf begrenzt, sondern „verschmelzen“ z. T. mit dem Zement, so dass bei den hellen, granitartigen Typen oft nur noch eine Glimmerhaut, oder ein Wechsel in der textuellen Erscheinung, anzeigt, wo die Komponente aufhört; bei den dunklen Geröllen hingegen zeigt die sprunghafte Veränderung des Biotitgehalts den Wechsel von Komponente zu Matrix.

Von diesen drei Gesteinen:

Zement der Lebendun-Konglomeratgneisse

Quarzreicher Psammitgneiss mit Kalifeldspat, Plagioklas, Biotit und Muskovit (B 28a)¹⁾ = HA 198.

Dunkles Geröll

Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas, Muskovit, Biotit, Granat und Chlorit, (B 28b)¹⁾ = HA 199

Helles Geröll

Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas und Biotit (B 28c)¹⁾ = HA 200

wurde in Bern das Rb-Sr-Alter von Biotit bestimmt (JÄGER, NIGGLI, WENK 1967), die alpinen Alter ergaben

(B 28a = $14,9 \pm 1,0$ Mio. a,

B 28b = $14,4 \pm 0,8$ Mio. a,

B 28c = $14,6 \pm 1,0$ Mio. a).

Weiter im N, am der Boccha. di V. Maggia, wo die einzelnen Gerölle bedeutend schärfer umgrenzt sind, zeigt sich folgendes Bild:

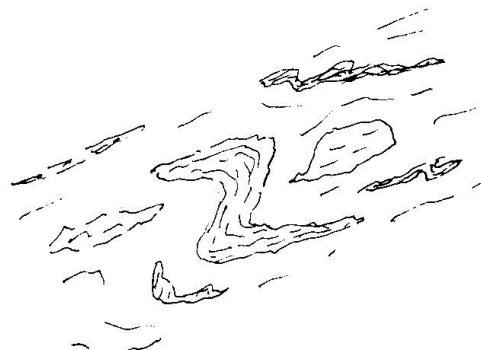


Fig. 4.

¹⁾ JÄGER, NIGGLI und WENK (1967), Berner Bezeichnung.

Dieses ausgesprochen plastische Verhalten der Gerölle ist weiter im E (BURCKHARDT 1942) nicht mehr anzutreffen.

4.1.13. Lebendun-Schiefergneisse

Sie entsprechen den auf der Simplonkarte (1908) als „braune, quarzige Biotitschiefer“ ausgeschiedenen Zonen (= L_P, Joos 1969). Ihre Zugehörigkeit zum Lebendun geht aus dem allmählichen Übergang („zona di transizione“ FRIZ 1963) von Lebendun-Gneiss hell in diese Schiefer-Gneisse eindeutig hervor. Oft plattig und mit brauner Anwitterungsfarbe, gehen sie bei grösserer tektonischer Beanspruchung leicht über in dunkelgraue bis fast schwarze Schiefer und sind dann mikroskopisch, besonders weil sie meist etwas Karbonat führen, von den quarzreichen Bündnerschiefern der Bedretto-Zone kaum mehr zu unterscheiden. Die mineralogische Zusammensetzung entspricht weitgehend derjenigen der Lebendun-Gneisse, der Alkalifeldspat tritt etwas zurück, Karbonat ist häufiger, Hämatit und Ilmenit gewinnen an Bedeutung.

4.1.14. Marmor

Rein weisser Marmor mit einem Korndurchmesser von ca. 8 mm zieht unterhalb der Bocch. di V. Maggia gegen N in den W-Abhang des Marchhorns. Er liegt mitten im Psephitgneiss und entspricht den weiter E gelegenen Marmoren, die BURCKHARDT (1942) als „prätriadische Marmore“ beschreibt.

Im Tallihorn ist der Marmor glimmerreich und geht im Streichen nach wenigen m in Glimmerquarzit über.

4.1.2. Trias

4.1.21. Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung

Quarzitische Trias

Granoblastische Arkosen: Quarz 30–60%, Feldspat (K-Feldspat + Plagioklas) 35–80%, oft mit Karbonat (bis 25%), meist mit Muskovit-Serizit, z. T. mit reichlich Pyrit. Dazu treten Apatit, Rutil, Zoisit-Epidot, Turmalin, vereinzelt Zirkon. An einigen Stellen tritt Biotit (Querbiotit) als Neubildung auf. Selten, und mit geringer Mächtigkeit auch reine Quarzite.

Karbonatische Trias und Gips

Rauhwacken: meist kavernös mit grossen, eckigen Dolomit- und Quarz-Komponenten in feinkörnigem dolomitisch-calcitischem Grundgewebe. Oft etwas Serizit und Pyrit. Sie sind meist begleitet von wenig sehr feinkörnigem Gips.

Dolomite: Dolomit (60–80%), Quarz (bis 30%), Calcit und Serizit bilden die meist verschieferten Dolomite, die durch eingelagertes Pigment dunkelgrau gefärbt sein können.

Marmor: grobkörniger, weisser bis grauer Kalkmarmor ($\varnothing$ max. 8 mm) tritt an einer Stelle am Cornopass auf.

Phyllitische Trias

Makroskopisch: hell- bis dunkelgrüne, goldgelbe bis hellbräunliche, seiden-glänzende Phyllite mit grossen Porphyroblasten von Querbiotit, und auf dem Hauptbruch gut sichtbaren, weissen Plagioklas-Flecken (Fleckenschiefer).

Mikroskopisch: Serizit-Muskovit-Phyllite mit weniger als 5% Quarz, Ilmenit, Turmalin, z. T. etwas Biotit, Zirkon, Zoisit und Pyrit.

Serizit-Muskovit-Biotit-Quarz-Phyllite: Quarz bis 20%, Querbiotit oft chloritisiert, Rutil, Chloritoid, vereinzelt Plagioklas und Granat in Siebstruktur.

Karbonat-Serizit-Muskovit-Phyllite: Karbonat bis 40%, im Extrem Zoisit 10% und an einer Stelle Hornblendegarnen (OBERHOLZER 1956).

4.1.22. *Bedretto-Zone*

Rauhwacke

Zwischen gotthardmassivischem Sedimentmantel und den penninischen Bündnerschiefern der Bedretto-Zone ist eine Lamelle von brekziöser Rauhwacke eingeschaltet, deren „Komponenten“ vorwiegend aus Schiefern der Bedretto-Zone bestehen. Es dürfte sich um eine tektonische Brekzie handeln. Die Frage ob sie wirklich zum Penninikum gehört, kann ich nicht beantworten.

Dolomit

Vom Rothorn über Bettelmatt-Gh. di Valrossa-Pt. LK Landesgrenze OC 2489 bis Stabbiascio zieht ein Dolomitzug, der zum grössten Teil aus zucker-körnigem weissem bis gelbem Dolomit besteht. In der Nähe des Rif. Città di Busto treten darin weisser und bläulicher Grammatit, sowie Zinkblende und kleine Muskovitnester auf.

Konglomerate

In der Südflanke der Cno. Brunni-Cno. Mut ist ein Konglomeratzug aufgeschlossen. Die Komponenten wechseln von mm-Grösse bis etwa 10 cm; sie sind gelängt und schwimmen in einer Grundmasse von Zweiglimmer-Schiefer. Z. T. gehen sie in gräuliche Sandsteine über. Wir können zwei Arten von Komponenten unterscheiden:

dunkle: Muskovit-Quarz-Phyllite mit etwas Biotit (z. T. chloritisiert), und helle: Zweiglimmer-Quarzite mit etwas Plagioklas $\pm$ Karbonat.

Dazu treten in der Grundmasse und in den Komponenten zusätzlich: Albit, Granat, Turmalin, Rutil, Apatit, Zoisit, Pyrit, Hämatit, Limonit.

4.1.23. Veglia-Zone

Rauhwanke

Kavernöse Rauhwanke begleitet in meist wenig mächtiger Ausbildung den Aussenrand der Banhornumbiegung an ihrem S und W Ende.

Dolomit

Assoziiert mit wenig Rauhwanke findet sich der Dolomit als Begleitgestein der Gröngesteine am Banhorn, die erstmals von PREISWERK (1907) beschrieben worden sind (siehe unten).

Am Hohsandsee ist er fein zuckerkörnig und hat vereinzelt Grammatit-Sonnen mit $\varnothing$ von 10–15 cm. Im S-Schenkel ist er meist grau, E Bocchetta della Valle kommt darin Disthen vor. Phlogopit ist fast überall vorhanden.

Sandsteine und Konglomerate

Im S-Schenkel häufig sind Einlagerungen von Sandsteinen bis Quarziten (Quarz bis 95%), Karbonat, Muskovit, Biotit, Pyrit, $\pm$ Plagioklas. Ein grosser Zug eines Konglomerates zieht ebenfalls durch den S-Schenkel der Umbiegung. Seine Komponenten sind meistens quarzitisch, z. T. aber auch schiefrig und sandstein- bis arkoseähnlich, z. T. dolomitisch und gneissig bis granitisch.

Gröngesteine

Hauptmasse grobkörniger Amphibolit. Hornblende (15–50%) Epidot (max. 30%), Plagioklas (Oligoklas) bis 25%, Biotit (z. T. chloritisiert) bis 60%, Granat bis 15%. Häufig ist Titanit, meist in Zersetzung begriffen. Neu gebildet wird Rutil.

In sehr verschiedener Menge treten auch noch Quarz, Karbonat, Muskovit, Ilmenit-Leukoxen, Magnetit und evtl. Zirkon auf. Der Epidot hat sehr oft Zoisit-Kerne. Vereinzelt kommen auch fast reine Chlorit-Talk-Gesteine (Ofensteine) vor.

Entsprechend PREISWERK (1907), der auch ein Detailprofil gibt, kann man von einem zentralen, grobkörnigen Teil sprechen, der randlich in einen feineren Amphibolschiefer übergeht. Dieser wiederum durchquert auch gangartig die grobe Hauptmasse. Dazu treten im oberen Teil der groben Amphibolite hell-

grüne bis weissliche, gut geschichtete Gesteine, z. T. mit Calcit-Knauern. PREISWERK zieht daraus die Konsequenz:

„Die grosse Ähnlichkeit im Mineralbestand mit den umgebenden Gabbroamphiboliten, mit deren Struktur dieses zweifellos ursprünglich geschichtete Gestein gar nichts gemein hat, lässt es wahrscheinlich erscheinen, dass tuffartige Bildungen von demselben Material ... vorliegen, ... die teilweise mit den Sedimenten der Trias gemengt sein mögen“ (p. 27).

4.1.24. Lebendun-Mesozoikum

Rauhwanke; Dolomit, Gips

Die linke Talseite des Val Toggia besteht in ihrem N-Teil vorwiegend aus mächtig aufgestauter Rauhwanke (Rupe del Gesso—Laghi di Boden), in ihrem S-Teil vor allem aus weissem, grobkörnigem Gips (L. Castel, wo eine Bohrung abgeteuft und nach 180 m abgebrochen wurde, da man immer noch im Gips war). Direkt S vom L. Castel setzt sich die Zone in einigen dünnen (dm) Dolomitbändern noch etwas fort, bis sie in die Luft ausstreicht.

Kalkquarzit

Dieselbe Zone setzt sich gegen N fort und bildet dort den Pzo. di S. Giacomo. Er besteht aus einem Kalkquarzit: Quarz 60–90 %, Calcit 5–25 %, $\pm$ Albit und Plagioklas, $\pm$ Muskovit (Serizit, Phlogopit?), $\pm$ Zoisit und Pyrit. Darin eingebettet finden sich z. T. grössere Drusen ($\varnothing$ bis 20 cm) mit Quarzrasen von mm bis cm-Grösse.

Quarzite

Neben dem Dolomit tritt im $\pm$ gleichen Horizont vereinzelt (Marchhorn, L. Castel) auch reiner Quarzit auf. Am Marchhorn führt er randlich Quarz-Zoisit-Knauer, wobei die Zoisitkristalle einen Durchmesser von 2 cm, und eine Länge von 15 cm erreichen können, ihre Farbe ist trüb honigbraun.

Marmore

Am L. Castel finden sich graue bis braune Kalkmarmore, feinkörnig mit darin feinstverteilten Erzkörnern, $\pm$ Quarz, $\pm$ Zoisit.

Phyllite

Ähnlich wie in der gotthardmassivischen Sediment-Bedeckung und in der Scopi-Zone, treten auch hier Phyllite auf. Es sind durchwegs Zweiglimmer-Phyllite mit Quarz (max. 35 %), Hornblende (Farben bis 20 cm) 20 %, Karbonat, Plagioklas, z. T. Granat (Grossular), z. T. Albit, Epidot-Zoisit, $\pm$ Disthen, $\pm$ Turmalin, $\pm$ Chlorit, meist etwas Erz.

Der Biotit ist meist quer und alle Porphyroblasten sind siebartig.

4.1.3. Jura

4.1.31. *Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung*

Nufenen-Granatschiefer (unterer Lias)

Quarz-Karbonat-Serizit-Schiefer (z. T. – Phyllit) mit Porphyroblasten von Granat, Biotit, Plagioklas, Epidot-Zoisit und Ilmenit. Der Mengenanteil der einzelnen Minerale ist dabei ausserordentlich schwankend: Quarz 10–80%; Karbonat 5–70%; z. T. Chloritoid bis 40%. Dabei sind die ganzen Schiefer sehr pigmentreich. Der Granat ist oft siebartig und immer gedreht.

Nufenen-Sandsteine bis Quarzite (mittlerer Lias)

Weisse, gelbe, braune und graue Quarzite von z. T. grosser Reinheit (Quarz 99%, Serizit 1%) die aber an gewissen Stellen in Kalkquarzite (bis 45% Karbonat) übergehen können. Wo Biotit auftritt ist er meist chloritisiert.

Nufenen-Knotenschiefer (oberer Lias)

Quarz-Karbonat-Serizit-Zoisit-Plagioklas-Schiefer. Auf der Verwitterungsfläche treten grosse Plagioklas- und Zoisit-Porphyroblasten hervor, die diesen Schiefern ihren Namen gegeben haben. Die Porphyroblasten sind gedreht und durch viel Pigmenteinschlüsse fast schwarz. Oft weisen sie auch Siebstruktur auf.

4.1.32. *Bedretto-Zone*

Zweiglimmer-Schiefer, karbonatreich bis -führend, teilweise granatreich. Überall durchadert von Quarz und Karbonat. Sie werden von N nach S quarzreicher. Einzelne, im Streichen nie über grössere Strecken verfolgbare Lagen können marmorartig, andere glimmerquarzitisch werden. Der Plagioklas ist oft nur reliktsch vorhanden und weist Al-Manko auf. Der Mineralbestand schwankt in den beiden Hauptkomponenten Quarz und Calcit sehr: Quarz 40–90%, Calcit 30–95%; während die Nebengemengteile mit Ausnahme der grossen Porphyroblasten, die nur lokal auftreten (Granat, Staurolith, Hornblende), überall ein ähnliches Bild ergeben: Biotit bis 15%, Muskovit bis 20%, Plagioklas bis 25%, Epidot stellenweise 8–10%, Rutil bis 5%; akzessorisch Apatit, Turmalin, Chlorit, Erz (Ilmenit, Hämatit und Pyrit) sowie z. T. etwas Pigment. An einigen Stellen (Pso. di S. Giacomo) treten Querklüfte auf, die mit Quarzrasen von 1–2-cm-Kristallen überzogen sind.

4.1.33. *Veglia-Zone*

Karbonatreiche Zweiglimmer-Schiefer. Ähnlich denen der Bedretto-Zone, aber Porphyroblasten seltener. Etwas weniger durchadert, marmorähnliche Typen sind häufiger. Im Handstück sind sie oft von den Proben der Bedretto-

Zone nicht zu unterscheiden. Disthen ist im W anschliessenden Gebiet häufiger, (Joos 1969) und auch die Granatknaurn treten im E seltener auf.

4.1.34. Lebendun-Mesozoikum

Granat-Glimmer-Schiefer, karbonatreich, bilden den Hauptbestandteil der jurassischen Schiefer des Lebendun-Systems. Alle Porphyroblasten mit Ausnahme der Querbiotite sind siebartig ausgebildet und stecken in einem Grundgewebe von Quarz, Plagioklas, Serizit und Karbonat. Karbonatreiche Zweiglimmer-Schiefer sind etwas untergeordnet auch vertreten; sie gehen teilweise in Glimmer-Marmore über (L. Castel).

4.2. Lithologische Zusammenfassung zu Gesteinsgruppen

Um die verwirrende Vielfalt von Gesteinen etwas übersichtlicher zu machen, und um Typen vergleichen und darstellen zu können, wurden die in den folgenden Figuren und Tabellen vorkommenden Nummern und Symbole folgendermassen zusammengestellt und den Gesteinsgruppen zugeordnet:

Tabelle 3

Zusammenfassende Bezeichnung	Gruppe Nr.	Symbol
Gneisse und Schiefergneisse	1	□
Glimmerschiefer, „quarzarm“	2	■
Glimmerschiefer, „quarzreich“	3	○
Phyllite	4	●
Grüngesteine	5	△

5. CHEMISMUS

Um nicht nur auf Feldbefund, Dünnschliffbild und Modalanalysen angewiesen zu sein, schien es angebracht, geeignete Proben aus der breitesten Bündnerschieferzone der Zentralalpen auszuwählen und diese Gesteine, sowie die daraus separierten Minerale, auch chemisch zu untersuchen. Dabei ging es vor allem darum, die Abhängigkeit der Paragenesen von der Metamorphose zu dokumentieren, um damit genauere Vergleichsdaten mit andern Gebieten zu erhalten. Die Daten sind in den Tabellen 4–11 zusammengefasst.

Die Aufbereitung der Gesteinsproben, die Mineralseparation sowie die Analysen erfolgten grundsätzlich nach den Methoden wie sie SCHWANDER (1960), WENK et al. (1963), HUNZIKER (1966), STERN (1966), SCHWANDER et al. (1968) beschrieben haben.

Tabelle 4. *Fundortliste der chemisch untersuchten Proben*

Gesteins- gruppe	HA-Nr.	Koordinaten	Höhe ü. M. m	Bezeichnung und geologischer Verband	Min.-Anal. Bi Mn
1	198	647.700/140.000	1680	Quarzreicher Psammitgneiss mit Kalifeldspat, Plagioklas, Biotit und Muskovit. Zement der Lebendun-Konglomeratgneisse.	+
1	199	647.700/140.000	1680	Dunkles Geröll mit Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas, Muskovit, Biotit, Granat und Chlorit. Im Gneiss Nr. 198.	+
1	200	647.700/140.000	1680	Helles Geröll mit Quarz, Plagioklas, Kalifeldspat und Biotit. Im Gneiss Nr. 198.	+
1	222	674.300/141.500	1860	Feiner Zweiglimmerschiefer mit Querbiorit. Lebendun-Schiefergneiss.	+
2	190	671.900/143.500	2100	Zweiglimmerschiefer, Granat und Staurolith führend. Bedretto-Zone.	+
2	235	676.600/144.800	2020	Karbonatreicher Zweiglimmerschiefer, Zoisit und Turmalin führend. Bedretto-Zone.	+
2	236	675.850/142.250	2100	Biotit-Chlorit-Erz-Karbonat-Schiefer, quarzarm. Bedretto-Zone.	+
3	104	672.100/146.500	2350	Muskovit-Karbonat-Schiefer. Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung.	+
3	105	672.150/146.600	2340	Karbonatreicher Zweiglimmerschiefer mit Granat und Zoisit. Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung.	+
3	191	673.550/146.900	2800	Granat-Muskovit-Zoisit-Karbonat-Schiefer, biotitführend. Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung.	+
3	224	671.800/146.200	2400	Karbonatreicher Zweiglimmerschiefer bis Phyllit, zoisitführend. Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung.	+
3	224 A	671.800/146.200	2400	Dasselbe wie Nr. 224.	+
3	228	671.850/146.350	2380	Muskovit-Quarz-Karbonat-Phyllit. Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung.	+
3	233	672.000/146.250	2370	Zweiglimmer-Karbonat-Quarz-Phyllit, zoisitführend. Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung.	+
4	107	672.350/146.700	2300	Querbiorit-Muskovit-Quarz-Phyllit, karbonatführend. Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung.	+
4	109	672.150/146.550	2340	Zweiglimmer-Quarz-Phyllit. Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung.	+
4	132	671.350/146.900	1980	Querbiorit-Karbonat-Quarz-Muskovit-Phyllit. Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung.	+
4	135	676.200/141.600	2250	Querbiorit-Muskovit-Hornblende-Schiefer mit Disthen. Lebendun-Meso-zoikum.	+
4	188	671.950/146.150	2460	Muskovit-Phyllit, quarzführend. Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung.	+
4	225	672.150/146.100	2500	Karbonat-Biotit-Schiefer, muskovitführend. Gotthardmassivische Sediment-Bedeckung.	+
5	192	670.700/140.800	2750	Biotit-Hornblende-Schiefer. Veglia-Zone.	+
5	214	671.100/140.800	2700	Granat-Hornblende-Biotit-Fels. Veglia-Zone.	+

Tabelle 5. *Modalanalysen*

Nr. HA	198	199	200	222	190	235	236	104	105	191	224	228	233	107	109	132	135	188	225	192	214
Quarz	53	40	53	52	25	20	5	43	45	46	45	37	34	45	44	43	35	9	59	43	10
Karbonat				+	+	29	73	40	36	24	23	38	28	7	+	6	2		14	1	2
Plagioklas	22	18	29	+	3	1		1			1	2	2						+		
Kalifeldspat	16	30	11	+																	
Muskovit	4	6		30	46	18		15	10	9	9	18	19	27	44	30	15	90	2	1	
Biotit	2	5	8	18	11	13	6	+	2	5	3	+	9	12	5	14	20		24	9	57
Chlorit	+	1			+	+	7	+		+				+					+	1	+
Hornblende																				46	15
Granat		1		+	4				+	6	7			+							10
Disthen					5												3				
Staurolith					1	6	1		2	6	10	2	4		2	1	+		1		+
Epidot-Zoisit			+	+		5						+			1	1	2	1	1		
Turmalin	+					1								2	1	1			1		+
Rutil				+	2	3	7		3	2	2	2	3	+	2	+			1		2
Erz				1				+						4	2	3		1		1	
Gruppe		1			2				3					4						5	
Akzessorisch treten in den Gesteinsgruppen zusätzlich auf:		Apatit Zirkon			Apatit Zirkon Disthen				Zirkon Sprödglimmer						Zirkon Sprödglimmer Kalifeldspat					Turmalin Karbonat	
An-Gehalte	RMS			KF, 12-25	30-50-58 33-45 30-36-46			Ab, 18-30				53-58-65 52-66-71 52-65-76	Ab			18-20				14-20	
	optisch			KF, 37-42	28-35										40-46				Ab		17-20

Tabelle 6. *Gesteinsanalysen*

Nr.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	CO ₂	H ₂ O+C	D	Gruppe
198	76,5	9,9	0,9	0,7	0,5	0,5	1,7	4,0	0,2	0,04	0,8	5,11	2,60	1
199	72,0	14,2	0,8	1,4	1,0	0,5	2,5	6,0	0,3	0,05	0,8	1,0	2,66	1
200	79,3	10,8	1,0	0,8	~0,5	~0,5	2,8	4,6	0,2	0,04	0,5	5,5	2,59	1
222	54,8	14,5	0,2	4,0	2,4	1,0	0,9	7,1	0,6	0,1	1,0	4,2	2,78	1
190	57,0	21,8	3,1	4,6	1,8	2,7	0,9	2,9	0,8	0,2	0,3	3,1	2,87	2
235	45,0	17,1	2,2	2,7	5,7	10,8	0,6	4,5	0,8	0,2	14,1	11,9	2,70	2
236	48,0	9,6	1,8	6,0	2,0	11,8	0,5	1,2	0,7	0,1	16,8	10,0	2,81	2
104	60,0	12,3	0,9	1,5	3,7	4,2	0,6	1,9	0,6	0,1	17,6	1,9	2,75	3
105	58,0	14,8	0,7	4,4	1,5	10,0	0,5	1,9	0,7	0,1	6,4	6,3	2,80	3
191	48,5	11,5	0,3	3,0	2,2	>11,5	0,7	2,1	0,6	0,1	16,9	14,3	2,94	3
224	57,0	12,2	0,6	4,3	1,5	11,4	0,4	1,7	0,8	0,2	11,0	9,3	3,00	3
224 A	52,0	18,0	0,8	5,2	2,3	9,9	0,7	2,2	0,8	0,1	3,3	7,3	2,97	3
228	44,0	10,0	0,0	2,0	3,5	3,5	0,5	1,3	0,4	0,0	20,2	18,2	2,87	3
233	56,0	17,0	1,3	5,4	1,9	2,7	9,7	0,6	2,1	0,8	6,9	5,8	2,94	3
107	39,0	20,0	1,9	4,5	12,8	5,6	0,7	5,8	0,9	0,05	10,3	9,5	2,72	4
109	58,0	17,6	5,1	2,3	5,2	1,0	0,4	0,9	0,9	0,04	2,8	3,2	3,00	4
132	57,0	16,0	4,0	1,8	6,0	2,7	1,5	5,0	0,7	0,05	2,9	4,3	2,76	4
135	61,5	17,0	1,1	6,0	5,2	2,8	0,8	4,3	0,8	0,1	0,4	2,5	2,84	4
188	53,0	21,0	2,9	5,4	5,6	1,0	0,9	3,1	0,8	0,05	0,0	5,0	2,68	4
225	65,0	10,2	1,0	1,6	4,7	4,7	1,0	2,3	0,5	0,06	5,9	5,8	2,74	4
192	49,6	15,4	2,6	8,1	10,2	9,1	2,6	1,1	1,3	0,3	0,9	0,7	3,02	5
214	43,0	18,5	0,0	12,0	7,0	4,7	1,1	4,2	1,7	0,3	2,2	1,9	3,07	5

Tabelle 7. *Spurengehalte* (ppm)

Nr.	198	199	200	222	190	235	236	104	105	191	224	228	233	107	109	132	135	188	225	192	214
Gruppe	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5
<i>Gestein</i>																					
Ba	330	480	320	800	380	350	200	250	300	430	290	250	300	820	800	480	430	500	800	240	320
B	<5	<10	<10	<10	60	>100	100	>100	90	90	>100	110	100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	10	20
V	~30	<50	<50	100	150	95	170	80	140	70	135	60	180	130	160	70	150	150	65	230	190
Sr	215	120	130	120	180	500	720	>500	400	>500	350	>500	460	700	800	280	560	480	500	250	180
Cr	20	~20	~20	45	140	75	110	45	90	70	100	50	110	95	110	110	115	115	30	~200	>200
<i>Biotit</i>																					
Ba	145	230	200	380		680			780					630		315	630		1150	470	
Be	4	3	5	3		1			1					<5		<5	<5		3	1	
B	31	30	51	21		36			22					110		60	200		24	22	
V	125	135	225	160		>600			235					110		50	180		180	225	
Zr	30	75	345	40		85			50					60		65	125		70	120	
Ni	75	20	95	<5		20			20					110		200	160		180	230	
Sr	3	40	9	2		120			70					—		—	—		80	5	
Cr	35	40	75	75		35			300					90		125	170		90	35	
<i>Muskovit</i>																					
Ba	—	—	—	—		630										1100		—	1180		
Be	5	4				2										3		2	5		
B	20	20				200										>500		20	>500		
V	50	120				160										215		20	150		
Zr	150	130				60										180		150	1250		
Ni	20	10				<5										<5		10	8		
Sr	40	60				80										1600		100	850		
Cr	30	5				110										265		200	70		

Tabelle 8. *HA-Gesteine: Kationen-%*

Nr.	Si	Al	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Mg	Ca	Na	K	Ti	Gruppe
198	79,3	11,7	0,7	0,6	0,7	0,5	3,3	5,1	0,02	1
199	67,1	15,6	0,6	1,1	1,4	0,5	4,5	7,1	1,5	1
200	74,8	11,5	0,7	0,6	0,7	0,5	5,0	5,5	0,02	1
222	60,0	18,0	0,2	3,7	4,0	1,2	1,9	10,0	0,1	1
190	56,7	25,6	2,3	4,0	2,7	2,9	1,7	3,7	0,6	2
235	46,5	20,8	1,7	2,5	8,8	12,0	1,2	6,0	0,8	2
236	57,0	13,4	1,6	6,0	3,6	14,9	1,1	1,8	0,6	2
104	66,7	16,0	0,7	1,4	6,1	5,0	1,3	2,7	0,5	3
105	60,3	18,0	0,6	3,8	2,3	11,1	1,0	2,5	0,5	3
191	56,4	15,9	0,3	3,1	3,9	14,2	1,5	3,2	0,5	3
224	61,3	15,0	0,5	4,0	2,4	13,0	0,8	2,3	0,6	3
224A	53,6	21,9	0,6	4,5	3,5	10,9	1,4	2,9	0,6	3
228	63,7	17,0	—	2,4	7,5	5,4	1,4	2,4	0,1	3
233	51,3	17,8	0,9	4,8	2,6	2,6	16,7	0,7	1,4	3
107	38,1	23,1	1,4	3,7	18,7	5,9	1,4	7,2	0,6	4
109	61,5	21,6	4,2	2,0	8,1	1,1	0,8	1,2	0,7	4
132	55,8	18,6	2,9	1,5	8,8	2,8	2,8	6,2	0,5	4
135	58,1	18,9	0,8	4,8	7,3	2,8	1,5	5,2	0,6	4
188	52,8	24,5	2,7	4,4	8,3	1,1	1,7	3,9	0,6	4
225	67,6	12,5	0,8	1,4	7,3	5,3	2,0	3,1	0,1	4
192	45,7	16,7	1,8	6,5	14,0	8,9	4,7	1,3	0,9	5
214	43,0	21,8	—	10,3	10,5	5,1	2,1	5,3	1,3	5

Tabelle 9. *Chemische und optische Daten der Biotite*

Nr.	198	199	200	222	235	236	191	107	132	135	225	214
Gruppe	1	1	1	1	2	2	3	4	4	4	4	5
SiO ₂	36,7	35,2	34,9	38,4	39,4	33,7	40,1	41,0	39,1	38,5	40,0	37,6
Al ₂ O ₃	17,2	17,5	17,9	18,6	19,0	18,9	18,8	20,0	18,2	19,5	18,8	21,1
Fe ₂ O ₃	0,7	3,3	4,4	0,7	0,4	1,7	0,7	2,6	2,5	2,0	2,7	0,7
FeO	17,6	17,8	18,2	12,0	7,9	17,0	12,5	6,6	6,8	12,1	8,3	13,5
MnO	0,9	0,0	0,8	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,04	0,1	0,0	0,0
MgO	11,8	9,7	9,3	14,0	17,1	12,8	11,4	16,2	18,2	13,7	16,2	14,9
CaO	0,1	0,2	0,1	0,1	1,5	1,8	2,0	0,3	0,2	0,4	0,1	0,1
Na ₂ O	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,1	0,3	0,4	0,4
K ₂ O	8,0	9,9	6,8	10,3	7,9	5,7	7,7	8,3	9,5	7,5	8,9	7,7
H ₂ O	3,7	3,4	5,2	3,2	5,3	6,5	4,5	3,7	4,1	4,3	3,2	3,5
TiO ₂	3,0	2,8	2,4	2,4	1,2	1,5	1,6	1,0	1,1	1,6	1,3	1,4
Summe Gew.-%	100,0	100,0	100,3	100,2	100,0	99,8	99,8	100,1	99,84	100,0	99,9	100,9
Strukturformeln berechnet auf 24 (O, OH)												
Si	5,50	5,35	5,18	5,65	5,52	4,89	5,59	5,80	5,60	5,55	5,77	5,50
Al IV	2,50	2,65	2,82	2,35	2,48	3,11	2,41	2,20	2,40	2,45	2,23	2,50
Al VI	0,58	0,49	0,32	0,87	0,65	0,11	0,67	1,12	0,67	0,85	0,96	1,13
Ti	0,34	0,32	0,27	0,27	0,13	0,17	0,17	0,11	0,12	0,17	0,14	0,16
Fe ⁺³	0,07	0,38	0,50	0,07	0,05	0,20	0,07	0,27	0,27	0,22	0,30	0,07
Fe ⁺²	2,21	2,26	2,25	1,48	0,93	2,07	1,45	0,78	0,82	1,45	1,05	1,65
Mn	0,12	0,0	0,10	0,04	0,0	0,0	0,01	0,0	0,0	0,01	0,0	0,0
Mg	2,63	2,20	2,05	3,07	3,57	2,76	2,37	3,41	3,88	2,94	3,49	3,04
Summe VI	5,59	5,65	5,49	5,80	5,23	5,31	4,74	5,69	5,76	5,64	5,94	6,05
Ca	0,02	0,04	0,02	0,02	0,23	0,28	0,30	0,04	0,03	0,06	0,02	0,02
Na	0,09	0,05	0,09	0,05	0,08	0,05	0,10	0,10	0,02	0,09	0,10	0,11
K	1,50	1,92	1,28	1,93	1,43	1,00	1,36	1,49	0,87	1,38	1,63	1,44
Summe Alk	1,61	2,01	1,39	2,00	1,74	1,33	1,76	1,63	0,92	1,53	1,75	1,57
Wasser	3,69	3,45	5,16	3,15	4,95	6,19	4,18	3,48	3,92	4,14	3,10	3,40
R ⁺³	17	21	20	21	14	9	19	26	18	22	23	23
Fe ⁺²	39	40	43	26	17,5	39	31	14	15	26	18	27
Mg	44	39	37	53	68,5	52	50	60	67	52	59	50
D	3,08	3,13	3,05	2,97	2,95	2,95	3,07	3,14	3,16	3,16	2,92	2,85
n _v	1,643	1,647	1,643	1,621	1,618	1,618	1,622	1,606	1,623	1,621	1,611	1,618
2 V°	5	13	8	6	6	0-2	0-2	7	0-2	0-2	5	0-4

Tabelle 10. *Chemische und optische Daten der Muskovite*

Nr.	198	199	190	235	135	188	225
Gruppe	1	1	2	2	4	4	4
SiO ₂	43,7	47,6	47,2	45,7	48,3	47,5	56,5
Al ₂ O ₃	33,1	30,5	29,0	34,7	31,8	35,0	23,7
Fe ₂ O ₃	2,0	1,6	1,8	1,3	1,4	0,2	2,0
FeO	1,4	1,4	3,2	0,9	1,1	0,8	0,7
MnO	0,03	0,03	0,0	0,0	0,0	0,03	0,0
MgO	2,1	1,9	2,1	2,3	1,8	1,2	3,1
CaO	0,2	0,2	2,4	0,9	0,8	0,2	1,1
Na ₂ O	0,4	0,3	0,9	0,6	0,8	1,2	1,5
K ₂ O	11,2	10,6	7,0	7,6	7,4	7,7	5,7
H ₂ O	4,7	4,6	5,4	5,4	6,0	5,1	4,8
TiO ₂	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	1,1
Summe							
Gew.-%	99,63	99,53	99,7	100,0	100,0	99,4	100,2
Strukturformeln berechnet auf 24 (O, OH)							
Si	5,92	6,43	6,30	5,97	6,25	6,22	7,27
Al IV	2,08	1,57	1,70	2,03	1,75	1,78	0,73
Al VI	3,19	3,28	2,85	3,31	3,11	3,26	2,87
Ti	0,08	0,08	0,07	0,06	0,07	0,05	0,12
Fe ⁺³	0,21	0,16	0,17	0,13	0,14	0,01	0,19
Fe ⁺²	0,15	0,15	0,36	0,10	0,12	0,09	0,08
Mn	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mg	0,42	0,38	0,42	0,45	0,35	0,24	0,59
Summe VI	4,05	4,05	3,87	4,05	3,77	4,01	3,85
Ca	0,07	0,03	0,34	0,13	0,11	0,03	0,15
Na	0,10	0,08	0,24	0,16	0,20	0,30	0,37
K	1,94	1,18	1,20	1,27	1,22	1,30	0,94
Summe Alk	2,11	1,92	1,78	1,56	1,53	1,63	1,46
Wasser	4,17	4,50	4,78	4,70	5,18	4,14	4,12
R ⁺³	86	83	80	86,5	87,6	92	82,6
Fe ⁺²	4	7,5	9	2,5	3,2	2	2
Mg	10	9,5	11	11	9,2	6	15,4
D	2,85	2,85	2,95	2,83	2,88	2,84	2,86
n _γ	1,601	1,602	1,589	1,599	1,621	1,601	1,598
2 V°	32,5	28	24	30	36	35,5	29

5.1. Gesteine

Wie aus den vorhergehenden Kapiteln hervorgeht, ist die Bündnerschiefer-Abfolge zwischen Gotthard-Massiv und Lebendun eine heterogen zusammengesetzte Gesteinsgruppe, und es ist deshalb nicht verwunderlich, dass die chemische Variation – entsprechend den verschiedenen Ausgangsmaterialien – ausserordentlich gross ist.

Die Fig. 5 (Niggli-Werte: al-alk/c) zeigt diese Variationsbreite überzeugend auf.

Entsprechend sind auch die Variationsdiagramme (Fig. 6) nicht sehr aussagekräftig. Jede Gruppe wurde nach sinkendem Si-Gehalt eingetragen. Auffällig ist dabei, dass die beiden gut definierten Gruppen 1 und 5 je ein deutliches und gut differenziertes Bild ergeben, während die Gruppen 2, 3 und 4 keine eindeutigen Aussagen zulassen.

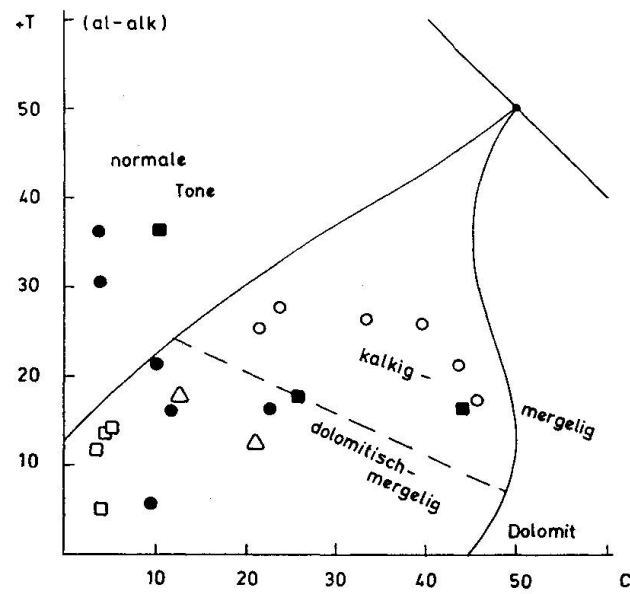


Fig. 5. Niggli-Werte: (al-alk)/c.

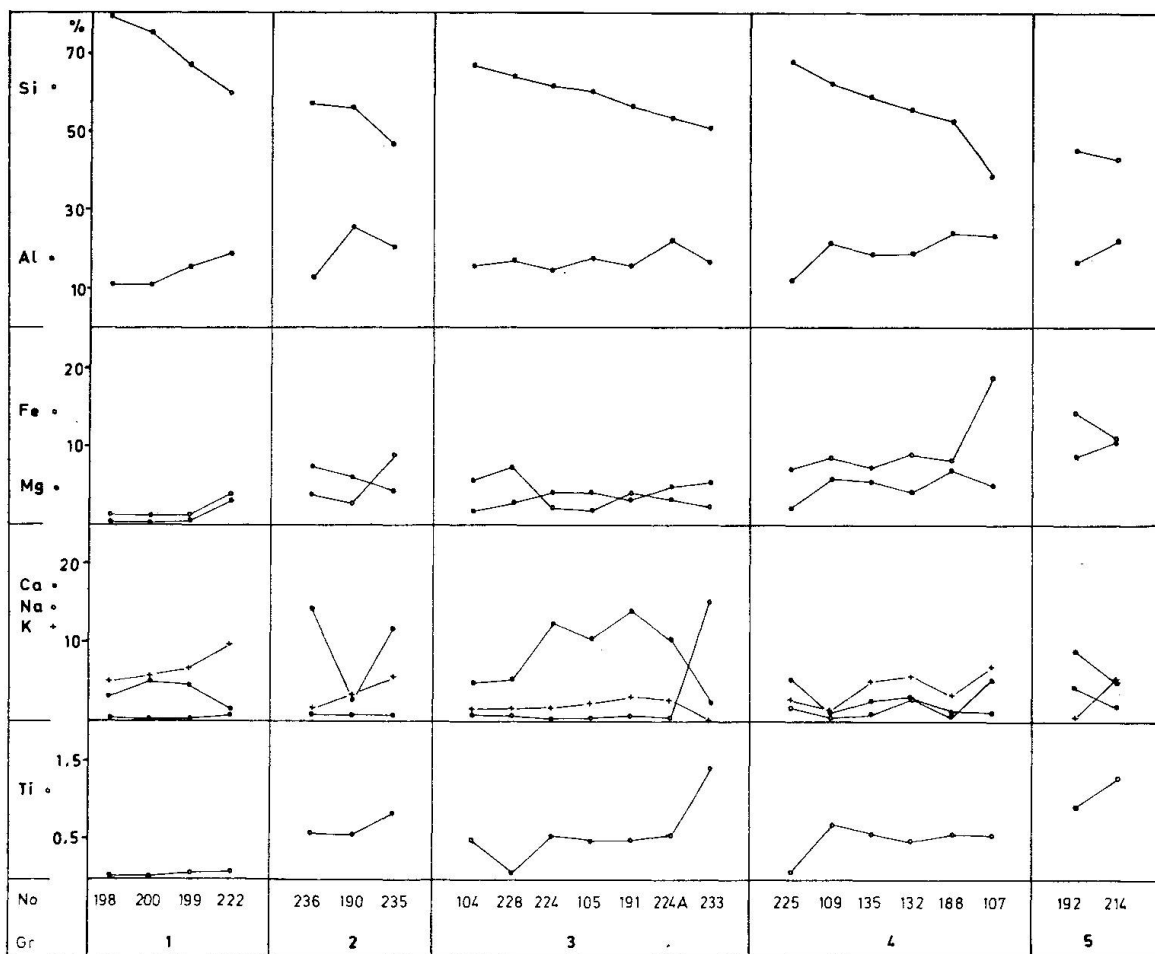


Fig. 6. Gesteine. Variationsdiagramme der Hauptkomponenten (Kationenprozent).

Immerhin ist im K_2O - Na_2O -Diagramm (Fig. 7; Gew.-%) der hohe Kaliumanteil („Paraanteil“) der Gruppe 1 bemerkenswert. Gegenüber Gneissen ist das Verhältnis Kalium zu Natrium deutlich verschoben zu Gunsten von K.

Im K_2O -Ba-Diagramm (Fig. 8) hingegen ist die Gruppe 4 auffällig, deren hoher Ba-Anteil (bei niedrigem K_2O -Gehalt) deutlich aus dem Trend der andern Gruppen herausfällt.

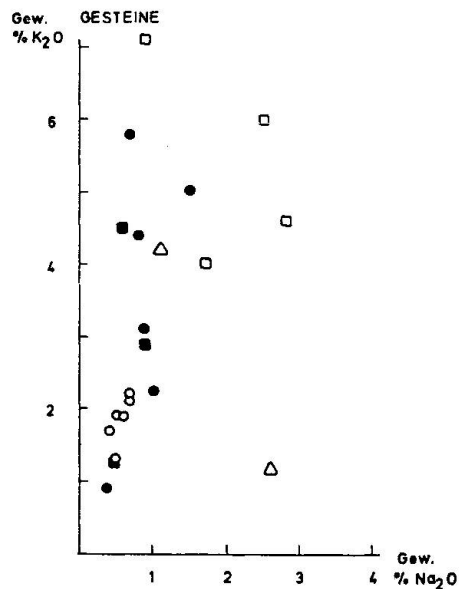


Fig. 7. Gesteine: K_2O/Na_2O , Gew.-%.

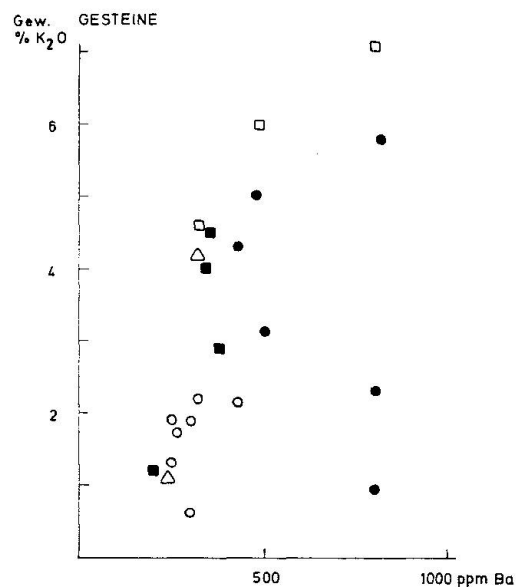


Fig. 8. Gesteine: Gew.-% K_2O/ppm Ba.

- WENK (1954) Knaekdalen-Serie
 HA Gruppe 4
 HUNZIKER (1966) Isorno-Serie
 HA Gruppe 5
 GOLDSCHMIDT (1921) Stavanger-Serie
 HA Gruppe 2
 WENK (1954) Sotto-Ceneri-Gneisse
 HA Gruppe 3
 HUNZIKER (1966) Forno-Zone
 HA Gruppe 1
 HUNZIKER (1966) Antigorio-Gneisse

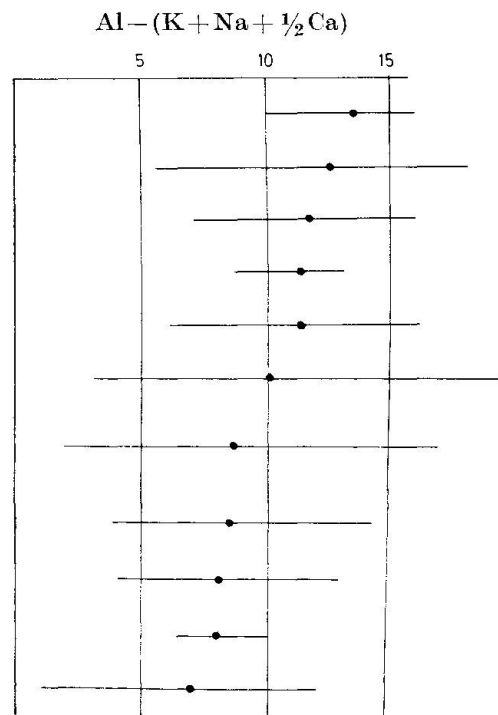


Fig. 9. Tonerdeüberschuss.

Erwartungsgemäss ist der Tonerdeüberschuss²⁾ bei all diesen Gesteinen gross: zwischen 7 (Lebendun) und 12,5 (Phyllite). Die Fig. 9 zeigt den Vergleich mit einigen Literaturdaten.

Auf eine Angabe der Radioaktivitätswerte wurde verzichtet, da sich herausstellte, dass die Apparatur, die in WENK et al. (1963) beschrieben wurde, bei niederen Strahlungswerten (und um die handelt es sich in unserem Falle) ein Nulleffekt (NE)-Signalwert-Verhältnis von ca. 1:1 hat. Das bedeutet bei unsern NE-Werten ($\gtrsim 1000$), dass der Fehler des NE ($\sqrt{I/h}$; I = Impuls) grösser ist, als der Signalwert von 10 ppm U_3O_8 / gemessene und unkorrigierte Substanz.

5.2. Minerale

5.2.1. Biotit

Die analysierten Biotite (vgl. Tab. 9) sind in Fig. 10 im Fosterschen Diagramm dargestellt. Dabei fällt auf, dass die Biotite der eigentlichen Bündnerschiefer mit $Mg > 50$ deutlich oberhalb, oder doch wenigstens am oberen Rand des Streufeldes für Kern- und Hüllgneisse (vgl. WENK 1963) liegen, während unsere Gruppe 1 (Lebendun) in dieses Feld hineinfällt. Im Teilausschnitt des AFM-Diagramms (Fig. 12) wird der hohe Mg-Anteil der niedrigmetamorphen Biotite aus meinem Gebiet gegenüber den Vergleichsdaten aus WENK et al.

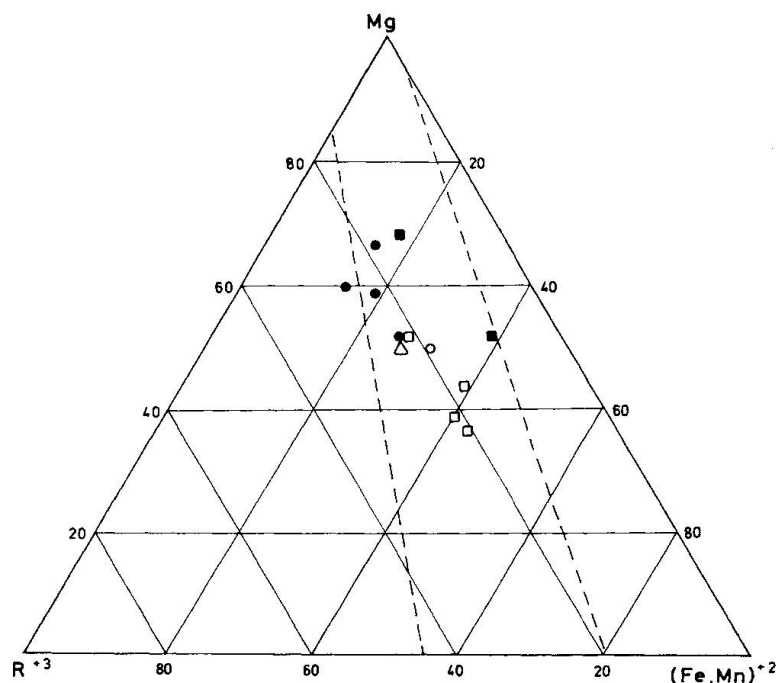


Fig. 10. Biotite, Fostersches Diagramm.

²⁾ In Kation-%; Al minus Summe $1/2 Ca + Na + K$.

1963 deutlich. Fig. 11, Farbverteilung von Z der Biotite (nach HALL 1941), scheint zu zeigen, dass MgO für die grün- bis grau-Färbung verantwortlich sei.

In Fig. 13 ist die Beziehung zwischen tetraedrischem Aluminium und Totalaluminium der Biotite dargestellt. Die eingezeichneten Streufelder sind aus

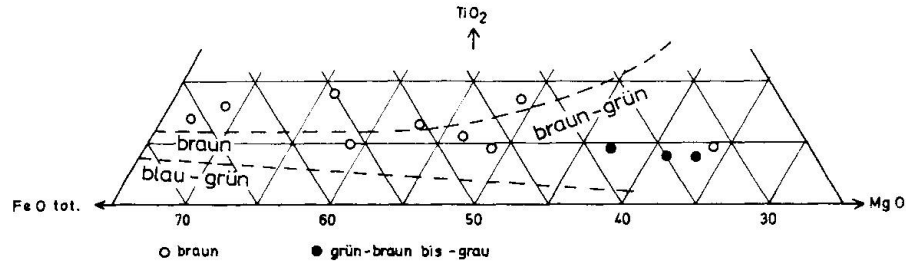


Fig. 11. Biotit, Farbverteilung (HALL, 1941).

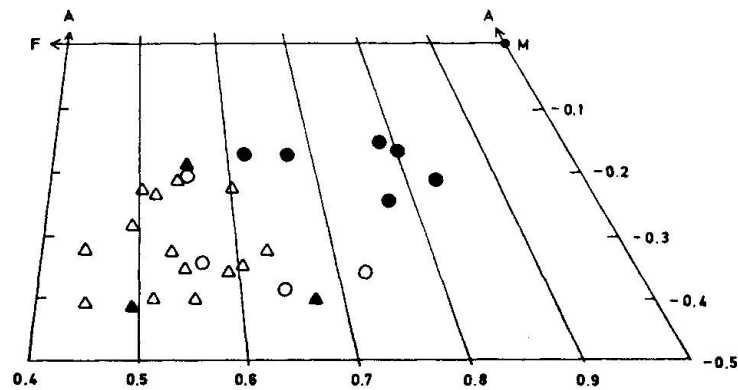


Fig. 12. Projektion der Biotite auf die verlängerte AFM-Ebene des $K_2O-Al_2O_3(A)-FeO(F)-MgO(M)$ Tetraeders. Projektionszentrum ist Muskovit.

WENK et al. 1963	HANSEN	
○ Gr. I	● Gr. 2, 3, 4	Karbonat-Glimmerschiefer und -Phyllite
△ Gr. III	▲ Gr. I	Sedimentogene, karbonatfreie Schieferhülle

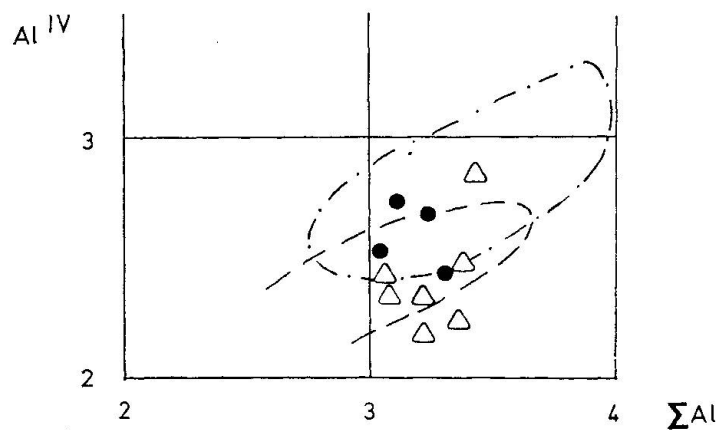


Fig. 13. Beziehung Al tetraedrisch / Al total.

SCHWANDER et al. 1968	HANSEN	
--- Gr. I	△ Gr. 2, 3, 4	Karbonat-Glimmerschiefer und -Phyllite
-.-.- Gr. III	● Gr. I	Sedimentogene, karbonatfreie Schieferhülle

SCHWANDER et al. (1968) übernommen und unsere Punkte stimmen gut damit überein.

Die DTA-Kurven (Fig. 16) zeigen den typischen Verlauf: endotherme Peaks bei 600–650°C (Chloritisierung), exotherme Peaks bei 750°C (Ende der Eisen-oxydation) und den vorläufig nicht deutbaren Peak zwischen 1150–1200°C (Zusammenbruch des Kristallgitters?).

5.2.2. Muskovit

Im Fosterschen Diagramm (Fig. 14) streuen die Muskovite nicht so extrem wie die Biotite und fallen (mit einer Ausnahme) alle in das Streufeld der Kern- und Hüllgneise. Entsprechend SCHWANDER et al. (1968) wurden die Muskovite in Idealmuskovit, Phengit und Ferrimuskovit zerlegt und im Dreieck (Fig. 15)³⁾ dargestellt. Nach dem in der Arbeit von GRAESER und NIGGLI (1967)

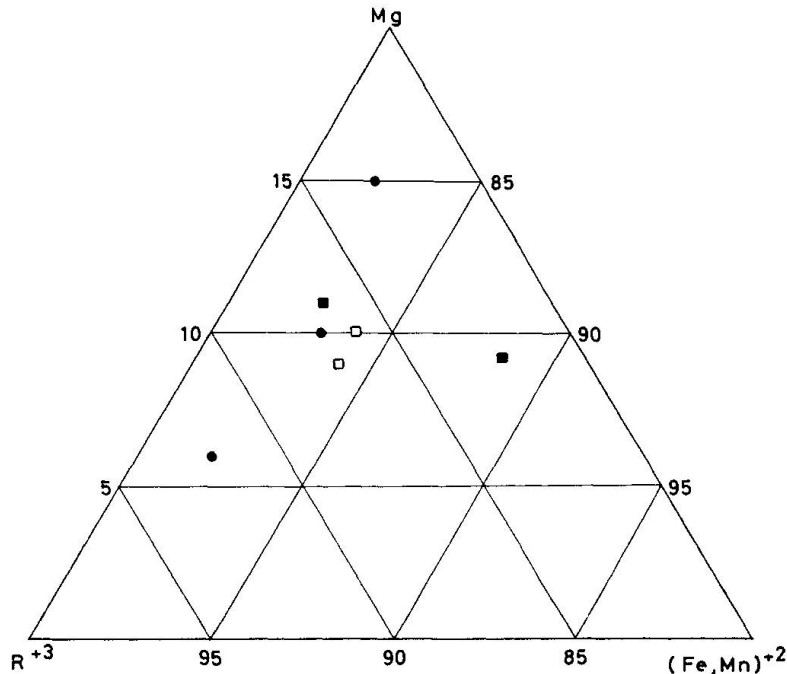


Fig. 14. Muskovit, Fostersches Diagramm.

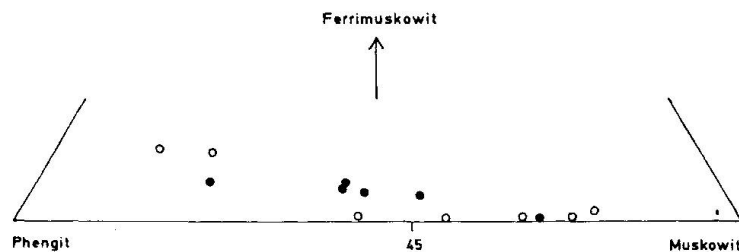


Fig. 15. Muskovit, Phengitgehalte.

● Ha-Punkte ○ Lit.-Punkte (SCHWANDER et al. 1968).

³⁾ Die Literaturpunkte stammen aus SCHWANDER et al. (1968).

Ausgeführten sollten nun eigentlich alle Hellglimmer, die hier untersucht worden sind, einen Anteil $> 45\%$ Phengit aufweisen, da unser Gebiet topographisch ganz im phengitreichen Gürtel liegt. Auch hier bestätigt sich aber der Hinweis von SCHWANDER et al., die auf die extrem grosse Schwankung der Werte hingewiesen haben.

Der Verlauf der DTA-Kurven der Muskovite (Fig. 16) zeigt die zwei erwarteten endothermen Peaks zwischen $830\text{--}920^\circ\text{C}$ und $1050\text{--}1150^\circ\text{C}$.

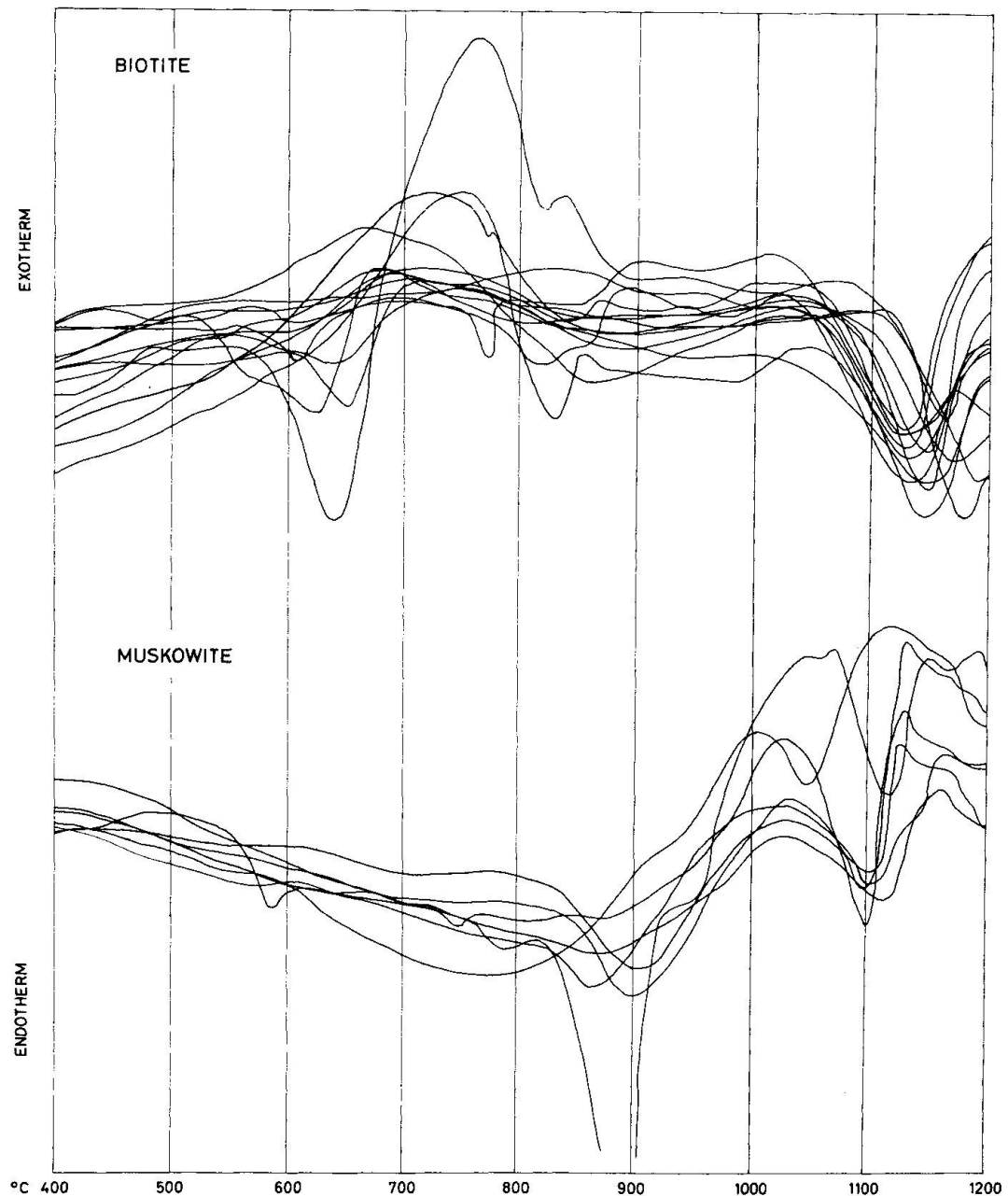


Fig. 16. DTA-Kurven, Biotite und Muskovite, aufgeheizt in Luft, $12^\circ\text{C}/\text{Min}$.

5.2.3. *Feldspäte*

Die Zusammensetzung der Plagioklase wurde zunächst optisch bestimmt, durch klassische U-Tischmethoden, z. T. aber auch mit Hilfe der Zonenmethode. In den pigmentreichen gotthardmassivischen Sedimenten versagten diese Verfahren; hier wurde deshalb die Röntgen-Mikrosonde zur Plagioklas-Bestimmung eingesetzt, indem die Schliffe abgedeckt und bedampft wurden⁴⁾. Dadurch war es möglich, nicht nur die optischen Daten zu verifizieren, sondern auch die kleinen, meist unverzwilligten Plagioklase, die noch nie bestimmt worden waren, in die Untersuchung einzubeziehen. Ihre Grösse variiert von ca. $5 \times 10 \mu$ bis max. $20 \times 50 \mu$. Dabei zeigt sich, dass diese kleinen Körner oft Ca-reicher sind als die im gleichen Schliff optisch erfassbaren Plagioklase. So schwanken die Werte beispielsweise im gleichen Schliff nach der opt.

Ermittlung: (25) – 30 – (35);
für die RMS: (18) – 35 – (46) (vgl. Tab. 5, 11).

Deshalb kommt die positive An-Insel auf der Metamorphosekarte (Fig. 24) so deutlich zum Ausdruck (vgl. auch Kap. 7 und Fig. 25).

Beim Hinzutreten von Kalifeldspat sinken die An-Werte deutlich ab; so treten auch nur in diesem Zusammenhang Peristerite (An (10) – 12 – (15)) auf.

Selten, und ausschliesslich im S-Teil, sind Myrmekite und Antiperthite vertreten.

Ab ist vor allem im N vertreten, tritt aber sporadisch auch im S auf.

5.2.4. *Chloritoid – Staurolith – Disthen*

Sprödglimmer tritt ausschliesslich im gotthardmassivischen Sedimentmantel auf und ist z. T. recht häufig.

Einzig im Zentrum der pos. An-Insel (siehe Fig. 24) tritt Staurolith an seine Stelle. In der penninischen Schieferzone ist Staurolith und Disthen eher selten, gegen S herrscht aber Disthen gegenüber Staurolith deutlich vor.

5.2.5. *Turmalin*

Als Durchläufer ist Turmalin praktisch in allen Sedimenten vertreten, wenn auch im N häufiger als im S. Er ist meist sehr klein ($\varnothing$ 10–20 μ) und fast immer zonar grün-blau.

5.2.6. *Orthit*

Orthit tritt sporadisch fast überall auf und wir versuchten auf der RMS eine Abhängigkeit des Chemismus von der Metamorphose zu erfassen, was

⁴⁾ Prof. H. Schwander sei an dieser Stelle besonders herzlich für die vielen Messungen gedankt.

Tabelle 11. *An-Gehalte der Plagioklase. RMS-Messungen mit Paragenese*

Paragenesen mit Karbonat	An %
Qz, Cc, Mu, Chl, Py	40–48
Qz, Cc, Bi, Mu, Zo	43–46
Qz, Cc, Bi, Mu, Zo, Py, Ilm, Turm	Ab, 33–45
Qz, Cc, Bi, Mu, Zo, Py, Ru, Ep	35–38
Qz, Cc, Bi, Mu, Zo, Py, Häm	28–31
Qz, Cc, Bi, Mu, Zo, Py, Häm, Chl	50
Qz, Cc, Bi, Mu, Zo, Py, KF	0–15, 25–30
Qz, Cc, Bi, Mu, Ru, Häm, KF	< 10
Qz, Cc, Bi, Mu, Disth, Zirk, Py, Ho	38–42
Qz, Cc, Bi, Chl, Zo, Ilm, Ho	45
Paragenesen ohne Karbonat	
Qz, Bi, Mu, Zo	Ab
Qz, Bi, Mu, Zo, Ep, Ilm	19–22
Qz, Bi, Mu, Zo, Ep, Ilm, Disth, Turm, Ru	30
Qz, Bi, Mu, Zo, Zirk, Gr, Ru, Ilm, Turm, Spgli	33–46
Qz, Bi, Mu, Zo, Chl, Häm, KF	12
Qz, Bi, Mu, Zo, Zirk, Ilm, KF	< 10

(Qz = Quarz, Cc = Karbonat, Bi = Biotit, Mu = Muskovit, Chl = Chlorit, Spgli = Chloritoid, Zo = Zoisit, Ep = Epidot, Ru = Rutil, Ilm = Ilmenit, Zirk = Zirkon, Disth = Disthen, Ho = Hornblende, Turm = Turmalin, KF = Kalifeldspat, Py = Pyrit, Häm = Hämatit).

nicht möglich scheint. Die auffällige Einbaufreudigkeit für Spuren seltener Elemente (P, Ce, La, Nb, Zr, Pr) scheint einzig vom Angebot des Ausgangsmaterials abhängig zu sein. Pleochroitische Höfe konnten nirgends beobachtet werden. Nicht selten tritt er als Kern in Epidot auf.

5.2.7. *Epidot – Zoisit*

Die Epidotgruppe tritt in allen Gesteinen sehr häufig auf. Epidot und Klinozoisit (anomal blau) sind dabei am weitesten verbreitet. Umwandlung von Zoisit in Chlorit (Pennin neg., anomal blau) + Karbonat, z. T. sogar serpentinisiert (Nuf. Gr.-Sch.). Oft sind Zoisitkerne umgeben von Epidotsäumen; seltener Rutilkerne in Epidot. Zoisit-Epidot-Verwachsungen mit Karbonatlamellen kommen öfter vor. Häufige Begleiter sind Apatit und Zirkon. Die Durchschnittsgrösse aller dieser Körner liegt bei $30 \times 50 \mu$, einzig der Epidot ist manchmal grösser.

5.2.8. *Ilmenit – Rutil – Titanit*

In fast allen Fällen, in denen Ilmenit auftritt ist er unverändert, mit typisch stengeligem Querschnitt. Leukoxenränder treten in der gotthardmassivischen Sediment-Bedeckung öfters auf; selten auch die Umwandlung Ilmenit-Rutil.

Einzig in den Grüngesteinen der Veglia-Zone tritt Titanit auf; er ist oft in Umwandlung zu Rutil begriffen.

5.2.9. Pyrit

Unter der RMS konnten wir verschiedentlich Pyrit nachweisen, der randlich allen Schwefel verloren hat. Mehrfach auch eine Lamellierung ganzer Pyrit-Kristalle im μ -Bereich von FeS und Karbonat.

5.2.10. Graphit

Viele der hier untersuchten Gesteine führen Pigment, das normalerweise in der Literatur als Graphit bezeichnet wird. Die charakteristische Linie für Graphit tritt bei der Guinier-Aufnahme auch wirklich auf (vgl. Keller 1968), was aber kein Beweis gegen sonstiges organisches Material ist. Ebenfalls bei Keller ist die typische Peak-Verschiebung bei den DTA-Aufnahmen beschrieben; je grösser der Gehalt an Graphit, um so tiefer die Peak-Temperatur. D. h. in unserem Falle auch: der grösste Teil des Pigment-Materials ist Graphit.

Aus einer 20-kg-Probe⁵⁾ eines Schiefers der gotthardmassivischen Sediment-Bedeckung (sehr pigmentreich: Glühverlust 18%) wurde durch Feinmahlen, Flottieren und Trocknen (ohne Wärme) ein Konzentrat gewonnen, das auf organische Substanz überprüft wurde. Durch Extraktion war es möglich, soviel organisches Material zu erhalten, dass sich eine Untersuchung rechtfertigte. Von Anfang an kam nur eine qualitative Betrachtung in Frage, da es nicht möglich war, das Pigment quantitativ aus dem Gestein zu lösen (die im Gestein feinstverteilten Pigmentkörner sind durchschnittlich ca. $1/10 \mu$ gross).

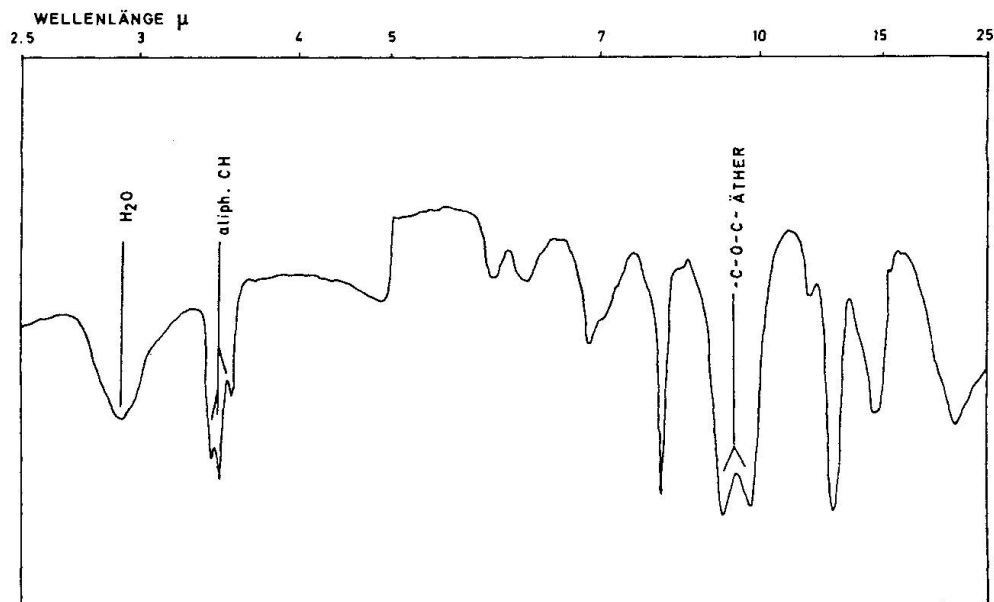


Fig. 17. IR Spektrum des organischen Materials. (Mikropille, fest in KBr.)

⁵⁾ 2-Glimmerschiefer, Granat und Staurolith führend, Koord. 672 500/143 450, ca. 2750 m ü. M.

Im IR-Spektrum⁶⁾ konnte dabei eindeutig Wasser (Feuchtigkeit) sowie aliphatisches CH und ein -C-O-C-Äther nachgewiesen werden. Die ganze Struktur ist dabei ähnlich (nicht identisch) einem Polyoxyäthylen, d. h. wir hätten es mit einem „Oilshale-Rückstand“ (Polybitumen) zu tun (Fig. 17).

Die Mikroanalyse ergab in Gew.-%:

C 17,5; N 0; S 0,4; Halogen (als Cl) 0,4,
H wenig ($\sim 0,5$); etwas Br; Rest anorgan.

6. PARAGENESEN

Fig. 18 zeigt das ACF-Verhältnis unserer koexistierenden Glimmer im Zusammenhang mit dem Gesteinschemismus. C nimmt dabei mit zunehmender Metamorphose ab, und zwar im Gesamtgestein und in den Glimmern. (Die zugehörigen Paragenesen sind in Tab. 5 enthalten). Das Diagramm Butlers (Fig. 19) zeigt den Zusammenhang des $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+2} + \text{Mg}$ -Verhältnisses in Biotit-Muskovit und Gestein. Für beide Minerale zeigt sich eine deutliche positive Abhängigkeit. Etwas weniger deutlich ist die Abhängigkeit bei den Spuren: Vanadium Glimmer/Gestein (Fig. 21) und Chrom Glimmer/Gestein (Fig. 20).

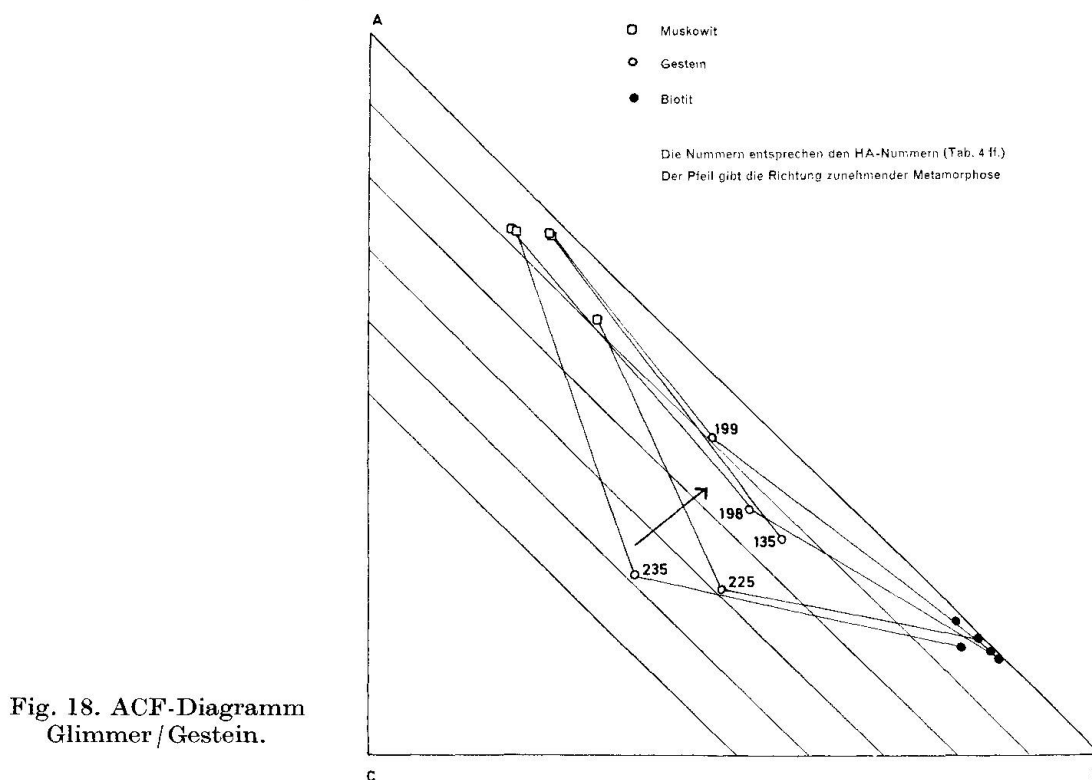


Fig. 18. ACF-Diagramm
Glimmer / Gestein.

⁶⁾ Für die Untersuchungen am organischen Material sei hier der Fa. F. Hoffmann-La Roche (Basel), sowie dem org.-chem. Inst. der Universität Bern bestens gedankt.

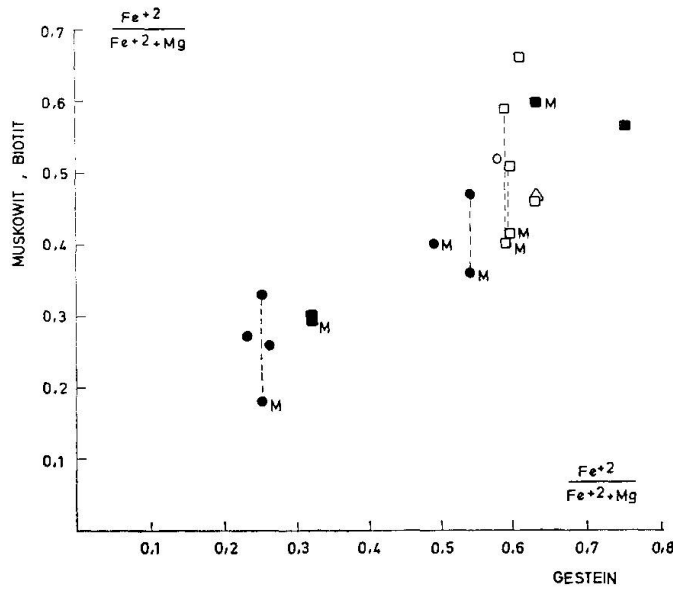


Fig. 19. $\frac{Fe^{+2}}{Fe^{+2}+Mg}$ -Verteilung: Glimmer/Gestein (M = Muskovit).

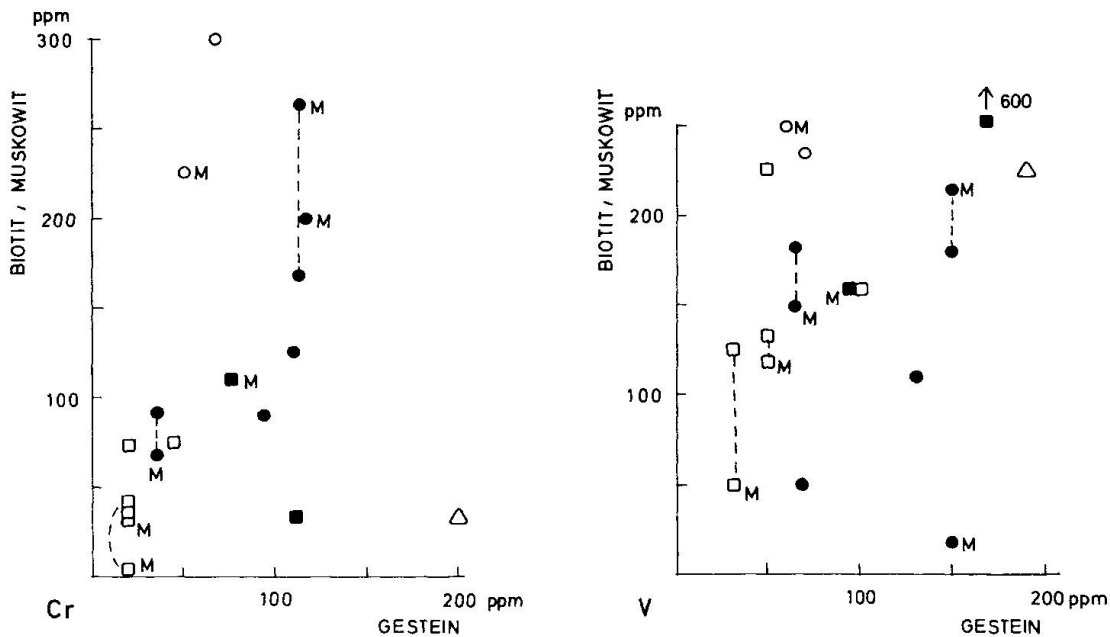


Fig. 20. Chrom-Verteilung: Glimmer/Gestein. Fig. 21. Vanadium-Verteilung: Glimmer/Gestein.

Immerhin ist hier ein gewisser Trend noch nachzuweisen, bei allen andern Spuren jedoch nicht.

Fig. 22 zeigt das Verhältnis Al/Si in den Glimmern des beschriebenen Gebietes (vgl. WENK 1970). Auch hier zeigt sich deutlich die grössere Variationsbreite der Muskovite. (Unsere Gruppe 1 entspricht dabei den „gneisses“, die Gruppen 2, 3 und 4 den „micaschists“ obiger Arbeit).

Die Al^{VI} -Verteilung Muskovit/Biotit (Fig. 23) zeigt für die Lebendun-Serie

die charakteristische Lage ($K_D > 7$). Bei niedriger Metamorphose scheint jedoch ein Gleichgewicht nicht hergestellt worden zu sein.

Der Vergleich der Analysen aus JUSTIN (1967) mit unseren Resultaten der entsprechenden Gesteine (Gruppe 4) zeigt die grosse Variabilität all dieser metamorphen Schieferserien, und es ist deshalb nicht möglich, auf Grund dieser Resultate die Phyllite des Lebendun-Mesozoikums und die Quartenschiefer-Äquivalente der gotthardmassivischen Sediment-Bedeckung als iden-

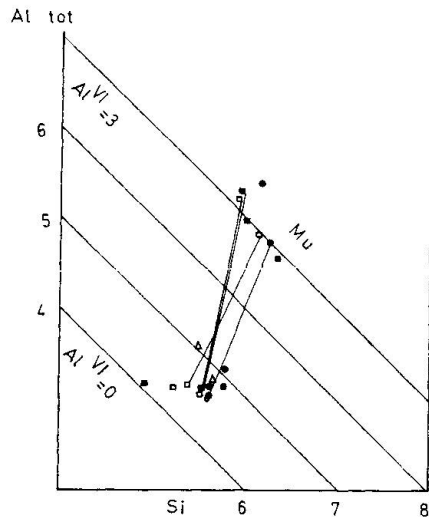


Fig. 22. Al/Si-Verteilung der untersuchten Glimmer.

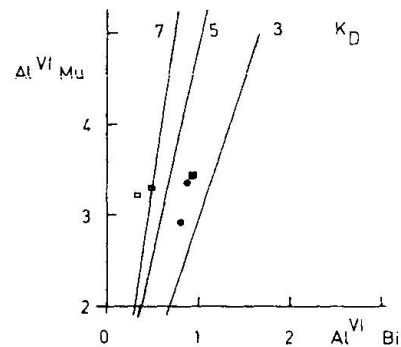


Fig. 23. AlVI-Verteilung der untersuchten koexistierenden Glimmer.

tisch zu erklären, wie das JUSTIN tun möchte. Der Befund, chemisch und lithologisch, lässt nur die Aussage zu, dass ähnliche Ausgangsmaterialien unter ähnlichen Metamorphosebedingungen zu ähnlichen Resultaten führen. FRIZ (1965) spricht denn auch von einem „... livello equivalente ai Quartenschiefer del Gottardo...“. Ich neige viel eher zur – etwas modifizierten – Ansicht von Joos (1967): Die gotthardmassivische Sediment-Bedeckung und das Lebendun-Mesozoikum sind zwei gleichaltrige, unter ähnlichen (littoral bis shelf) abgelagerte Sediment-Serien; sie stammen vom N-, resp. S-Rand eines Troges (aus dem auch die Lebendun-Serie ss. stammt) und liegen hier zufällig durch tektonische Verlagerung nahe beieinander. Dabei hat die alpine Metamorphose zu ähnlichen Paragenesen geführt.

7. METAMORPHOSE

Mit der Bestimmung der An-Gehalte der Plagioklasse in der Paragenese Calcit-Plagioklas hat WENK (1962) erstmals in den Alpen Isograde für eine Betrachtung der Metamorphose gegeben. Dabei blieben die Randgebiete noch relativ schwach dokumentiert. So konnte Joos (1969) für sein Gebiet eine

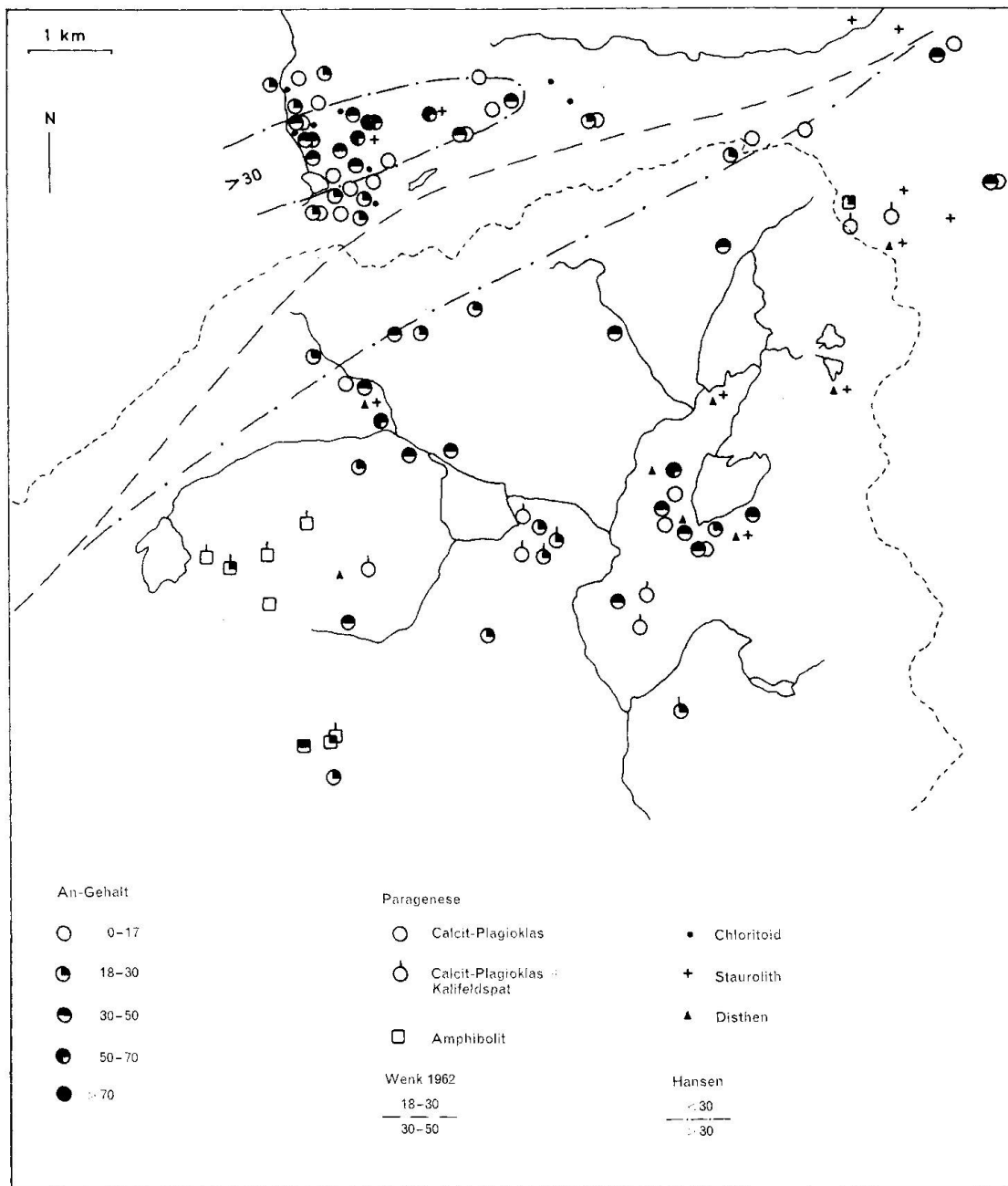


Fig. 24. Regionale Verteilung der Anorthitgehalte.

Doppelzeichen geben für denselben Schliff Albit neben Plagioklas – oder grösseren Streubereich als obige Einteilung – an.

erste Modifikation für den Isograd An 30 anbringen. Dasselbe wurde hier versucht und es zeigt sich (Fig. 24), dass der Isograd 18–30/30–50 heute etwas nach S verschoben werden muss. Neu hinzu tritt ausserdem eine positive An-Insel, gut abgrenzbar mit An 30, im zentralen Teil der gotthardmassivischen Sediment-Bedeckung. In ihrem Zentrum treten die höchsten An-Werte des ganzen hier untersuchten Gebietes (An (52)–65–(76)) auf.

Dasselbe dokumentiert der Übergang Chloritoid-Stauroolith: die höchsten An-Werte der erwähnten Insel fallen mit dem ersten Auftreten von Stauroolith zusammen.

Es sei auch noch darauf verwiesen, dass diese An-Insel direkt westlich an die positive An-Insel anschliesst, die von WENK und KELLER (1969, Tafel II) in der Paragenese Plagioklas-Amphibolit dargestellt wurde. In meinem Gebiet sind die Amphibolite zu spärlich vertreten, um damit argumentieren zu können.

In den kieseligen Karbonatgesteinen (TROMMSDORFF 1966) tritt nur die Paragenese Tremolit-Calcit-Dolomit auf.

Die vorhandenen Paragenesen deuten nach WINKLER (1967) auf Barrow-Typ: I, Grünschiefer Fazies

B.1.2. Quarz-Albit-Epidot-Biotit-Subfazies

B.1.3. Quarz-Albit-Epidot-Almandin-Subfazies

und II, Almandin-Amphibolit-Fazies.

Eine Faziesgrenze zu ziehen ist aber im hier betrachteten Gebiet nicht möglich, da diese Fazies je ineinander übergehen und untereinander beständig sein können. Die ganze Bündnerschieferserie kann jedoch als Übergangszone Grünschiefer-Amphibolit-Fazies betrachtet werden.

Allerdings hat schon Miyashiro (1961) darauf hingewiesen, dass jedes regionalmetamorphe Gebiet durch eine bestimmte (gebietsspezifische) Faziesserie gekennzeichnet ist. Es ist deshalb etwas problematisch in den Alpen mit den schottischen Fazies-Serien zu arbeiten. Besonders die An-Insel steht im Widerspruch zu WINKLER, müsste sie doch mit ihrer Paragenese Stauroolith-Granat-Biotit-Muskovit-Plagioklas-Zoisit-Karbonat, und zudem ammonitenführend (vgl. 4.1.31), über 540°C erlitten haben. Eben aus diesem Schiefer wurde aber das organische Restmaterial (5.2.10) isoliert.

Die Thermo-Mikro-Gravimetrie ergibt für diese organische Substanz (sicc) eine erste Reaktion in endothermer Richtung (Steigungsänderung der Kurve) zwischen 170 und 210°C, um von da an kontinuierlich bis zu einem endothermen Maximum bei 790°C anzusteigen. Die Gewichtsabnahme beträgt dabei bei der ersten Stufe 4,9, bei der zweiten 12,8% der Einwaage. Es scheint mir dies ein Hinweis für die Annahme einer relativ niedrigeren Temperatur zu sein.

TURNER und VERHOOGEN nehmen denn auch (1960) die P/t-Bedingungen mit 300–500°C wesentlich tiefer an. BARTH (1962) rechnet sogar nur mit 100–400°C.

Versuchen wir nun, diese lokal erhöhte Metamorphose (An-Insel) zu interpretieren, so bleibt die Möglichkeit einer lokalen Aufheizung an Ort und Stelle – vielleicht im Zusammenhang mit der Platznahme des Rotondo- oder Sädelhorn-Intrusivkörpers –, was mir unwahrscheinlich erscheint.

Da man andererseits weiss, dass im offenen System bei relativ niedrigerer Temperatur eine scheinbar höhere Fazies stabil werden kann, liegt die Annahme

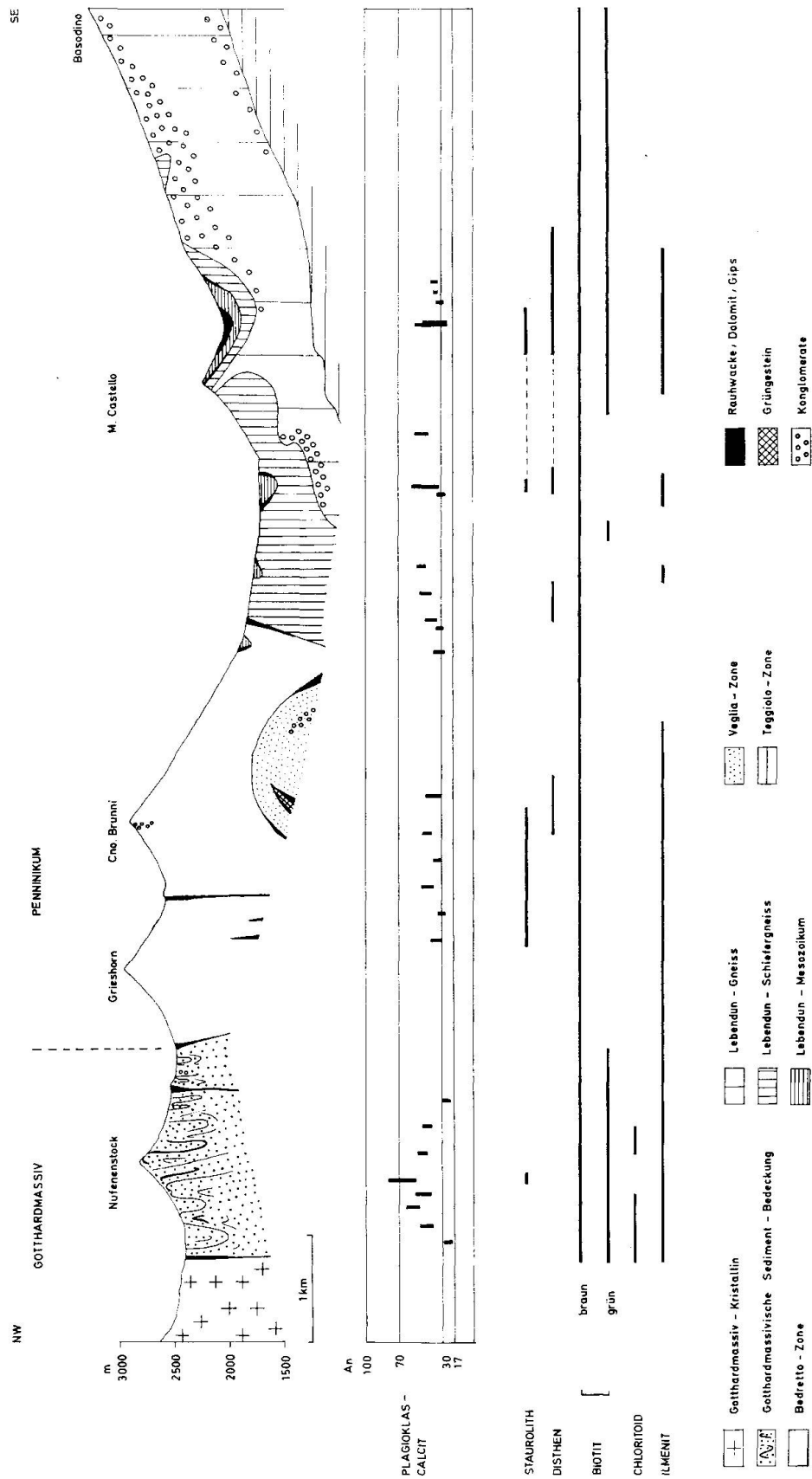


Fig. 25. Profil, Anorthitgehalte und Auftreten gesteinsbildender Minerale.

einer Spalte (fissure, W. G. Ernst)⁷⁾ im sonst verhältnismässig geschlossenen System nahe. Das würde bedeuten, dass in einem Gebiet, das regional weitgehend in chemischem Gleichgewicht ist (vgl. WENK 1970), lokale Ungleichgewichte auftreten können.

Im weiteren ist daran zu denken, dass bei konstantem Druck und konstanter Temperatur – falls genügend Al + Ca vorhanden ist – in pelitischen Schiefern von unserm Metamorphosegrad der An-Gehalt zunimmt, sobald die CO₂-Aktivität der Dampfphase ansteigt (P. M. ORVILLE)⁷⁾. Dass in diesen Gesteinen viel CO₂ vorhanden sein konnte, sieht man schon am hohen Prozentsatz von organischem Material, der heute noch in diesen Gesteinen anzutreffen ist.

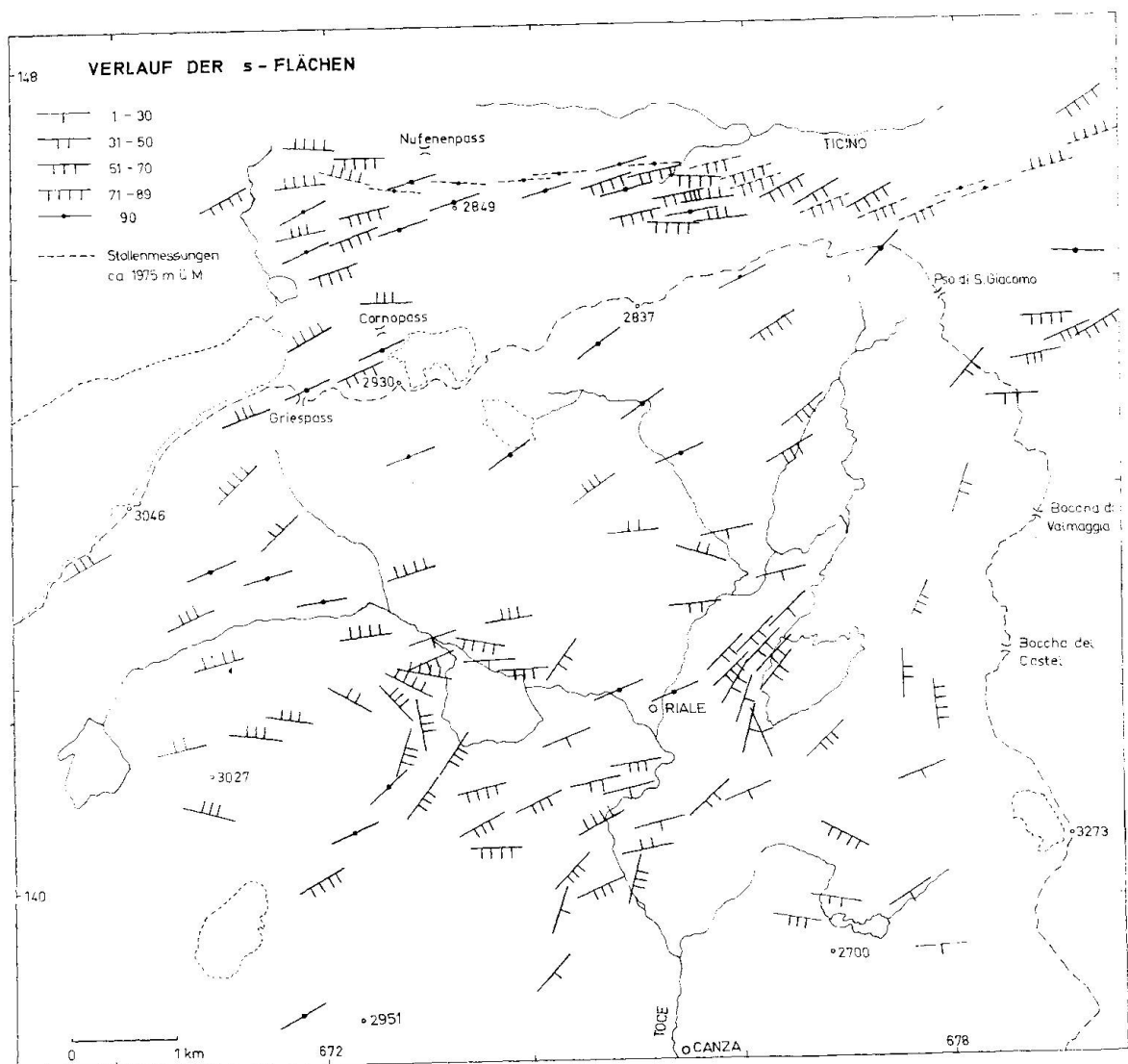


Fig. 26.

⁷⁾ Ihnen sei hier für die anregenden Diskussionen bestens gedankt.

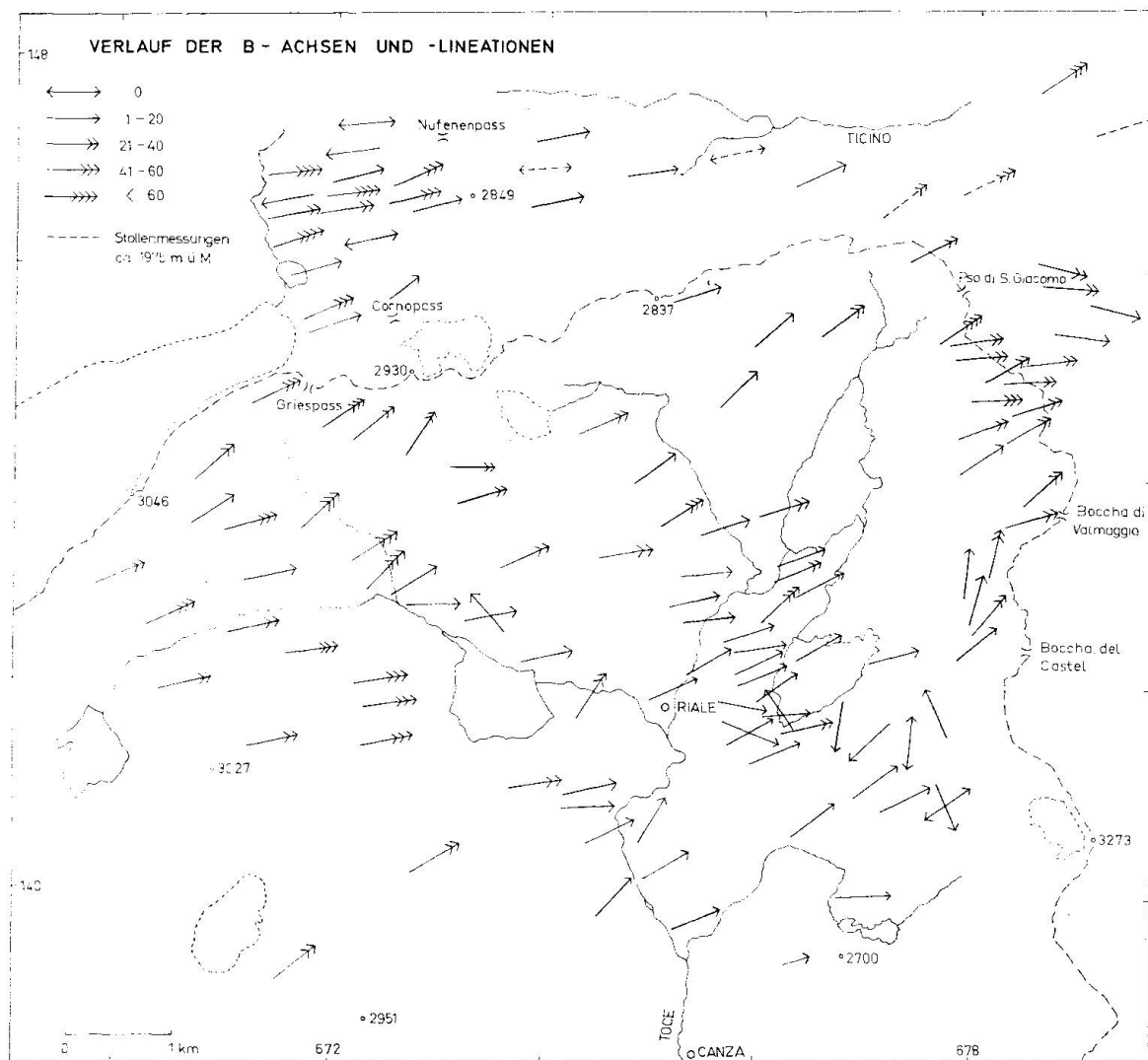


Fig. 27.

LITERATUR

SMPM = Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen

- ARGAND, E. (1934): La zone penninique. Geol. Führer der Schweiz, Fasc. III.
- ARNDT, H. (1914): Petrographische Studien in den Kontaktzonen der Gneisse und Kalkgesteine im Simplongebiet. Jber. schles. Ges. vaterl. Cultur.
- BADER, H. (1934): Beitrag zur Kenntnis der Gesteine und Minerallagerstätten des Binnentales. SMPM 14.
- BARTH, T. W. F. (1956): Studies in Gneiss and Granite I and II. Norske Videnskaps Akad. i Oslo, 1. Mat. Natw. Kl. No. 1.
- (1961): The feldspar geologic thermometers. Norsk. geol. Tidsskr. 42, 2 H.
- BAUMER, A. (1964): Geologie der gotthardmassivisch-penninischen Grenzregion. Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Serie, 39.

- BAUMER, A., FREY, J. D., JUNG, W. und UHR, A. (1961): Die Sedimentbedeckung des Gotthardmassivs zwischen oberem Bleniotal und Lugnez. *Eclogae geol. Helv.* 54.
- BEARTH, P. (1939): Über den Zusammenhang von Monte Rosa- und Bernhard-Decke. *Eclogae geol. Helv.* 32.
- (1952): Über das Verhältnis von Metamorphose und Tektonik in der penninischen Zone der Alpen. *SMPM* 32.
- (1958): Über einen Wechsel der Mineralfacies in der Wurzelzone des Penninikums. *SMPM* 38.
- (1961): Contribution à la subdivision tectonique et stratigraphique du cristallin de la nappe du Gd. S. Bernard dans le Valais (Suisse). *Livre Mém. P. Fallot II, Soc. geol. France.*
- (1967): Die Ophiolithe der Zone von Zermatt–Saas-Fee. *Beitr. geol. Karte Schweiz, NF* 132.
- BEARTH, P. et LOMBARD, A. (1965): Notice explicative, Feuille 6 Sion, Carte geol. générale Suisse 1 : 200 000.
- BERNOULLI, W. (1942): Ammoniten im Bündnerschiefer von Thermen bei Brig. *Eclogae geol. Helv.* 35.
- BOLLI, H. M. und NABHOLZ, W. (1959): Bündnerschiefer, ähnliche fossilarme Serien und ihr Gehalt an Mikrofossilien. *Eclogae geol. Helv.* 52.
- BOSSHARD, L. (1925): Der Bau der tessiner Kulmination. *Eclogae geol. Helv.* 19.
- BRAITSCH, O. und CHATTERJEE, N. D. (1963): Metamorphe Mineralreaktionen in Vesuvian-führenden Paragenesen. *Beitr. Mineral. Petrogr.* 9.
- BROWN, E. H. (1967): The greenschist facies in part of eastern Otago, New Zealand. *Beitr. Mineral. Petrogr.* 14.
- BRÜCKNER, W. (1941): Über die Entstehung der Rauhwacken und Zellendolomite. *Eclogae geol. Helv.* 34.
- BURCKHARDT, C. E. (1942): Geologie und Petrographie des Basodino-Gebietes (nord-westliches Tessin). *SMPM* 22.
- CHATTERJEE, N. D. (1962): Vesuvianite-Epidote paragenesis as a product of greenschist facies of regional metamorphism in the western Alps. *Beitr. Mineral. Petrogr.* 8.
- CORNELIUS, H. P. (1921): Zur Frage von Kristallisation und Schieferung in metamorphen Gesteinen. *Centr. Mineral.*
- (1927): Über tektonische Breccien, tektonische Rauhwacken und verwandte Erscheinungen. *Centr. f. Min.*
- EICHENBERGER, R. (1924): Geologisch-petrographische Untersuchungen am Südwestrand des Gotthardmassivs (Nufenengebiet). *Eclogae geol. Helv.* 18.
- FOSTER, M. D. (1960): Interpretation of the composition of trioctahedral micas. *U.S. Geol. Survey, prof. Paper* 354-B.
- Frey, J. D. (1967): Geologie des Greinagebietes. *Beitr. geol. Karte Schweiz, NF* 132.
- FREY, M. (1969): Die Metamorphose des Keupers vom Tafeljura bis zum Lukmanier-Gebiet. *Beitr. geol. Karte Schweiz, NF* 137.
- FRISCHKNECHT, G. (1923): Die zwei Kulminationen Tosa und Tessin und ihr Einfluss auf die Tektonik. *Eclogae geol. Helv.* 17.
- FRIZ, C. (1963): La serie stratigrafica del ricoprimento penninico inferiore del Lebendun in alta Val Formazza (Alpi Lepontine). *Mem. Acc. Pataviana Sci. Lett. Arti* 75 II.
- (1965a): Lineamenti geologici della zona circostante alla cascata della Toce (alta Val Formazza). *Acc. Naz. Licei, fasc.* 8, Vol. 37.
- (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, fasc.* 8, Vol. 38.

- GERLACH, H. (1883): Die penninischen Alpen. Beitr. geol. Karte Schweiz, 27.
- GRAESER, S. (1965): Die Mineralfundstellen im Dolomit des Binnentals. SMPM 45.
- GÜNTHER, A. (1953): Über Orthit des Penninikums des NW Tessins. SMPM 33.
- (1954): Beiträge zur Petrographie und Geologie des Maggia-Lappens (NW Tessin). SMPM 34.
- (1958): Erläuterungen zu Blatt Basodino. Geol. Atlas Schweiz.
- HAFNER, S. (1958): Petrographie des südwestlichen Gotthardmassivs. SMPM 38.
- HIGGINS, A. K. (1964a): The Structural and Metamorphic geology of the area between Nufenenpass and Basodino, Tessin, Switzerland. London.
- (1964b): Fossil Remains in Staurolite-Kyanite Schists of the Bedretto-Mulde Bündnerschiefer. Eclogae geol. Helv. 57.
- HOSCHEK, G. (1967): Untersuchungen zum Stabilitätsbereich von Chloritoid und Staurolith. Beitr. Mineral. Petrogr. 14.
- HUNZIKER, J. C. (1966): Zur Geologie und Geochemie des Gebietes zwischen Valle Antigorio (Provincia di Novara) und Valle di Campo (Kt. Tessin). SMPM 46.
- (1970): Polymetamorphism in the Monte Rosa, western Alps. Eclogae geol. Helv. 63.
- HUNZIKER, J. C. und BEARTH, P. (1969): Rb-Sr-Altersbestimmungen aus den Walliser-Alpen. Eclogae geol. Helv. 62.
- JÄGER, E. (1962): Rb-Sr-Age Determinations on micas and total Rocks from the Alps. J. Geophys. Res. 67.
- JÄGER, E., GEISS, J., NIGGLI, E., STRECKEISEN, A., WENK, E. und WÜTHRICH, H. (1961): Rb-Sr-Alter an Gesteinsglimmern der Schweizer Alpen. SMPM 41.
- JÄGER, E., NIGGLI, E. und WENK, E. (1967): Rb-Sr-Altersbestimmungen an Glimmern der Zentralalpen. Beitr. geol. Karte Schweiz, NF 134.
- JOOS, M. G. (1967): Über die Herkunft der Lebendunserie. Eclogae geol. Helv. 60.
- (1969): Zur Geologie und Petrographie der Mte. Giove-Gebirgsgruppe im östlichen Simplongebiet (Novara, Italia). SMPM 49.
- JUSTIN, E. (1967): Metamorfismo dei terreni del Trias superiore nel ricoprimento Lebendun (Val Formazza). Mem. Ist. Geol. e Min. Univ. Padova, Vol. 26.
- LARDY, C. (1832): Sur les Belemnites de la Nufenen. Actes Soc. Helv. Sci. Nat.
- LISZKAY, M. (1956): Geologie der Sedimentbedeckung des südwestlichen Gotthard-Massivs im Oberwallis. Eclogae geol. Helv. 58.
- LÜTHI, H. J. (1965): Geologie der gotthardmassivischen Sedimentbedeckung und der penninischen Bündnerschiefer im Blinnental, Rappental und Binntal (Oberwallis). Diss. Univ. Bern.
- MEIER, P. und NABHOLZ, W. (1949): Die mesozoische Hülle des westlichen Gotthard-Massivs im Wallis. Eclogae geol. Helv. 42.
- MILNES, A. G. (1965): Structure and History of the Antigorio Nappe (Simplon Group, North Italy). SMPM 45.
- NIGGLI, E. (1960): Mineral-Zonen der alpinen Metamorphose in den Schweizer Alpen. Int. Geol. Congr., 21st Sess. Norden 13.
- (1961): Bemerkungen zur tertiären regionalen Metamorphose in den Schweizer Alpen. N. Jb. Miner. Abh. 96.
- NIGGLI, E. und NIGGLI, C. R. (1965): Karten der Verbreitung einiger Mineralien der alpidischen Metamorphose in den Schweizer Alpen. Eclogae geol. Helv. 58.
- NIGGLI, P. (1912): Die Chloritoidschiefer und die sedimentäre Zone am Nordostrande des Gotthardmassivs. Beitr. geol. Karte Schweiz, NF 36.
- (1929): Die chemisch-mineralogische Charakteristik der metamorphen Paragesteinsprovinz am Südrande des Gotthardmassivs. SMPM 9.
- (1950): Probleme der alpinen Gesteinsmetamorphose. SMPM 30.

- NIGGLI, P., PREISWERK, H., GRÜTTER, O., BOSSHARD, L. und KÜNDIG, E. (1936): Geologische Beschreibung der Tessiner Alpen zwischen Maggia und Blenio. Beitr. geol. Karte Schweiz, NF 71.
- OBERHOLZER, W. (1955): Geologie und Petrographie des westlichen Gotthardmassivs. SMPM 35.
- PLESSMANN, W. (1957a): Zur Tektonik und Metamorphose der Bündner Schiefer am SW Rand des Gotthardmassivs. Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, 1.
- (1957b): Ein Vertreter der Arietitidae (Hyatt 1874) im metamorphen Bündner Schiefer vom Nufenenpass. N. Jb. Geol. u. Pal., Mh. 4.
- (1958): Tektonische Untersuchungen an Randteilen des Gotthard-Massivs. Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, 7.
- POLDERVAART, A. and GILKEY, A. K. (1954): On clouded Plagioclase. Amer. Mineral. 39.
- PREISWERK, H. (1907): Die Grünschiefer in Jura und Trias des Simplongebietes. Beitr. geol. Karte Schweiz, 26.
- (1912): Die Struktur der nördlichen Tessiner Alpen. Eclogae geol. Helv. 12.
- (1913): Die metamorphen Triasgesteine im Simplontunnel. Verh. Natf. Ges. Basel, 24.
- (1918): Geologische Beschreibung der lepontinischen Alpen. Teil II. Beitr. geol. Karte Schweiz, 26.
- (1925): Tessinergneis. SMPM 4.
- PREISWERK, H. und REINHARD, M. (1934): Geol. Führer der Schweiz, Fasc. III u. VII.
- RÜE, E. A. et WEIDMANN, M. (1966): Nouvelles découvertes d'ammonites dans la couverture sédimentaire du Massiv du Gotthard. Eclogae geol. Helv. 59.
- SALOMON, W. (1911): Arietites sp. im schiefrigen, granatführenden Biotit-Zoisit Hornfels der Bedrettozone des Nufenenpasses. Verh. nat.-hist.-med. Ver. Heidelberg, NF 11.
- SCHMIDT, C. und PREISWERK, H. (1908): Erläuterungen zur geologischen Karte der Simplongruppe. Geol. Karte d. Schweiz, 6.
- SCHWANDER, H. (1966): Über einige Anwendungen der Röntgen-Mikrosonde auf dem Gebiete der Mineralogie und Geochemie. Mikrochimica Acta, Suppl. I.
- SCHWANDER, H., HUNZIKER, J. C. und STERN, W. B. (1968): Zur Mineralchemie von Hellglimmern in den Tessiner Alpen. SMPM 48.
- STAUB, R. (1958): Klippendecke und Zentralalpenbau. Beitr. geol. Karte Schweiz, NF 103.
- STELLA, A. (1904): Sulla geologia della regione ossolana contigua al Sempione. Bull. Soc. geol. ital., 23.
- STERN, W. B. (1966): Zur Mineralchemie von Glimmern aus tessiner Pegmatiten. SMPM 46.
- TROMMSDORFF, V. (1966): Progressive Metamorphose kieseliger Karbonatgesteine in den Zentralalpen zwischen Bernina und Simplon. SMPM 46.
- TRÜMPY, R. (1955): Wechselbeziehung zwischen Paläogeographie und Deckenbau. Mitt. Geol. Inst. ETH.
- (1960): Paleotectonic evolution of the central and western Alps. Bull. Geol. Soc. Amer. 71.
- WENK, E. (1948): Ostalpine und penninisches Kristallin. SMPM 28.
- (1953): Prinzipielles zur geologisch-tektonischen Gliederung des Penninikums im zentralen Tessin. Eclogae geol. Helv. 46.
- (1954): Berechnung von Stoffaustauschvorgängen. SMPM 34.
- (1955): Eine Strukturkarte der Tessiner Alpen. SMPM 35.
- (1958): Über Diskontinuitäten in Plagioklasserien metamorphen Ursprungs. SMPM 38.
- (1962): Plagioklas als Indexmineral in den Zentralalpen. SMPM 42.
- (1963): Zur Definition von Schiefer und Gneiss. N. Jb. Min., Mh. 5.

- (1970): Distribution of Al between Coexisting Micas in Metamorphic Rocks from the Central Alps. *Contr. Mineral. Petrol.* 26.
- WENK, E. und KELLER, F. (1969): Isograde in Amphibolitserien der Zentralalpen. *SMPM* 49.
- WENK, E., SCHWANDER, H., HUNZIKER, J. C. und STERN, W. B. (1963): Zur Mineralchemie von Biotit in den Tessineralpen. *SMPM* 43.
- WENK, E. und TROMMSDORFF, V. (1965): Parallelgefüge und Glimmerregelung im südöstlichen Teil der Simplongruppe. *Eclogae geol. Helv.* 58.
- WUNDERLICH, H. G. und PLESSMANN, W. (1957): Tektonik und Metamorphose der Bündnerschiefer in der Umgebung des Gotthardmassivs. *Nachr. Akad. Wiss. Göttingen*, IIa.

Manuskript eingegangen am 22. September 1971.

Leere Seite
Blank page
Page vide



Geologisch - petrographische Kartenskizze des oberen Val Formazza

1:25 000

JÖRG W. HANSEN

LITHOLOGISCHE BEZEICHNUNGEN

- V V Sackung, Hackenwurf
- * * * Granat
- x x Hornblendegarben
- Quartär, Gletscher, Seen
- Rauhacke
- Dolomit, Gips, Marmor
- Sandsteine, (Kalk-) Quarzite
- Grügesteine
- Konglomerate

GOTTHARD - MASSIV

- Prätriadisch**
ALKRISTALLIN
- Prato - Serie
Glimmer - Alkalifeldspatgneise
- Mesozoisch**
GOTTHARDMASSIVISCHE SEDIMENT - BEDECKUNG
- Nufenen Granatschiefer
Tonschiefer und Limalienkalke
meist granatreich
- Nufenen Knotenschiefer
knotenarme Kalk
knotenreiche Karbonatschiefer
- Quartarschiefer - Äquivalente
Serizit - Phyllite, z.T. mit
Hornblendegarben

BEDRETTO - ZONE

- Mesozoisch**
- Glimmerschiefer, ± Karbonat
vereinzelt Einlagerungen von
Sandsteinen, Quarziten und Konglomeraten
- VEGLIA - ZONE**
- Mesozoisch**
- Karbonat - Glimmerschiefer mit
Einlagerungen von Quarziten
und Konglomeratgneissen sowie
Grügesteinen
- TEGGIOLO - ZONE**
- Mesozoisch**
- dunkle Zweiglimmerschiefer
z.T. mit Granat

LEBENDUN - SERIE

- Permo - Karbon**
- vorwiegend helle Zweiglimmergneise
z.T. Konglomeratgneise
- Zweiglimmergneise, teils schiefrig,
teils quarzitisches
- Schiefergneise
glimmerreich
- Mesozoisch**
- Glimmerschiefer und Phyllite z.T. mit
Hornblendegarben
Einlagerungen von Marmor, Quarziten
und Kalkquarziten

Marmor z.T. prätriadisch
Sandsteine und Quarzite
z.T. prätriadisch