

# Ergebnisse und Probleme von Gefügeuntersuchungen im Verzascatal (Tessin)

Autor(en): **Wenk, Eduard**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **23 (1943)**

Heft 1

PDF erstellt am: **27.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-20059>

## **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.

# Ergebnisse und Probleme von Gefügeuntersuchungen im Verzascatal (Tessin) <sup>1)</sup>

Von *Eduard Wenk* (Basel)

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Problemstellung . . . . .	265
Gefügeuntersuchungen . . . . .	269
1. Striung, Glimmerregelung und Tektonik . . . . .	270
2. Homogenität der anisotropen Quarzgefüge . . . . .	274
3. Quarzregelung . . . . .	278
4. Heteroachsie der Glimmer- und Quarzregelung . . . . .	283
5. Räumliche Orientierung der Quarzregelung . . . . .	284
6. Zur Deutung der Quarzregelung . . . . .	285
Zusammenfassung . . . . .	289
Literaturverzeichnis . . . . .	292

## Problemstellung

Wegleitend bei der Wahl eines neuen Arbeitsgebietes war mir ein altes Interesse für die Genese der Tessiner Gneise, das zurückdatiert auf das Jahr 1929, als ich Prof. H. PREISWERK bei seinen Feldaufnahmen in den Bergen des obern Verzascatales begleitete, und das 1940 neu geweckt wurde bei eingehenden Rekognoszierungen im zentralen Tessin. Im Jahre 1941 wurde ich von der Geologischen Kommission der S. N. G. mit der Neukartierung des auf den Blättern Peccia (507) und Maggia (511) dargestellten Gebietes des obern Verzascatales im Masstabe 1:25 000 beauftragt. Die mit diesen, seit her weit fortgeschrittenen Feldarbeiten verbundene, eingehende Auseinandersetzung mit geologisch-tektonischen und petrologischen Problemen hat die vorliegende Untersuchung veranlasst.

Eine gute Einführung in die Geologie und Petrographie des Arbeitsgebietes geben die „Geologische Beschreibung der Tessiner-alpen zwischen Maggia- und Bleniotal“ (16) und die dazugehörige geologische Spezialkarte Nr. 116 (22) im Masstab 1:50 000. Der

---

<sup>1)</sup> Veröffentlicht mit Zustimmung der Geologischen Kommission S. N. G.

Leser der vorliegenden Arbeit sollte die genannte Karte zur Hand haben. Das Verzascatal liegt zwischen dem Maggia- und Tessintal und nimmt damit das wichtige Gebiet ein zwischen der Maggia-Querzone im Westen und der Tessiner Kulmination im Osten. Im Gegensatz zu den steil stehenden Gneiszonen am W-Rand des Untersuchungsgebietes sind die mächtigen Gneisserien der Verzasca grösstenteils flach gelagert. Wie umstritten die Tektonik des Gebietes ist, zeigt Tafel IV in Lit. 16 in aller Deutlichkeit. Problematisch ist vor allem die Rolle der von granodioritischen Gesteinen begleiteten, N-S streichenden Zone des Maggia-Gebietes, die von PREISWERK als wichtige Querfalte erkannt, von BOSSARD als lokale, axiale Depression aufgefasst, und von KÜNDIG als Querspur umgedeutet wurde. Diese viel diskutierte N-S-Struktur erfasst nicht nur die steilstehenden Gneiszonen des Maggia-Gebietes, sondern auch die flachgelagerten Gneise des Verzascatales, deren Strömung ebenfalls der N-S-Richtung folgt. Die Bedeutung und die Rolle dieser N-S verlaufenden Zone abzuklären, ist das geologisch-tektonische Hauptproblem des Gebietes. Dazu sind in erster Linie die Achsen der sichtbaren Gross- und Kleinfalten, und ganz allgemein die schon makroskopisch hervortretenden, linearen Richtungen der Gneise zu inventarisieren, wobei Gefügeuntersuchungen zu entscheiden haben, ob es sich um B-Achsen handelt, und welche Bedeutung diesen zukommt im regionalen Verband. Es ist ja zu erwarten, dass die Einspannung dieser Gebirgsmassen sowohl in N-S- wie in E-W-Richtung sich irgendwie in der Regelung von Glimmer und Quarz äussern muss, und damit scheint ein dankbares Thema für kombinierte feldgeologische und gefügeanalytische Untersuchungen vorzuliegen.

Das petrologische Hauptproblem ist die Genese der Tessiner Gneise, insbesondere der Orthogneise. NIGGLI (17) hat neuerdings fünf Alternativen für die Entstehung des Alkalifeldspatgneises der Leventina klar auseinandergehalten, von denen er nach den bisherigen Kenntnissen zwei für diskutabel und eine davon für wahrscheinlich hält. Es ist dies die bisher übliche Auffassung, dass praetriassische Granite unter Beteiligung von Lösungsphasen und Lösungsumsatz alpin metamorphosiert wurden. Ein solcher Sachverhalt, eine alpine Deformation praealpiner Gefüge, sollte durch gefügeanalytische Untersuchungen und besondere Beachtung der Reliktgefüge im Gebiete zwischen der Leventina und dem Gotthardmassiv abgeklärt werden können, ist dies aber noch nicht. Die Granit-Gneis-Probleme der Leventina gelten natürlich auch für die Verzasca; nur liegen hier die Verhältnisse insofern anders, als zum mindesten Lösungsumsätze eine

grössere Rolle spielen, als CASASOPRA (5) es aus der Leventina beschreibt. Einige Beispiele mögen das illustrieren:

Schon PREISWERK hat in einer kurzen Bemerkung in Lit. 16, S. 28 „eruptive Primärkontakte“ aus der Verzasca erwähnt, und dachte dabei wohl in erster Linie an die Kontakte an der Stirnfalte des durch einen sehr hohen Natrongehalt ausgezeichneten „Verzasca-Granitgneises“ mit den umhüllenden Staurolith-Disthen-Glimmerschiefern am Pizzo Rasia (V. d'Osola). Im Jahre 1942 konnten nun in den prachtvollen, aber teils schwer zugänglichen Aufschlüssen der La Marcia-S-Wand, bei der Lokalität Piotta, NW Alpe Tencio, in 1600—1800 m Höhe, Koord. 702,6/129,9 (ob Brione-Verzasca), diskordante Durchbrüche des gneisartigen Verzasca-Granites<sup>1)</sup> durch sein im übrigen konkordant mitgefaltetes Dach von Bändergneisen sedimentären Ursprungs beobachtet werden. Der Granit zeigt dabei eine deutliche Paralleltexur konform den diskordant zur Paragneisschieferung abgeschnittenen Schlotwänden. Die Kontakte sind sehr scharf; die unveränderten Paragneise sind durch wenige Centimeter mächtige, granatführende Quarzbändchen vom Granit getrennt. Die ebenfalls von solchen Quarzsäumen umrandeten Paragneisschollen im Granit sind unversehrt, während andere zusehends in glimmer- und hornblendereiche Einschlüsse übergehen und schliesslich als diffuse Zeichnung untergehen — Vorgänge, wie man sie allenthalben verfolgen kann. Unterhalb der Durchbruchsschote schwimmen in einer etwa 100 m mächtigen Zone bis hausgrosse Paragneisschollen im gneisartigen Verzasca-Granit, und diese Schollenserie — Migmatitzone — konnte bisher über mehrere Kilometer verfolgt werden; die mächtigen Bergsturzmassen zwischen Brione und Chiosetto enthalten schöne Muster davon.

Das Beispiel der La Marcia-S-Wand ist angeführt worden, weil hier der gneisartige Verzasca-Granit zwar lokal, aber in sehr eindrücklicher Weise, als alpine Strukturen durchbrechendes Intrusivgestein aufgeschlossen ist. Weit häufiger ist der Sachverhalt so wie an der Rasia-Stirnfalte, wo die Felddiagnose „syn- bis spätkinematische Intrusion“ lautet. Viele andere Stellen sind im Felde ebenso gut in der bisher angenommenen Weise deutbar. Daneben treten aber weitere Komplikationen auf, die allerdings erst bei der Detailkartierung richtig erfasst werden: Horizontal gelagerte, mächtige Paragneisserien mit lokal eingeschalteten, unzusammenhängenden Linsen

---

<sup>1)</sup> Als „gneisartiger Verzasca-Granit“, oder kurz „Granit“, sei hier der von PREISWERK (16, 21) beschriebene, trondhjemitische Verzasca-Granitgneis bezeichnet, der lokal recht massigen Charakter hat.



und Bänken von gneisartigem Verzasca-Granit gehen in horizontaler Richtung, also im Schichtenstreichen, über in Serien, die ausschliesslich aus verzascagrinitischem Material mit dioritischen Einschlüssen bestehen, ohne dass Grenzen festgehalten werden könnten.

Ob es sich bei all den erwähnten Erscheinungen lediglich um lokale Lösungsumsätze bei der Metamorphose älterer Gesteine handelt, ob ältere, umgeschmolzene Granite, oder junge granitische Magmen während der alpinen Orogenese, zur Hauptsache synkinematisch, und Nachschübe postkinematisch intrudierten, oder ob der Weg der Entstehung des granitischen Materials an sich ein komplizierterer ist, muss erst durch neue, eingehende Untersuchungen abgeklärt werden und soll das Thema einer künftigen, monographischen Behandlung der Verzasca sein. Dabei soll neben mikroskopisch-mineralogischen Untersuchungen den auf der Detailkartierung fussenden Feldbeobachtungen und Gefügeuntersuchungen s. l. das Hauptgewicht zukommen. Dadurch, dass die strukturellen Fragen Hauptthema werden, sollen die bisherigen, mehr die stoffliche Seite behandelnden Arbeiten ergänzt werden.

Da die Gesteine der Verzasca einesteils durch eine auf die alpine Gebirgsbildung beziehbare Kristallisation ihr Gepräge erhalten haben, andernteils aber als im Zusammenhang mit diesen orogenetischen Vorgängen verformte Gefüge aufzufassen sind, sollen die Beziehungen zwischen Kristallisation und Deformation studiert, die verformten Gefüge gründlich untersucht, und deren Symmetrie mit den Grossstrukturen verglichen werden, d. h. mit all dem, was wir nun einmal als alpine Tektonik bezeichnen.

NIGGLI hat solche Untersuchungen in Lit. 16 an verschiedenen Stellen gefordert und auf S. 137 zusammenfassend ausgeführt: „Man sieht daraus, dass das tektonische Studium der Verformung und das mikroskopische der Beziehung der Gefügeregelung zu den gross-tektonischen Elementen zur Entscheidung der Frage, ob Gesteine dieses Mineralbestandes rekristallisiert seien oder in älterer, ursprünglicher Form vorliegen, notwendig sind. In dieser Hinsicht ist noch sehr wenig gearbeitet worden, gerade in diesem Punkte muss die zukünftige Forschung einsetzen. Denn es ist ja tatsächlich so, dass Mineralbestand und Struktur der Gesteine der Tessiner Alpen die Schlussfolgerung zulassen würden, alles sei alpin völlig umkristallisiert worden.“

Die bei dieser Untersuchung einzuschlagende Richtung war somit gegeben, schwieriger war es aber, den gangbaren Weg zu finden, da ja im Tessin noch nicht gefügeanalytisch geforscht worden war.

Man konnte sich deshalb von vornherein keine Illusionen machen darüber, dass erst ein grosses Material kritisch bearbeitet werden müsse, bevor irgendwelche Resultate zu erwarten seien. Ein negativer Ausgang erschien noch im Verlaufe der Untersuchungen nicht ausgeschlossen.

Da sich heute einige wichtige Resultate ergeben, und da das Belegmaterial schon recht umfangreich ist (13 000 Pole gemessen) und dringend einer Sichtung bedarf, ist diese Arbeit zusammengestellt worden. Sie befasst sich mit einigen grundlegenden Fragen, die abgeklärt werden müssen, bevor Spezialprobleme behandelt werden können. Diese Sichtung und Zusammenstellung der bisherigen Resultate drängte sich auch aus einem andern Grunde auf: Die Gesteine des Arbeitsgebietes sind recht einheitlich geregelt; die für die Glimmer- und Quarzregelung charakteristischen Flächen und Geraden sind über das ganze Gebiet ähnlich orientiert, und damit ist der Rahmen zu eng geworden zur Lösung wichtiger, neu sich stellender Probleme. Der nächste Schritt muss sein, einigen dieser allgemeinen Fragen über das Arbeitsgebiet hinaus, vom Gotthard bis zum Lago Maggiore, nachzugehen.

Der Gewinn der bisherigen Untersuchungen besteht darin, dass eine Reihe von Fragen gelöst, und neue Probleme gestellt werden konnten. Es ist auch ein wesentlicher Gewinn, dass einmal gezeigt wird, dass hier ein weites, lohnendes, noch nicht abgedroschenes Arbeitsfeld vorhanden ist. Dadurch dürfte diese Arbeit parallel laufenden, regionalen Untersuchungen im Tessin von Nutzen sein und sie anregen, strukturellen Fragen mehr Beachtung zu schenken, als es bisher Brauch war.

### **Gefügeuntersuchungen**

Der folgenden Diskussion zu Grunde gelegt seien die SANDERschen Ausführungen, die Erfahrungstatsachen der Gefügekunde der Gesteine und der Metallographie zusammenfassen: „Gesteine sind den sie erzeugenden Vektoren symmetriegemässe Gefüge (24, S. III). Die Anisotropie des Gefüges ist, was die Regelung anbelangt, den annehmbaren und angenommenen Bewegungsbildern und Vektorenfeldern symmetriegemäss, d. h. fügt sich, was Lage, Zahl und Art der Symmetrieelemente anbetrifft, der Symmetrie der erzeugenden Vektoren und Bewegungen, ohne Verminderung derselben (24, S. 182).“

Die Symmetrieverhältnisse der Glimmer- und Quarzregelung

werden untersucht, übersichtlich dargestellt und mit feldgeologischen Befunden konfrontiert. Dabei wird soweit als möglich rein deskriptiv vorgegangen.

### 1. Striemung, Glimmerregelung und Tektonik

Im Handstück zeigen die meisten Gesteine der Verzasca in den s-Flächen noch eine oder zwei Scharen von Geraden. Feldbeobachtungen, gewöhnliche mikroskopische und Drehtisch-Untersuchungen helfen, folgende fünf Fälle zu unterscheiden, wobei von vornherein der seltene, nur auf Kluftpaketen und Harnischen gefundene und leicht diagnostizierbare Fall, dass die Lineare eine Rillung in der Transportrichtung darstelle, ausgeschlossen sei:

Fall 1. Die ausgezeichnete Gerade stellt lediglich den „Strich“, die orientierte Elongation der Glimmer in einer Richtung dar. Glimmer ist streng in s eingeregelt. Glimmerdiagramme zeigen ein Maximum der (001)-Lote in c. Die parallel orientierten Glimmer sind jedoch in einer Gefügerichtung gelängt, wobei von Fall zu Fall zu entscheiden ist, ob diese Elongation der (001)-Blättchen abhängig oder unabhängig vom Kornbau ist. Es ist also in diesem Fall eine im Feld und im Handstück deutlich erkennbare Richtung in den s-Flächen vorhanden, die aber gefügeanalytisch nicht (morphologische Einmessung von Glimmer, oder optische Einmessung bei vom Kornbau unabhängiger Elongation), oder doch nur schwer (optische Einmessung bei vom Kornbau abhängiger Elongation) erfassbar ist. In der Verzasca verbreiteter Fall. Symmetrie des Grobgefüges rhombisch.

Fall 2. Die ausgezeichnete Gerade ist die Faltenachse des Gesteinsgefüges. Die Striemung wird im Wesentlichen dadurch hervorgerufen, dass flachgewellte, glimmerreiche und glimmerarme Lagen die mit dem Hammer freigelegte s-Fläche schneiden. Der bei Fall 1 erwähnte Strich der Glimmer läuft meist der Faltenachse parallel; aber nicht immer, wie der wichtige Fall 4 zeigen wird. Glimmerdiagramme zeigen in Fall 2 stets mehr oder weniger vollständig ausgebildete ac-Gürtel. Die auf Grund von Glimmerdiagrammen erhaltenen B-Achsen stimmen stets auf einige Grade genau, also innerhalb der Fehlergrenze, mit den im Felde gemessenen Faltenachsen und Striemungen überein. Eine Gefügeanalyse kann für tektonische Zwecke meist erspart werden. Hingegen ergeben Glimmerdiagramme häufig sehr deutliche B-Achsen in Gesteinen, die freisichtig keine klare Striemung oder Faltenachse aufweisen. Die ausgezeichnete Ge-

rade ist in Fall 2 nachweisbar eine B-Achse; es ist dies der häufigste Fall in der Verzasca. Die Gefügesymmetrie ist rhombisch bis monoklin.

Fall 3. Die ausgezeichnete Gerade ist die Intersektionslinie von (h0l)-Scherflächen. Auf diese Weise ohne Kombination mit deutlicher Faltung entstandene B-Achsen sind selten in der Verzasca.

Fall 4. Es sind zwei ausgezeichnete Geraden vorhanden, von denen die eine Schar durch den Strich der Glimmer im Sinne von Fall 1 hervorgerufen wird, die andere aber die Faltenachse des Grobgefüges und B-Achse der Glimmerregelung (Normale auf ac-Gürtel) darstellt im Sinne von Fall 2, jedoch ohne begleitende Elongation der Glimmer. Die beiden linearen Scharen bilden Winkel von 0 bis  $90^{\circ}$  miteinander, und es sei hervorgehoben, dass sie seltener rechtwinklig gekreuzt sind, als dass sie schief zueinander verlaufen. Die durch die Elongation der Glimmer dokumentierte Richtung ist dabei die konstantere und folgt den im Verzascatal dominierenden N-S-Strukturen. Die schief oder quer dazu streichenden Faltenachsen entsprechen der lokal auftretenden NE-SW- bis E-W-Richtung. Dieser Fall 4 ist bei Beginn der Felduntersuchungen vielfach nicht beachtet worden. Darauf aufmerksam gemacht wurden wir erst durch Gefügeanalysen und dann durch die genauere Betrachtung von Falten im Felde. Es wurde nämlich die Erfahrung gemacht, dass ein senkrecht zur Schieferung und parallel dem Strich des Gesteins geschnittener und als bc-Schnitt aufgefasster Dünnschliff den Glimmergürtel längs dem Grundkreis der Projektion, und somit das wahre  $b = B$  im Zentrum des Diagrammes ergab. Dieser Befund zeigt, dass die Untersuchung der Glimmerregelung durchaus nicht immer durch makroskopische Begutachtung zu ersetzen ist. Besonders deutlich ist Fall 4 im Felde erkennbar an Falten, deren Glimmer schief oder quer zur Faltenachse gelängt sind. Die Grobgefügesymmetrie dieser nicht seltenen, lokal sogar häufigen Beispiele ist meist triklin.

Fall 5. Es sind zwei sich durchkreuzende Striemungen vorhanden, die beide Faltenachsen darstellen. In den bisher ange-troffenen Beispielen sind die beiden Faltenachsen B und B' meist um einen Winkel von 60 bis  $90^{\circ}$  gegeneinander gekreuzt. SANDER (24) hat Beispiele rechtwinklig gekreuzter Achsen  $B \perp B'$  eingehend behandelt und als Ausgangspunkt zu seinen Erörterungen rechtwinklig gekreuzten Strains  $E \perp E'$  genommen. „Eine Achse B' normal zu B tritt in allen Deutlichkeitsgraden im geregelten Korngefüge, oft schon freisichtig im Handstück, hervor. Ihre überwiegend häufige Lage habe ich als  $B \perp B'$ -Tektonite betont und sie spricht unter

andern Gründen für die Überlagerung beider Bewegungen in einem, eben dadurch typisierbaren, tektonischen Akte“ (26, S. 298). Die Untersuchungen im Tessin zeigen indessen, dass  $B \perp B'$  ein seltener Spezialfall ist, und dass  $B$  schief zu  $B'$  häufig verwirklicht ist. Glimmerdiagramme der beschriebenen Gesteine sind charakterisiert durch schief bis senkrecht zueinander stehende Gürtel und ergeben selten rhombische, meist triklone Symmetrie (Diagramme 13 und 15).

Die Diagnose der fünf genetisch interessanten Fälle ist im Bereiche eines Handstückes manchmal schwer; bei Prüfung eines grössern Aufschlusses kann aber fast immer entschieden werden, ob die Linearen in den s-Flächen durch die Elongation der Glimmer, durch Faltenachsen oder durch eine Kombination beider markiert werden. In Zweifelsfällen soll ein Glimmerdiagramm hergestellt werden. Der in den Fällen 4 und 5 vorliegende Sachverhalt ist petrogenetisch und tektonisch von grosser Bedeutung, da sich hier zwei Strukturen gitterartig durchkreuzen. Nach den bisherigen Beobachtungen ist Fall 4 häufiger anzutreffen als Fall 5. Die beiden N-S und ENE-WSW verlaufenden Systeme von Faltenachsen interferieren nur in den Übergangszonen und lösen sich dann ab und ersetzen einander. Die Faltungen um  $B$  und diejenigen um  $B'$  erfolgten parakristallin. Die beiden Bewegungen überlagerten sich im gleichen, wahrscheinlich mehrphasigen Deformationsakt.

Die Linearen in den s-Flächen sind, so wie u. a. SANDER und SCHMIDT dies seit Jahren gefordert haben, wie es aber höchst selten durchgeführt worden ist, weitgehend eingemessen und in Tafel II, Figur 2 dargestellt worden. In dieser Figur sind gefügeanalytisch und feldgeologisch nachgewiesene Faltenachsen nicht unterschieden worden von jenem Strich, der durch die Elongation, die Formregelung der Glimmer hervorgerufen wird. Der Grund hiefür ist folgender: Die Elongation der Glimmer folgt durchwegs den im obern Verzascatal dominierenden und als B-Achsen nachgewiesenen (alle Beispiele für Fall 2) N-S-Strukturen, auch dort, wo diese Hauptrichtung  $B$  von schief oder quer dazu liegenden Faltenachsen  $B'$  gitterartig durchkreuzt (Fall 5), oder abgelöst wird (Fall 4). Es sind also praktisch nur zwei Scharen von Linearen vorhanden, eine im grossen Ganzen N-S verlaufende, der die Elongation der Glimmer folgt, und eine NE-SW bis E-W streichende, auf der diese Elongation schief bis normal steht. Die in Tafel II, Figur 2 gegebene Darstellung genügt somit vollständig zur Charakterisierung der Struktur.

Tafel II, Figur 1 und 2 zeigt, dass das von flach gelagerten Gesteinsserien aufgebaute Gebiet des obern Verzascatales ganz in die

N-S-Struktur der Maggia-Querzone einbezogen ist. Dieser Querzone kommt damit noch grössere Bedeutung zu, und sie greift weiter nach E, als selbst PREISWERK angenommen hatte. Es ist nun ganz aussichtslos, sie auf eine sekundäre Komplikation der axialen Tessiner Kulmination zurückführen zu wollen.

Das in Tafel II dargestellte Gebiet ist flachachsrig gefaltet. Nur in der Gegend N Sonogno und im Vogornesso tritt lokal Achsenfallen bis zu  $45^{\circ}$  auf. Nach der Bearbeitung grösserer Gebiete in dieser Art und Weise wird es möglich sein, die axialen Kulminationen und Depressionen genau zu bestimmen. Deutlicher Wechsel im Achsenfallen ist einstweilen längs den Koordinaten 127 bei Brione, 134 bei Sonogno und etwa 138 im Vogornesso festzustellen.

Im Zentrum des Arbeitsgebietes dominiert die N-S-Richtung der Faltenachsen. Im S der Valle d'Osola biegen die N-S verlaufenden B-Achsen langsam gegen SE um und überqueren dann das untere Verzascatal (auf Tafel II nicht mehr dargestellt) mit ESE- und schliesslich E-Streichen und -Fallen von  $10$  bis  $20^{\circ}$ : Die N-S-Struktur schwenkt also im S in die sog. Wurzelzone und damit in das allgemeine Alpenstreichen um.

KÜNDIG (16) hat, von Süden ausgehend, aus dem Einschwenken der Wurzelzone in die Maggia-Querzone gefolgert, dass die letztere eine Querwurzel darstelle. Weiter nimmt KÜNDIG an, dass von dieser Maggia-Wurzel aus die Antigorio-, Lebendun- und Monte Leone-, ev. auch die Bernhard-Decke westwärts und die Leventina- und Simano-Decke ostwärts überschoben wurde. Ich kann nur zur letzteren Deutung Stellung nehmen, die mein Arbeitsgebiet betrifft und den Tatsachen widerspricht. Denn die in Valle d'Osola, Val Redorta und Val Vogornesso prachtvoll aufgeschlossenen, in verschiedenen Stockwerken walzenartig übereinander liegenden Grossfalten der gneisartigen Verzasca-Granite und der Augengneise richten ihre Stirnfalten eindeutig gegen WSW, W bis WNW. Umbiegungen gegen E zu sind selten und meist abgeschert. Granite mit verlagertem Interngefüge zeigen ebenfalls die nach W gerichteten Differentialbewegungen des tektonisch Höhern über tektonisch Tieferes an. Die granitischen Gesteine der Verzasca branden mit ihren Stirnfalten im W gegen ein Hindernis an. Die Paragneise, die z. B. auf dem Pizzo Rasia noch in 2680 m Höhe solche gegen W gerichtete Stirnfalten überlagern, stehen gegen W zu steil zur Tiefe und finden sich auf der Alpe d'Osola (1400 m) schon in überkippter Stellung. Die granitischen Gesteine wurzeln nicht im W, sondern im E bis SE. Detailprofile sollen in einer spätern Arbeit folgen.

Nicht minder interessant und eher überraschender ist das Ergebnis der Verfolgung der N-S-Struktur gegen N zu. Bei Beginn der Arbeiten war vermutet worden, dass die B-Achsen dem gegen W zu konvexen Bogen parallel liefen, der die Stirnfalten des gneisartigen Verzasca-Granites am Piancaccia-Pizzo Rasia-Alpe Cognone-



Cima Bianca verbindet. Es war also beim Studium der Spezialkarte Nr. 116 (22) angenommen worden, dass die B-Achsen, dem geologischen Zonenverlauf entsprechend, bei der Cima Bianca wieder in das normale Alpenstreichen umschwenkten. Diese Annahme erwies sich nun als falsch: Vom Pizzo Rasia aus streichen die Faltenachsen in nördlicher Richtung gegen die Corona di Redorta und sind bis zum Pizzo Barone verfolgt worden. Längs der Linie Vogornesso-Cima Bianca interferiert ein schief bis quer zu dieser Hauptrichtung verlaufendes System von B'-Faltenachsen und löst es stellenweise ab. Die an der Cima Bianca aufgeschlossene, nördlichste Stirnfalte des gneisartigen Verzasca-Granites folgt diesem System und zeigt die gleichen Kontakte wie am P. Piancaccia und am P. Rasia. Sporadisch treten B'-Achsen im ganzen Gebiet auf. In der Gegend NNW der Cima Bianca, im Val Chironico, wo die Schichten schon E-W streichen, ist die N-S-Struktur noch in den mächtigen Paragneisen am S-Hang des Pizzo Forno gefunden worden, in Interferenz mit NE-SW-Strukturen. Weiter gegen Norden fehlen einstweilen jegliche Daten. Es ist aber evident, dass die N-S-Struktur, soweit sie bis jetzt verfolgt werden konnte, rechtwinklig zur S-Grenze des Gotthardmassivs verläuft. Wir wissen noch nicht, ob sie im Raume zwischen Val Chironico und Airolo noch umbiegt, oder ob sie vom E-W streichenden Faltenystem abgelöst wird. Der sicherste Weg, diese Probleme zu lösen, ist der in Tafel II begangene: Es müssen die B-Achsen im Gebiete zwischen Gotthard und dem Lago Maggiore inventarisiert werden. Erst auf Grund solch einer strukturellen Karte können die Probleme des Tessiner Penninikums gelöst werden. Bei den postulierten strukturellen Untersuchungen verdienen Gebiete mit umbiegenden Faltenachsen, solche mit Gitterbau oder mit steil stehenden Faltenachsen und solche ohne erkennbare Striemung (? Teile des Cocco-Diorites) besondere Beachtung.

## 2. Homogenität der anisotropen Quarzgefüge

Die wichtige Frage, ob Quarz homogen geregelt sei, ist durch vergleichende Untersuchungen an Teilbereichen von Handstücken und von grösseren Gebirgsmassen eingehend studiert und abgeklärt worden. Die Ergebnisse sind nicht nur von lokaler, resp. regionaler, sondern von prinzipieller Bedeutung und können für gleich laufende Untersuchungen im Penninikum von Nutzen sein.

Die Diagramme 1 und 2 zeigen separat die Quarzregelung von zwei parallel liegenden, 8 mm voneinander entfernten Schliffen eines Quarzites vom Pizzo Rasia. Die zwei Bilder sehen einander sehr

ähnlich, sind in einigen Zügen sogar identisch. In beiden Fällen sind zwei diagonale Gürtel besetzt, die miteinander einen Winkel von ca.  $77^{\circ}$  (D. 1) und ca.  $80^{\circ}$  (D. 2) bilden. Das Maximum von 5 % liegt in D. 1 und D. 2 an der gleichen Stelle. Die Symmetrie der beiden Diagramme ist rhombisch, wenn man nur die groben Züge berücksichtigt, und triklin bei genauerer Betrachtung wegen der asymmetrischen Lage der Maxima und der damit verbundenen bessern Entwicklung des einen Gürtels. Bei Annahme fast rhombischer Symmetrie resultieren die in D. 1 eingezeichneten Symmetrieebenen, die auf das im nächsten Abschnitt zu motivierende Koordinatensystem  $x y z$  bezogen werden können.  $x$  ist dabei in die Schnittgerade der Diagonalgürtel gelegt, während  $y$  und  $z$  in die beiden ausgeprägten Minima in der Ebene senkrecht auf  $x$  zu liegen kommen. Vom hier nicht publizierten, durch einen  $ac$ -Gürtel charakterisierten Glimmerdiagramm ist das Koordinatensystem  $a b c$  mit den Ebenen  $ab$ ,  $ac$  und  $bc$  in D. 1 eingetragen worden. Auf die evidente Heteroachse der Glimmer- und Quarzregelung wird weiter unten eingegangen werden. Diese vergleichende Untersuchung zeigt, dass die beiden Diagramme, die 300 (D. 1) und 273 (D. 2) Quarzachsen umfassen, in allen entscheidenden Merkmalen gleichartig sind.

Die Diagramme 9 und 10 betreffen ebenfalls zwei ca. 10 mm voneinander entfernte Parallelschliffe eines Handstückes, diesmal eines Bändergneises mit ausgeprägtem Kornzeilenbau (Leuco-Plagioklasgneis) von der Alpe d'Ossola. Die Diagramme stimmen nicht mehr so frappant überein, was wohl darauf zurückzuführen sein mag, dass bei der weniger guten Regelung die Kornzahlen (249 resp. 230) zu wenig hoch sind, um zufällige Besetzungen auszuschalten. Immerhin zeigen sich im Wesentlichen wieder ähnliche Züge: Die in D. 1 und D. 2 gefundenen Diagonalgürtel sind in D. 9 deutlicher entwickelt als in D. 10. Die den spitzen Winkel der Gürtel ( $70^{\circ}$  in Sammeldiagramm D. 12) halbierende Ebene ist teilweise besetzt und damit Symmetrieebene der im Wesentlichen monoklinen Regelungsbilder. Die Normale auf diese Ebene liegt durchwegs in einem weiten Minimum.

Einen dritten, ähnlichen Parallelversuch an zwei Schliffen eines Quarzitgneises der Alpe Cognora zeigen die Diagramme 21 und 22. Da hier die von den Quarzachsen besetzten Felder grösser sind und der untersuchte Fall wahrscheinlich einen Übergangstypus darstellt, genügt die gemessene Kornzahl von 300 und 200 Achsen nicht zur sichern Charakterisierung der Regelung, wohl aber zur Aufdeckung einiger gemeinsamer Merkmale. Beim Vergleich mit dem aus D. 21



und D. 22 erhaltenen Sammeldiagramm D. 23 treten die typischen Züge deutlich hervor: Ebenso kennzeichnend wie die Verteilung der gleichmässig besetzten Sektoren sind für diese Diagramme das einen Doppelkegel mit Spitze gegen das Zentrum der Projektion bildende grosse äquatoriale Minimum und das von einem Kleinkreis von ca.  $25^{\circ}$  umgrenzte Minimum im N- resp. S-Pol des Diagrammes. Letzteres liegt im Maximum des nicht publizierten Glimmerdiagramms, also in c. Dieses c der Glimmerregelung und des Grobgefüges stimmt somit mit z, der fast wirteligen Symmetrieachse des Quarzgefüges, überein. Solche Fälle homoachser Regelung sind im zentralen Tessin sehr selten.

Die drei Beispiele zeigen, dass die in verschiedenen gegeneinander unverdrehten Schliffen des gleichen Handstückes gefundene Quarzregelung bei Einmessung von 200 bis 300 Polen die gleichen groben Züge und hauptsächlich die gleichen Symmetrieverhältnisse erkennen lässt; d. h. das geregelte Gefüge ist homogen anisotrop im Bereiche eines Handstückes. Bei sehr guter Regelung, wie in D. 1 und D. 2, ist bei einer Polzahl von ca. 300 die Ähnlichkeit sogar frappant. Die hier untersuchten Gesteine — Quarzit, Quarzitgneis und Bändergneis — sind somit für gefügeanalytische Untersuchungen geeignet. Auch die gneisartigen Verzasca-Granite ergaben befriedigende Resultate; die Regelung von Quarz in Kornzeilen unterschied sich nicht wesentlich von der separat gemessenen Quarzregelung im polymikten Gefüge. Petrographisch verschiedenartiges Material erwies sich in Bezug auf die Quarzregelung als homogen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass Augengneise für solche Untersuchungen ungeeignet sind, wegen des störenden Einflusses des Gefügegenossen Kalifeldspat (Ausnahme Dazio Grande). Kalifeldspatreiche Gesteine scheinen überhaupt verschwommener geregelt zu sein als die quarz- und plagioklasreichen Typen. Ausgezeichnete Ergebnisse lieferten durchwegs Gneise mit Kornzeilenbau und Quarzite. Gesteine mit schlechter oder ohne Quarzregelung wurden nur in den tieferen Aufschlüssen des Gebietes angetroffen und stellen ein interessantes Problem, das im Schlusswort erwähnt werden soll.

Die drei obigen Beispiele betrafen ebene Gefüge. Im Folgenden soll noch die Homogenität von Falten besprochen werden. Im Dünnschliff wurden die Quarzkörner aus dem Scheitel und den beiden Schenkeln von vier Faltenbeispielen getrennt eingemessen und projiziert. Ebenso wurden in zwei Fällen verschiedene Quarzlagen eines Schliffes, die den Gang der Falte mitmachen, getrennt untersucht. Immer zeigte sich, dass Quarz durch die ganze Falte homogen ge-

regelt ist, dass also die Falte in Bezug auf die Quarzregelung eine belanglose Vorzeichnung ist. In Diagramm 14 sind die Quarzachsen aus Scheitel, Schenkel 1 und Schenkel 2 mit verschiedenen Symbolen markiert, wodurch das Gesagte illustriert wird. In diesem Faltenbeispiel der bekannten Alkalifeldspatgneise von Dazio Grande-Piottino (Leventina, Typ IX von CASASOPRA (5)) treten wieder die beiden Schiefgürtel auf, die hier einen Winkel von  $79^{\circ}$  miteinander bilden, in Kombination mit einem teilweise ausgebildeten Gürtel in der Symmetrieebene im spitzen Gürtelwinkel. Die Quarzregelung hat rhombischen Charakter, wobei die Symmetrieachse  $x$  das Maximum im Schnittpunkt der Gürtel,  $y$  und  $z$  die Minima in der Ebene senkrecht  $x$  besetzen. Einen weiteren gemeinsamen Zug mit dem schon aus Parallelgefügen Bekannten bildet die deutliche, durch das Glimmerdiagramm belegte Heteroachse der Glimmer- und Quarzregelung.

Diagramm 16, ebenfalls von Dazio Grande-Piottino, zeigt ähnlichen rhombischen Grundcharakter mit triklinen Zügen, der schon in den fünf unpublizierten Teildiagrammen hervortrat. Die diesmal ca.  $64^{\circ}$  voneinander abstehenden Schiefgürtel und die ausgeprägten Minima in  $y$  und  $z$  sind ebenfalls Merkmale, die schon in Teildiagrammen mit ca. 80 Polen erkennbar sind. Faltenbeispiele wie ebene Gefüge ergeben die gleichen Regelungsbilder.

Die angeführten Beispiele behandelten die Homogenität der Quarzregelung im Bereiche von Dünnschliffen. Der nächste Schritt ist die Prüfung einer Grossfalte. Das Untersuchungsmaterial hiezu bildet der 10 bis 60 cm mächtige Quarzit, der die Stirnfalte des gneisartigen Verzasca-Granites in der SE-Wand des Pizzo Rasia umsäumt und als dünnes rostiges Band den Granit von den umhüllenden Paragneisen scheidet.

Es ist dies die Stelle, die H. PREISWERK, der so überaus vorsichtige und sorgfältige Beobachter und erste Erforscher der Verzasca, in seinen Feldbüchern und Sammlungen als „Primärkontakt Rasia-Gemogna“ bezeichnet hat. Der aus intensiv verzahnten, durchsichtig klaren Körnern bestehende Quarzit folgt den Paragneisen konkordant und liegt nur lokal diskordant, dort wo auch der gneisartige Granit durchbricht. Der Quarzit wird als Salband gedeutet. Die in einer spätern Arbeit eingehend zu beschreibenden Aufschlüsse sprechen für eine syn- bis spätkinematische Intrusion des verzascagrinitischen Materials. Falls der Quarzit als triadisches Sediment aufgefasst und damit der — wie PREISWERK sich so treffend ausgedrückt hat (19) — „Ariadnefaden triadischer Gesteine“ auch in diesem Gebiete verfolgt werden sollte, so wäre hiezu folgendes zu bemerken: Wenn der Verzasca-Granitgneis als praealpiner, alpin umgeprägter Granit, und der Quarzit als Trias interpretiert würde, so müssten die den Quarzit überlagernden Disthen-Staurolith-Glimmerschiefer als

Aequivalent der Bündnerschiefer aufgefasst werden, was die bestehenden Vorstellungen ebenfalls ändern würde, aber nicht auszuschliessen ist.

Vom Quarzit dieser Stirnfalte sind an verschiedenen Stellen orientierte Handstücke entnommen und bisher drei davon gefügeanalytisch untersucht worden. Die schon besprochenen D. 1 und D. 2 betreffen das eine Muster, auf die andern beziehen sich D. 4 und D. 6. Da die drei orientierten Handstücke verschiedenen Teilen der Grossfalte angehören und bis 180 m voneinander entfernt sind, wurden die Schliffe nicht so hergestellt, dass sie direkt miteinander vergleichbare, unverdrehte Schnitte darstellen: Die Diagramme mussten deshalb einzeln in die Horizontebene transformiert werden. Sammel-diagramm 27 zeigt die Gürtelbenen und die mindestens 3 % der Pole umfassenden Maxima der drei konstruktiv erhaltenen, direkt vergleichbaren Diagramme. Die Maxima und Gürtel der drei Quarzite stimmen ausgezeichnet überein und beweisen, dass das die Stirnfalte der Rasia begleitende Quarzitband im Bereiche von 150 auf 60 m der steilen Wand homogen geregelt ist. Es ist auch in allen drei Diagrammen der S fallende Gürtel besser entwickelt. Würde man die Rasia-Falte abwickeln, so wäre wohl der Glimmer, nicht aber der Quarz homogen geregelt. Weiter unten wird gezeigt werden, dass Quarz in den verschiedensten Gesteinen im Bereiche eines halben Siegfriedblattes homogen geregelt ist. Dieser Befund ist umso auffallender, als der im Feld erkennbare Bau des Gebietes sehr kompliziert ist.

Man muss sich bei diesen vergleichenden Untersuchungen stets vor Augen halten, dass all die einzelnen Aussagen nur Dünnschliffe — Kleinbereiche — betreffen. Der prinzipielle und zu weitem gefügeanalytischen Arbeiten im Tessin anregende Gewinn besteht im Nachweis, dass in diesen Kleinbereichen nicht der Zufall, sondern Gesetzmässigkeit herrscht.

### 3. Quarzregelung

Repräsentativ für die Quarzregelung in der Verzasca und der Leventina sind die hier publizierte Diagramme 1, 2, 6, 8, 12, 14, 16; sie sind charakterisiert durch folgende Regelung: Die c-Achsen von Quarz besetzen auf der Halbkugel zwei einen Winkel von 60—80° miteinander bildende, schief zur Schieferung gelegene Gürtel (besetzte Grosskreise). Die den spitzen Gürtelwinkel halbierende Ebene ist oft teilweise besetzt; manchmal ist der Fall so, dass der ganze zentrale Teil des spitzwinkligen Sektors von den Quarzpolen eingenommen wird. Die Minima sind für die Diagramme fast bezeich-

nender und konstanter als die Maxima: Der ganze stumpfwinklige Sektor zwischen den Gürteln ist in der Regel unbesetzt. Dieses Minimum hat sein Zentrum in der den stumpfen Sektor halbierenden Ebene und steht normal zur Schnittgeraden der Gürtel. Ein zweites Minimum, das meist von einem Kleinkreis von  $20\text{--}35^\circ$  begrenzt ist, hat sein Zentrum in der den spitzen Gürtelwinkel halbierenden Ebene und steht darin ebenfalls senkrecht zur Schnittgeraden der Gürtel.

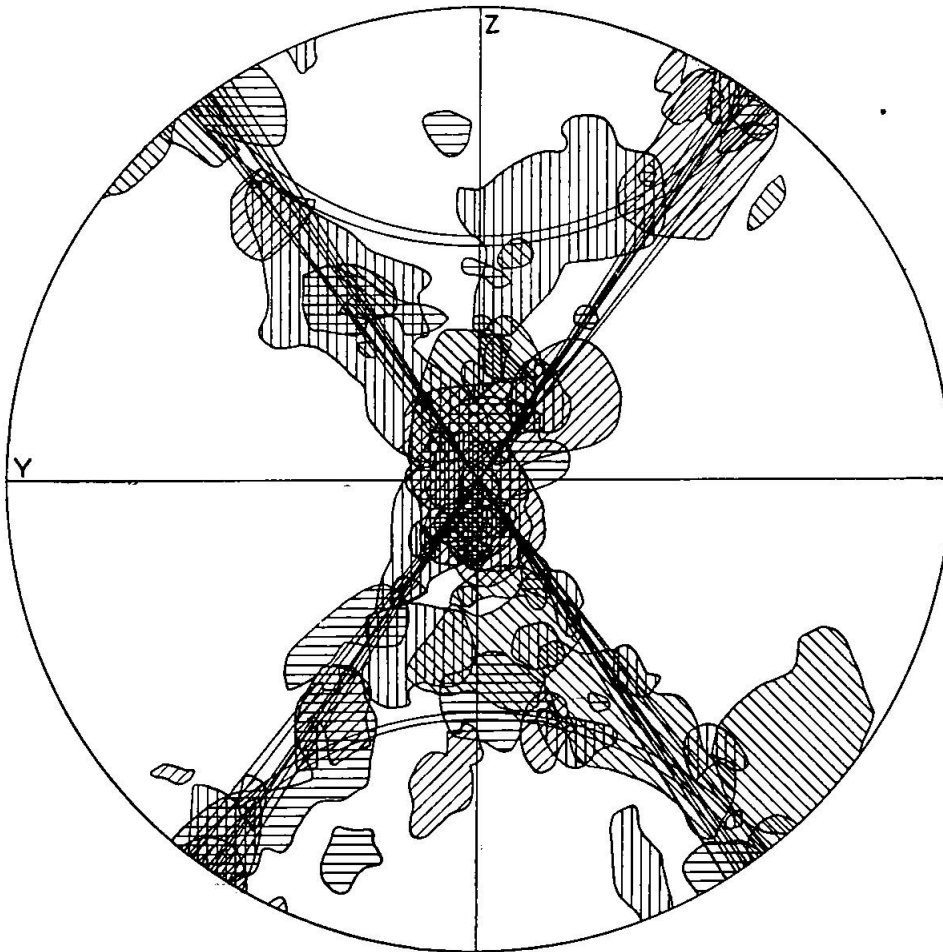


Fig. 1. Sammeldiagramm aus 10 Quarzgefügediagrammen der Verzasca. Projektionsebene  $yz$ . Eingezeichnet in diese stereographische Projektion sind die Häufungsstellen mit 3 und mehr Prozent der Pole, sowie die Gross- und Kleinkreise der Gürtel.

In einem Fall (28 Quarzgefüge untersucht) ist die in D. 23 dargestellte Quarzregelung gefunden worden. Die beiden Schiefgürtel sind hier nicht mehr entwickelt, dafür ist nun deutlich ein spitzwinkliger, besetzter und ein stumpfwinkliger, unbesetzter Sektor vorhanden. Die Häufungsstellen liegen auf einem Kleinkreis von ca.  $38^\circ$  Radius, dessen Zentrum im schon oben besprochenen Minimum

im spitzwinkligen Sektor ruht. Es scheint, dass dieses Diagramm einen Übergangstypus darstellt von den oben besprochenen Regelungen zu der in D. 20 vorliegenden, wo lediglich dieser Kleinkreis, diesmal von ca.  $36^{\circ}$  Radius, besetzt ist. Es sei darauf hingewiesen, dass das Zentrum der Kleinkreise von D. 20 und 23 im Pol der Schieferung liegt, dass die entsprechende Stelle in den Diagrammen 1—16 (Minimum im spitzwinkligen Sektor) aber deutlich asymmetrisch zur Schieferung liegt.

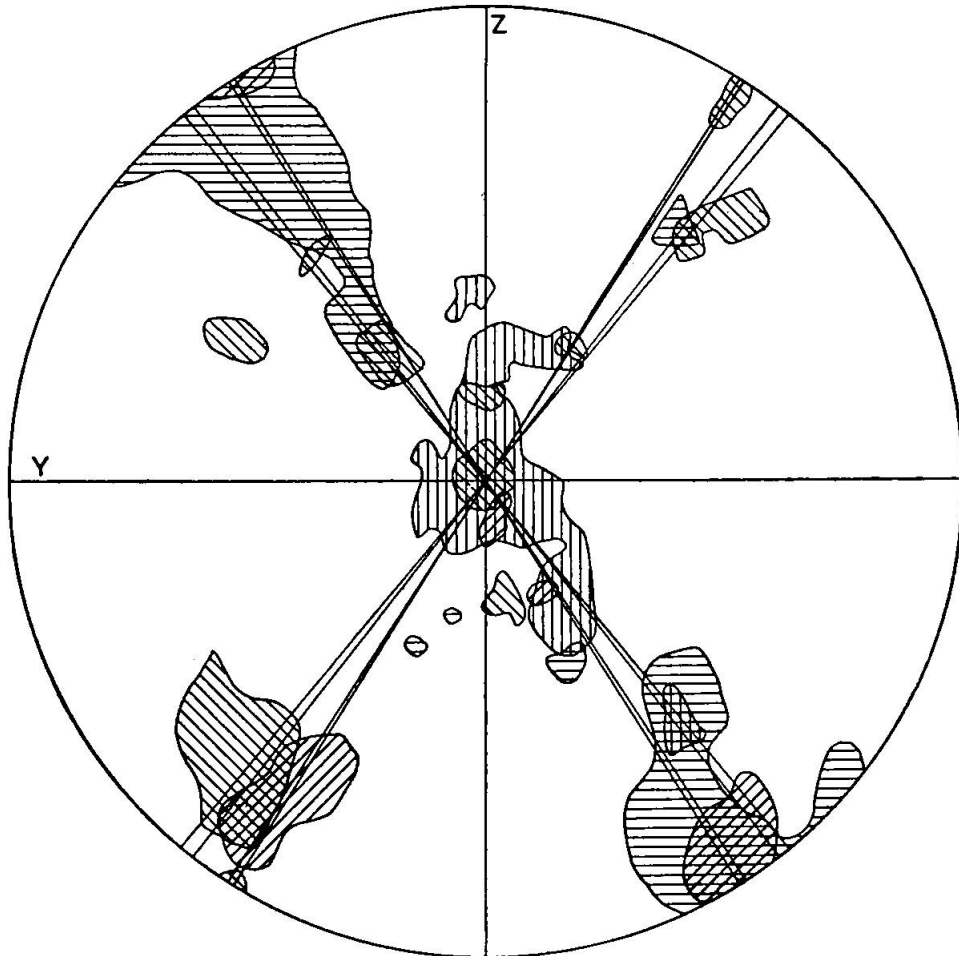


Fig. 2. Sammeldiagramm aus 4 Quarzgefügediagrammen der Leventina. Projektionsebene  $yz$ . Eingezeichnet in diese stereographische Projektion sind die Häufungsstellen mit 3 und mehr Prozent der Pole, sowie die Grosskreise der Gürtel.

Am deutlichsten zeigen den Typus der Quarzregelung der Verzasca und Leventina die Sammeldiagramme Fig. 1 und 2. Die oben erwähnten besetzten Gross- und Kleinkreise, sowie die Häufungsstellen mit 3 und mehr Prozent der Pole von 14 Diagrammen sind hiezu in die stereographische Projektion übertragen und dort so transformiert worden, dass die Schnittpunkte der beiden Schiefgürtel ins Zentrum

der Projektion zu liegen kamen. Die in der Ebene senkrecht zur Schnittgeraden liegenden Winkelhalbierenden der spitzen und stumpfen Sektoren sind dann in den N- resp. S-Pol und in die E- resp. W-Richtung der Diagramme gedreht worden.

Diese Sammeldiagramme zeigen zunächst die erstaunliche Übereinstimmung der Quarzregelung der verschiedenen Diagramme, dann die Verteilung der Maxima auf das Schiefgürtelpaar und den innern Teil des spitzen Sektors mit einer Häufung im Schnittpunkt, und weiter die ausgeprägten Minima im stumpfwinkligen Sektor und im Pol des spitzwinkligen Sektors. Deutlich ist auch die rhombische Symmetrie. Symmetrieebenen sind die beiden Ebenen, die den spitzen und stumpfen Winkel der Gürtel halbieren, und ferner die Ebene normal zur Schnittgeraden der Gürtel. In den Einzeldiagrammen kann die rhombische oder fast rhombische Symmetrie durch unvollständige oder ungleiche Besetzung der Gürtel in monokline, meist aber triklone Symmetrie übergehen, aber vorwiegend so, dass der rhombische Grundcharakter noch erkennbar ist.

Das Schiefgürtelpaar und die Symmetrieebenen dieser Quarzregelungen liegen nun in der Regel schwach bis stark asymmetrisch zu den Symmetrieebenen und -achsen des Grobgefüges und der Glimmerregelung, und sie können nicht auf die für das Glimmer- und Grobgefüge oben benutzten Koordinaten  $abc$  resp.  $a'b'c'$  bezogen werden. Im Interesse einer klaren Scheidung wird deshalb in dieser Arbeit das Koordinatensystem der Quarzregelung mit  $xyz$  bezeichnet.

Von SANDER (24) ist ein genau definiertes Gefügekoordinatensystem  $abc$  eingeführt worden, und von SCHMIDT (27) ein entsprechendes System  $xyz$ , dessen Definition etwas abweicht; die beiden Koordinatenkreuze werden im Gefüge aber gleich aufgestellt. In verschiedenen gefügeanalytischen Arbeiten ist nun aber von den einen Autoren die Symmetrie des Grobgefüges und der Glimmerregelung, von den andern die Symmetrie der Quarzregelung zur Aufstellung des gleichen Systemes  $abc$  oder  $xyz$  benutzt worden. SAHAMA (23) hat schon auf diese verschiedenen Anwendungen hingewiesen. Da in dieser Arbeit sowohl die Regelung von Glimmer wie diejenige von Quarz untersucht wird, und die beiden Regelungen heteroachs sind, musste eine Lösung im oben erwähnten Sinne gesucht werden.

Die Diagramme der Verzasca und Leventina lassen sich mit wenigen Ausnahmen eindeutig auf dieses Koordinatensystem  $xyz$  beziehen, wobei mit

- x die Schnittgerade der beiden Schiefgürtel,
- y die Normale auf die den spitzen Winkel der Schiefgürtel halbierenden Spiegelebene  $xz$  und
- z die Normale auf die den stumpfen Winkel der Schiefgürtel halbierenden Ebene  $xy$  und das Zentrum der Kleinkreise



bezeichnet sei. Diese Orientierung der Koordinaten entspricht der in analogen Diagrammen üblichen Aufstellung. Hauptsächlich ist sie aber so gewählt worden, weil bei Übergängen in homoachse Regelung  $z$  mit  $c$  und  $y$  mit  $b$  etc. zur Deckung kommen und ganz allgemein in den untersuchten Diagrammen  $x$  mit  $a$ ,  $y$  mit  $b$  und  $z$  mit  $c$  die kleinsten Winkel bilden.

Wenn wir, wie dies in der Kristallographie üblich ist,  $(hkl)$ -Bezeichnungen für unsere Flächen im  $xyz$ -Achsenkreuz einführen, so sind die Schiefgürtel  $(0kl)$ -Flächen resp.  $(0\bar{k}l)$ -Flächen, auf die SANDERS Gefügekunde eingehend Bezug nimmt. Die gegenüber den  $(0kl)$ -Gürteln zurücktretenden, bisweilen vorhandenen Besetzungen in  $xz$  entsprechen angedeuteten  $ac$ -Gürtel bei SANDER. Es ist jedoch hervorzuheben, dass die für B-Tektonite sonst so bezeichnenden  $ac$ -Gürtel im zentralen Tessin bisher nicht als dominante Regelung gefunden worden sind. Es ist dies eben dadurch bedingt, dass die B-Achse wohl eine Rotationsachse des Glimmergefüges, nicht aber des Quarzgefüges ist.

Die Quarzdiagramme der Verzasca und Leventina gehören zum Typus der von SCHMIDT 1926 (27) aus ostalpinen Quarziten und Quarzphylliten erstmals beschriebenen Zweigürtel-Regelungen mit zwei schief zur Schieferungsebene liegenden diagonalen Gürteln. Diese Zweigürtelbilder sind seither von SANDER 1930 (24. D. 40, D. 42), SAHAMA 1936 (23. D. 26, D. 29) u. a. als repräsentativ für Granulitgebiete erkannt, jedoch auch andrerorts gefunden worden. Es ist indessen auf einige wesentliche Unterschiede hinzuweisen: Die Granulitdiagramme ergeben scharfe Maxima I und III (14. D. 61), während die Gürtel schwach besetzt sind; die Tessiner Diagramme hingegen zeigen gleichmässig besetzte Gürtel ohne konstante Maxima vom Typus III. Das oft vorhandene Maximum I ist die Häufungsstelle am Schnittpunkt  $x$  der durchgehend besetzten  $(0kl)$ -Gürtel. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass bei den Tessiner Regelungen oft ein unvollständiger  $xz$ -Gürtel kombiniert ist. Schliesslich sei noch darauf hingewiesen, dass in den Tessiner Quarzdiagrammen der um  $z$  (resp.  $c$ ) gemessene Winkel der beiden Schiefgürtel stets spitz ist, im Gegensatz zum angenähert rechtwinkligen oder stumpfen Winkel bei den Granuliten. Gemeinsame Züge sind aber die beiden  $(0kl)$ -Gürtel und die ausgeprägten Minima in  $y$  und  $z$ .

Von den bisher publizierten Diagrammen stimmen am besten mit den Tessiner Quarzregelungen überein:

SCHMIDT 1926 (27): D. 3, D. 4 (ostalpinen Quarzit und Quarzphyllit).

PHILLIPS 1937 (18): D. 3, D. 5, D. 18, D. 19 (Quarz-Muskovitschiefer, Schottland).

HIETANEN 1938 (11): D. V. 4 (Quarzit, Finnland).

Es handelt sich also um einen regional verbreiteten Regelungstypus.

#### 4. Heteroachsie der Glimmer- und Quarzregelung

Die in der Verzasca und Leventina gefundene schwache bis deutliche Heteroachsie der Glimmer- und Quarzregelung ist ein unerwartetes Ergebnis dieser gefügeanalytischen Untersuchungen. Es ist oben angedeutet worden, dass die Quarzcoordinate  $y$  mit der Glimmercoordinate  $b$  meist einen nur kleinen Winkel bildet und dass in seltenen, aber für die Aufstellung des Quarz-Koordinatensystems  $x y z$  wichtigen Fällen,  $y$  und  $b$  zur Deckung kommen können. Dieser Sachverhalt muss näher präzisiert werden: Die Diagramme 25 und 26 betreffen eine Falte, deren Achse ENE-WSW verläuft, deren Glimmer aber in N-S-Richtung gelängt sind (Fall 4 auf Seite 271). Der Schnittpunkt  $x$  der (0kl)-Gürtel — und nicht etwa  $y$  — bildet hier mit  $b$  des Glimmerdiagrammes einen kleinen Winkel. Die aus D. 26 ermittelte Richtung  $x$  stimmt durchaus mit dem in Quarzgefügen der Nachbarschaft gefundenen  $x$  überein, auch mit dem  $x$  von Gesteinen, deren Glimmer- und Grobgefüge eine N-S streichende Faltenachse aufweist. Es ist also einesteils wiederum die Tatsache festgehalten, dass die Quarzregelung einheitlich ist und sich nicht um N-S oder ENE-WSW verlaufende Faltenvorzeichnungen kümmert. Andernteils ist aber die scheinbare Unabhängigkeit der Glimmer- und Quarzregelung dahin einzuschränken, dass  $y$  der Quarzregelung stets mit den N-S verlaufenden  $b = B$ -Achsen fast übereinstimmt, auch im Falle, dass diese Richtung  $B$  von einer quer dazu verlaufenden  $B'$ -Achse abgelöst wird.

Regional ausgedehnte Heteroachsie der Glimmer- und Quarzregelung ist schon 1935 von CLOSS (6) und 1936 von SAHAMA (36) beschrieben worden. CLOSS hat daraus für das Kristallin der Silvretta-Decke den Schluss gezogen, die Glimmerregelung und die Grossstruktur sei herzynischen, die Quarzregelung aber alpinen Alters und auf verschiedene alpine Phasen zurückzuführen. SAHAMA erkennt aus dem gleichen Sachverhalt, dass in der Struktur der finnisch-lappländischen Granulitformation zwei zeitlich voneinander getrennte Durchbewegungsakte vorliegen, die er aber nicht zwei verschiedenen Orogenesen zuordnet. SAHAMA führt die Quarzregelung „auf eine schiefe Überprägung der letzten Beanspruchung im Verhältnis zu



den vorhandenen Parallelstrukturen (Glimmerregelung)“ zurück. Die beiden zitierten Arbeiten bilden wichtige Parallelen zur vorliegenden Untersuchung.

Im Tessin ist einesteils die Heteroachsie der Quarz- und Glimmerregelung recht charakteristisch; andernteils zeigt sich aber immer wieder eine gewisse Abhängigkeit und regelmässige Abweichung der beiden Regelungen, die im folgenden Abschnitt aufgedeckt werden soll.

##### 5. Räumliche Lage der (0kl)-Gürtel und der Koordinaten $x$ und $y$ der Quarzregelung

Bei der Darstellung von gefügeanalytischen Ergebnissen zu tektonischen Zwecken kann man zwei Wege gehen. Die Gefügediagramme können in den Horizont als Projektionsebene gedreht und in orientierter Lage in die topographische Karte eingezeichnet werden. Diesen Weg ist u. a. CLOSS (6) gegangen. Dieses sonst logische Vorgehen hat aber den grossen Nachteil, dass die Diagramme so stark reduziert werden müssen, dass sie für allgemein gefügekundliche Zwecke unbrauchbar und für tektonische Zwecke wenig übersichtlich sind. So hat der Leser z. B. Mühe, den von CLOSS hervorgehobenen Zweigürtel-Charakter seiner Diagramme zu erkennen. Einen andern Weg ist SAHAMA (23) gegangen, indem er einesteils die in Bezug auf Gefügekoordinaten orientierten Diagramme in üblicher Grösse publizierte und andernteils die „regelungsanalytisch gewonnenen Richtungen“ in eine Übersichtskarte eintrug. Der letztere Weg ist der klarere und er ist in dieser Arbeit noch ausgebaut worden.

Es sind in allen Diagrammen die für die (0kl)-Gürtel gemittelten Ebenen, die Koordinaten  $x$ ,  $y$  und  $z$ , sowie die Maxima mit mindestens 3% aller Pole in die Horizont-Ebene transformiert worden. Von den Lokalitäten Rasia-Gemogna, Tencio ob Brione/Verzasca, Alpe d'Osola und Dazio Grande-Piottino, die durch mehrere Quarzdiagramme belegt waren, sind die Sammeldiagramme D. 27—30 gezeichnet worden, welche die Unzufälligkeit der Ergebnisse eindeutig belegen. Die aus den transformierten Einzeldiagrammen abgelesenen Azimute und Polhöhen der Gürtelbenen und Achsen sind dann weiter verwendet worden.

In Tafel II, Figur 3 und die (0kl)-Gürtel der Quarzregelung mit den üblichen Streich- und Fallzeichen in die Topographie eingetragen worden. Diese Darstellung zeigt nun in einwandfreier Weise, dass die (0kl)-Gürtel im Gebiet der Verzasca-Osola auf mehrere Kilometer Entfernung einheitliches E-W- bis NE-SW-Streichen haben,

unbekümmert darum, ob Quarzit, gneisartiger Granit oder Bändergneis vorliegt, ob die Gefüge eben oder gefaltet sind und ob die Schichten flach liegen oder steil gestellt sind (westlicher Teil des Gebietes). Mit andern Worten: Diese (0kl)-Flächen sind eine Realität, die man zwar im Feld nicht beobachten kann und die dem mit „gewöhnlichen“ Methoden arbeitenden Petrographen entgehen, mit denen aber jede künftige tektonische und petrologische Synthese rechnen muss. Die in Tafel II, Figur 3 eingetragenen (0kl)-Flächen verlaufen im grossen Ganzen radial zum in Tafel II, Figur 2 erkennbaren Bogen der B-Achsen im Raume der Valle d'Osola. Bei aller frühern Betonung der Heteroachsie der Glimmer- und Quarzregelung darf keinesfalls auf eine Unabhängigkeit der beiden Regelungen voneinander geschlossen werden.

In Tafel II, Figur 4 sind die Figur 3 entsprechenden, gegen den Horizont flach einfallenden Koordinaten  $x$  und  $y$  der Quarzregelung als Pfeile in die Topographie eingetragen worden. Beim Vergleich dieser Darstellung mit Tafel II, Figur 2 werden die Beziehungen zwischen der Regelung von Glimmer und Quarz noch deutlicher. Die Achse  $y$  bildet mit  $b = B$  stets einen kleinen Winkel und ist gegenüber  $B$  etwas entgegengesetzt der Uhrzeigerbewegung gedreht. Es ist evident, dass erst bei Bearbeitung grösserer Areale und in Gebieten mit stark umschwenkenden B-Achsen das sich hier stellende Problem eindeutig präzisiert und gelöst werden kann. Erst dann kann eindeutig entschieden werden, ob die Quarzregelung mit den B- oder den B'-Achsen oder mit beiden in Beziehung zu bringen ist.

## 6. Zur Deutung der Quarzregelung

SCHMIDT hat das 1926 von ihm entdeckte Zweigürtelbild der Quarzregelung 1927 (28) auf der Vorstellung einschariger Gleitung gedeutet, wobei dicht besetzte Gittergeraden und -ebenen von Quarz in die Schieferungsebene und in die Richtung der Durchbewegung eingeordnet werden. SCHMIDT hat dabei eine Konkurrenz verschiedener Gitterebenen und -geraden angenommen. Die Gleitrichtung  $t$  [0001] soll das Maximum in  $x$ ,  $t$  [2 $\bar{1}\bar{1}$ 0] in  $T$  (10 $\bar{1}$ 1) ein  $38^\circ$  von  $y$  entferntes Maximum der  $yz$ -Zone und  $t$  [2 $\bar{1}\bar{1}$ 3] in etwa  $T$  (2 $\bar{1}\bar{1}$ 2) ein ca.  $41^\circ$  von  $x$  entferntes Maximum der  $xz$ -Zone ergeben. Die Konkurrenz der beiden letztern soll zur Besetzung der Zwischenlagen, d. h. zur Bildung der beiden Gürtel führen, wobei die Neigung  $60^\circ$  als Symmetrale bevorzugt sein könne. Diese etwas gesuchte Deutung der Zweigürtelregelung ist seither von SCHMIDT nicht mehr aufgegriffen worden. Aus den Ausführungen in der „Tektonik und Ver-

formungslehre“ (29) ist zu schliessen, dass ihr Verfasser für solche Fälle heute mehrscharige Gleitung annimmt. Manche Gefügeanalytiker berufen sich indessen immer auf diese SCHMIDT'sche Erklärung. Selbstverständlich kann die Entwicklung der (0kl)-Gürtel nicht auf die Einstellung einer Gitterebene oder -geraden in die Schieferungsfläche (einscharige Gleitung) zurückgeführt werden, worauf ja schon SCHMIDT hingewiesen hat. In unserm Fall kommt einscharige Gleitung in der Schieferungsebene auch gar nicht in Betracht, da die Quarzregelung ja asymmetrisch zum Grobgefüge steht.

SANDER (24) erklärt den gleichen Regelungstyp auf der Basis mehrschariger Scherung und durch Annahme zweier rechtwinklig gekreuzt übereinander geprägter Strainellipsoide E und E', wobei die (0kl)-Flächen auf die Kreisschnitte des Strainellipsoides E' bezogen werden können. Quarz ist nach SANDER in teils im Gefüge sichtbare, teils hypothetisch geforderte (0kl)-Scherflächen eingeregelt. Die eingehende Untersuchung einiger Granulit-Beispiele durch SANDER (24, S. 188—190) ist sehr instruktiv. Die Längung der Quarzkörner wird auf die Plättung des Gesteins, die Gitterregelung auf die den parakristallinen Plättungsakt begleitenden Scherungen nach (0kl) zurückgeführt, wobei hervorgehoben wird, dass die Plättung ohne Scherflächen, resp. Teilbewegungen parallel der Plättungsebene erreicht werden kann. Die Beträge der Teilbewegungen nach den durch Rekristallisation meist wieder verwischten (0kl)-Scherflächen sind gering; aber SANDER weist darauf hin, dass bei geringer Umformung des Ganzen und geringen Scherbeträgen bei rasch wechselnder Interferenz von Kristallisations- und Deformationsakten ausgezeichnete Regelung entsteht. Diese Gefügeuntersuchungen von SANDER ergaben gewisse Parallelen zu BECKERS (2, 3, 4) deduktiven Ableitungen, deren Übertragbarkeit aber nicht unbestritten ist (27).

Bei den Gefügestudien im Tessin bin ich in die gleiche Richtung gelenkt worden wie SANDER bei seinen induktiven Untersuchungen. Zunächst ist eingehend nach einem makroskopischen Korrelat der (0kl)-Flächen der Quarzregelung gefahndet worden. Im Streichen stimmen die oft über 10 km verfolgbaren, schon aus der Morphologie des Gebietes prachtvoll hervortretenden Zerr-Klüfte mit den in Tafel II, Figur 3 dargestellten (0kl)-Flächen der Quarzregelung überein; sie stehen aber steiler als die letzteren und sind als ac-, resp. xz-Klüfte zu bezeichnen (y und b stimmen nahezu überein). Solche auf b resp. y fast senkrecht stehende Klüfte sind auch im Dünnschliff (bc) sehr häufig zu erkennen und als feine, gerade verlaufende Risse einzumessen. Daneben tritt aber gerade in Gesteinen, die ausgezeich-

nete (0kl)-Quarzgürtel zeigen, ein anderes, schief zur Schieferung verlaufendes System von Haarklüften auf. In den ausgezeichnet geregelten Quarziten der Rasia SE-Wand (D. 1—2, D. 6) durchziehen parallele, haarscharfe, mehrere Körner unabhängig vom Kornbau durchsetzende Risse die bc-Schliffe und sind oft als ganze Scharen von geraden, treppenförmig absetzenden und wieder einsetzenden, schief zur Schieferung verlaufenden Rupturen ausgebildet. Dieses Kluftsystem ist nicht mit Glimmer belegt und bildet auch nie eigentliche s-Flächen. Die Einmessung dieser Risse am Drehtisch zeigt, dass es sich um eine Schar von (0kl)-Flächen handelt, die dem besser entwickelten (0kl)-Gürtel der Quarzregelung entspricht. In Diagramm 1, wo die Pole auf die Risse als feine Punkte eingetragen sind, ist dies deutlich zu erkennen. Diagramm 27 zeigt, dass der von den Klüften begleitete, besser ausgebildete (0kl)-Gürtel der Quarzregelung E-W streicht und  $50-65^\circ$  nach S einfällt. In Bezug auf die Glimmerregelung liegen die (0kl)-Klüfte in D. 1 durchaus asymmetrisch. Der parallele Verlauf von Quarzgürtel und Klüften ist schon bei der mikroskopischen Betrachtung des Dünnschliffes zu sehen, da die schwach angedeuteten Undulationsstengel der Quarze des einen Gürtels und die feinen Risse gleichgerichtet sind. Es ist dabei auch deutlich zu erkennen, dass die dem einen Gürtel angehörenden Quarzkörner unregelmässig über den ganzen Schliff verteilt sind und keine (0kl)-Bahnen bilden. Ein (0kl)-Riss durchsetzt deshalb mehrere, beiden Quarzgürteln angehörende Quarzkörner, ist somit unabhängig vom Kornbau. Die Quarzkörner sind meist längs den durch Muskovit belegten gewellten s-Flächen gelängt; selten längs (0kl). Die (0kl)-Risse sind die einzigen bisher gefundenen Flächen, die den Quarzgürteln der Lage nach entsprechen. Sie sind aber postkristallin in Bezug auf Quarz; parakristalline Scherung nach (0kl) kann nicht nachgewiesen, sondern nur vermutet werden. Es ist möglich, dass die heute noch vorhandenen (0kl)-Risse lediglich die jüngsten, nachkristallinen Spuren sind von parakristallinen Scherungen, deren Flächen von der Rekristallisation verwischt worden sind, die aber die Quarzregelung bedingt. Vielleicht kann diese Frage einmal an Hand von besonders günstigem Material beantwortet werden.

Das Problem kann auch von einer andern Seite her angepackt werden: Eigentümlich ist in den Tessiner Quarzdiagrammen die geringe Schwankung des Winkelabstandes zwischen den beiden (0kl)-Gürteln. Der Winkel zwischen (0kl)-Gürtel und z, also der halbe spitze Winkel, beträgt in 16 Quarzdiagrammen, die immerhin eine auf  $\pm 3^\circ$  genaue Ablesung zulassen:  $32^\circ$ ,  $32^\circ$ ,  $33^\circ$ ,  $33\frac{1}{2}^\circ$ ,  $34^\circ$ ,  $34^\circ$ ,

$34\frac{1}{2}^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ,  $36^{\circ}$ ,  $37^{\circ}$ ,  $38^{\circ}$ ,  $38^{\circ}$ ,  $38\frac{1}{2}^{\circ}$ ,  $39\frac{1}{2}^{\circ}$ ,  $40\frac{1}{2}^{\circ}$ , somit als Durchschnitt ca.  $35-36^{\circ}$ . Der entsprechende Öffnungswinkel der Kleinkreise um z beträgt in D. 20 und D. 23  $36^{\circ}$ ,  $38^{\circ}$ .

Bei dieser guten Übereinstimmung der Winkel muss man zuerst prüfen, was an den Quarzdiagrammen auf Kornmechanismen und was auf Gefügeflächen zu beziehen ist. Bei der Annahme, dass die besetzten Kleinkreise um z bei einschariger Gleitung durch die Einregelung von Gitterebenen von Quarz in die s-Fläche zustande kämen, kommen nur die seltenen Quarzflächen  $(11\bar{2}3)$  ( $\rho 36^{\circ} 15'$ ),  $(10\bar{1}2)$  ( $\rho 32^{\circ} 25'$ ) und  $(\bar{2}\bar{1}35)$  ( $\rho 33^{\circ} 54'$ ) als Gleitflächen in Betracht. Diese Deutung ist deshalb wenig einleuchtend. Ein derartiger Mechanismus kann auf keinen Fall die Zweigürtel-Regelungen erklären. Da diese  $(0kl)$ -Gürtel-Regelungen aber mit den im Tessin seltenen Quarzregelungen mit Kleinkreisen eng verwandt sind und in diese übergehen können, ist die herangezogene Erklärung unbefriedigend, da sie nur den seltenen Spezialfall zu deuten vermag. In erster Linie sollte deshalb die typische Zweigürtelregelung erklärt werden.

Hier kommen nun die induktiven Ergebnisse SANDERS (24) und die deduktiven Ableitungen SCHMIDTS (29) zu einem ähnlichen Ergebnis: Solche Gürtelbilder entstehen bei mehrschariger Deformation, sind also auf verschiedene Gefügeflächen zu beziehen. Von SANDER werden in genau untersuchten Beispielen die Gürtel mittelbar den Bewegungsflächen bei zweisechariger Scherung zugeordnet, wobei zwei Korntranslationen, eine basisnahe Rhomboeder- und eine Prismenfläche mit Korngleitgerader parallel der Quarzhauptachse angenommen werden. SCHMIDT (29, S. 192—193) hingegen betont bei seinen theoretischen Ableitungen, dass die Gürtel, resp. die Häufungen am Rande der „erlaubten“ Sektoren nicht die Lage der Scherflächen des Verformungsvorganges, sondern deren Grenzlagen angeben. Die im Tessin beobachtete, oft scharfe Einregelung der Quarzachsen in die Gürtelbenen, das konstante Streichen und Fallen (Tafel II, Figur 3) und der einheitliche Winkelabstand der beiden  $(0kl)$ -Gürtel, sowie die mit diesen übereinstimmenden  $(0kl)$ -Rupturen sprechen für SANDERS Deutung einer recht mittelbaren Zuordnung der Gürtel zu Scherflächen und für eine Einregelung der Quarzkörner hauptsächlich nach der Prismenzone in die  $(0kl)$ -Flächen. Für die in D. 20 verwirklichte Regelung wäre dann zu fordern, dass die Scherflächen einen Kegelmantel bilden, während D. 23 einen Übergangstyp darstellt.

Am anschaulichsten wären die Verhältnisse am Deformationsellipsoid zu demonstrieren. Die Übertragbarkeit der grundlegenden,



für homogenes isotropes Material bei ebener Deformation ohne Volumenänderung geltenden Deduktionen BECKERS (2, 3, 4, siehe auch 15, S. 290—296) auf die vorliegenden Verhältnisse ist jedoch nicht unbestritten (29). Deshalb soll die Rückführung der (0kl)-Gürtel der Quarzregelung auf die Kreisschnitte (Flächen grössten Tangentialstrains) des Deformationsellipsoids mit den Achsen  $A > B > C$ , wobei  $B$  in  $x$  zu liegen käme, und  $\frac{A+C}{2} > B$ , einstweilen unterbleiben. Das Deformationsellipsoid wäre dann so orientiert, wie es auf Grund der Experimente von MEAD (13) hervorgeht (grösste Achse des Deformationsellipsoids in der Achse  $b$ , resp.  $y$  des Gefüges). Es sei nur darauf hingewiesen, dass bei der Übertragung der SANDER'schen Erklärung gekreuzten Strains auf die Tessiner Verhältnisse lediglich  $E'$  für die Quarzregelung entscheidend wäre.

Auch ohne Achsenverteilungsanalyse ist in  $yz$ -Schliffen mit Hilfe des Gipsblättchens und an der Undulationsstreifung deutlich erkennbar, dass die den beiden (0kl)-Gürteln angehörenden Körner im Schliffbereich vollständig gemischt sind und keineswegs (0kl)-Bahnen besetzen. Es ist schon bei der Einmessung notiert worden, dass Nachbarkörner meist auf verschiedene Arme der Gürtel entfallen. Die beiden Gürtel sind gleichzeitig entstanden, worauf auch ihre symmetrische Ausbildung und ihr über weite Gebiete gleich bleibender Winkelabstand und ihre ähnliche Orientierung hinweist.

### Zusammenfassung

Die Faltung des Untersuchungsgebietes erwies sich als parakristallin in Bezug auf Glimmer und präkristallin in Bezug auf Quarz. Anders formuliert heisst das: Die Kristallisation von Glimmer erfolgte während der Hauptfaltung des Gebietes, die letzte Kristallisation von Quarz jedoch in der Schlussphase oder nach Abschluss der Faltung. Dies gilt für Para- und für Orthogesteine. Glimmerdiagramme spiegeln am besten die Bewegungen bei der Faltung des Gebietes wider. Die aus Gürteldiagrammen von Glimmer resultierenden B-Achsen stimmen mit den im Felde einmessbaren Faltenachsen und Striemungen überein. Regelungsrelikte oder ältere Regelungen als die der Makrotektonik entsprechenden sind nicht gefunden worden. Es konnten auch keine nachkristallinen Überprägungen des Glimmergefüges festgestellt werden, wenn von Klemmpaketen längs Kluftsystemen abgesehen wird. Glimmerregelung, Grobgefüge und Makrotektonik sind einander symmetriegemäss und auf den gleichen tektonischen Akt, auf die alpine Faltung, beziehbar.

Im zentralen Tessin interferieren zwei Systeme von Faltenachsen miteinander und lösen sich ab, sowohl im Gefüge wie im geologischen Bau. Dem einen, N-S verlaufenden System von B-Achsen, folgt zugleich die Streckung der anisometrischen Körner, auch dort, wo das andere, ENE-WSW verlaufende System von B'-Achsen die Rolle der Faltenachse des Glimmergefüges und der gekrümmten Kornzeilen übernimmt. Die zwei parakristallinen Faltungen überlagern sich im gleichen Handstück und ergeben selten rhombische ( $B \perp B'$ ), meist triklin (B schief zu B') Gefügesymmetrie. Sie beweisen dreidimensionale Verformung, wie sie auch aus den Feldbefunden hervorgeht. Da wir es aber in der Verzasca nicht mehr mit einer ebenen, zweidimensionalen Deformation zu tun haben, sondern mit dreidimensionaler Deformation, so ist das tektonische Bild räumlich darzustellen und zu erklären. Es sind Bewegungen und Verformungen im Streichen der Faltenachsen direkt ablesbar und es ist die Frage zu stellen, ob die vielfach beobachtbare starke Streckung der Mineralkomponenten in der Richtung der Hauptfaltenachse mit diesen Bewegungen im Streichen in Zusammenhang zu bringen sei.

Es sei für Tektoniker speziell hervorgehoben, dass die N-S-Struktur der Maggia-Querzone sich nicht nur im Verlauf der geologischen Zonen oder im Streichen der Schichten äussert, sondern dass sie sich in den flach gelagerten Gneisen der Verzasca in den Gross- und Kleinfalten, in der Gitterregelung und in der Orientierung der anisometrischen Mineralkörner widerspiegelt und sich in Schichten fortsetzt, die E-W streichen.

Quarz bildet in den meisten der analysierten Gesteine ein bis mehrere Körner mächtige Zeilen. Diese Quarzzeilen laufen der Schieferung parallel. Auch in Falten folgen die Quarzlagen durchwegs der Zeichnung. Es ist in mehreren Fällen beobachtet worden, dass im Scheitel von Falten das innerste, einheitliche Quarzkorn U- oder V-förmig gebogen — nicht verbogen — ist, dass also ein Korn die Falte abbildet, wie es auch die ganze Quarzzeile tut. Die Quarzregelung ist aber in allen Fällen unabhängig von dieser Vorzeichnung; sie erfolgt gleich in ebenen wie in gefalteten Gefügen. Die Falte ist eine vorkristalline Zeichnung in Bezug auf die Quarzregelung. Der Mechanismus, der die Quarzregelung bedingte, hat aber die Glimmerregelung der in Bezug auf Glimmer parakristallinen Falte in keiner Weise verwischt. Das Gefügebild zeigt, dass die Quarzregelung bei nur geringen oder ohne Teilbewegungen erfolgte und jedenfalls mit keinen grössern tektonischen Transporten verbunden war. Die Quarzregelung ist wahrscheinlich auf die letzte

Phase der tektonischen Transporte zu beziehen, welche die Faltung des Glimmergefüges zur Folge hatten.

Die Tessiner Quarzdiagramme gehören zum Typus der Zweigürtel-Regelungen. Die beiden (0kl)-Gürtel bilden stets um z einen spitzen Winkel von 64—80°. Die Quarzregelung hat rhombische Symmetrie und weist auf rhombische Einspannung hin. Die Symmetrieachsen und Symmetrieebenen der Quarzregelung liegen aber meist asymmetrisch zur Symmetrie der Glimmerregelung. Die Quarzregelung ist auf eine in Bezug auf die Koordinaten des Grobgefüges schiefe und dessen Symmetrie triklinisierende, letzte Aufprägung, ohne grössere Transporte, zu beziehen.

Wenn wir die für die Quarzregelung charakteristischen Gürtel-ebenen in den Horizont, in die Topographie, projizieren, so zeigt sich überraschenderweise, dass diese Ebenen in einem kompliziert gebauten Gebirgsmassiv auf mehrere Kilometer Distanz einheitliches Streichen und Fallen haben, und zwar in stofflich verschiedenartigen Gesteinen, in ebenen und gefalteten Gefügen und in flach gelagerten wie in steil stehenden Verbänden. Wenn wir aber die Symmetrieachsen der Quarzregelung mit den entsprechenden Achsen der Glimmerregelung vergleichen, so ergibt sich, dass die Achse y der Quarzregelung gegenüber der Achse b der Glimmerregelung stets um einen ähnlichen kleinen Winkel und entgegengesetzt der Uhrzeigerbewegung verdreht ist. Aus diesen geringen und gleichsinnigen Abweichungen darf einstweilen auf eine geringe Verschwenkung der gebirgsbildenden Kräfte in der gleichen alpinen Orogenese im Zeitraum zwischen der Regelung von Glimmer und Quarz geschlossen werden. Durch logische Weiterführung der begonnenen Arbeiten kann das Problem der Beziehungen der Glimmer- zur Quarzregelung gelöst werden.

Zum Schluss sei noch eines der beiläufig sich stellenden Probleme erwähnt: Es ist aufgefallen, dass in den bis 2000 m tiefen Aufschlüssen der Valle d'Osola Quarz in den oberen, flach gelagerten Gesteinsserien besser geregelt ist als in den liegenden. In den tiefsten Aufschlüssen bei Brione-Verzasca, in den bekannten Platten-gneisbrüchen, ist Quarz statistisch ungeregt (300 Achsen gemessen); auch eine zweite Probe aus jenem Gebiet liess keine deutliche Regelung erkennen. Bei der Prüfung weiterer Schiffe aus der Talsohle der Valle d'Osola mit Hilfe des Gipsblättchens ergab sich der gleiche Befund. Wenn sich hier eine Gesetzmässigkeit abzeichnen sollte, was noch zu prüfen ist, so wäre in diesen tiefsten Lagen auf Fehlen von Differentialbewegungen und auf hydrostatischen Druck bei der Kristallisation von Quarz zu schliessen.



Es dürfte aus diesen Ausführungen hervorgegangen sein, dass gefügeanalytische Untersuchungen uns über manche sonst nicht fassbare Probleme Auskunft geben können. Da Quarz leicht auf letzte Überprägungen reagiert, hat die Methode aber auch ihre Grenzen und vermag verschiedene der zu stellenden Fragen nicht zu behandeln.

Da im zentralen Tessin tatsächlich alles alpin völlig umkristallisiert ist, bleibt als brennendstes Problem zu prüfen übrig, wie die Verhältnisse im nördlichen Tessin liegen und wie sich die Übergänge zum Gotthard-Massiv gestalten.

### Literaturverzeichnis

1. C. ANDREATTA: Analisi strutturale di rocce metamorfiche II. Period. Mineralog. 4 (1933) 3.
2. G. F. BECKER: Finite homogeneous strain, flow and rupture of rocks. Bull. Geol. Soc. Amer. 4 (1893) 13.
3. — Schistosity and slaty cleavage. J. Geol. 4 (1896) 429.
4. — Experiments on schistosity and slaty cleavage. U. S. Geol. Surv. Bull. 241 (1904).
5. S. CASASOPRA: Studio petrografico dello Gneiss granitico Leventina. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 19 (1939) 449.
6. H. CLOSS: Quarzgefügestudien im östlichen Graubünden. Min. Petr. Mitt. 46 (1935) 342.
7. — Tektonische Folgerungen aus Graubündner Quarzgefügediagrammen. Min. Petr. Mitt. 46 (1935) 403.
8. — Erwiderung auf ED. WENKS Kritik und Umdeutung. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 17 (1937) 202.
9. H. W. FAIRBAIRN: Elongation in deformed rocks. J. Geol. 44 (1936) 670.
10. — Notes on the mechanics of rock foliation. J. Geol. 43 (1935) 591.
11. A. HIETANEN: On the petrology of Finnish quartzites. Bull. comm. géol. Finlande 122 (1938).
12. L. KRASSER: Tektonische Untersuchungen an der Basis der Silvretta-Decke im Val Tuoi. Geol. Rundschau 31 (1940) 163.
13. W. J. MEAD: Notes on the mechanics of geologic structures. J. Geol. 28 (1920) 505.
14. O. MELLIS: Gefügediagramme in stereographischer Projektion. Min. Petr. Mitt. 53 (1942) 330.
15. P. NIGGLI: Lehrbuch der Mineralogie I. Berlin 1924.
16. P. NIGGLI, H. PREISWERK, O. GRÜTTER, L. BOSSARD und E. KÜNDIG: Geologische Beschreibung der Tessiner Alpen zwischen Maggia- und Bleniotal. Beitr. Geol. Karte Schweiz N. F. 71 (1936).
17. P. NIGGLI: Das Problem der Granitbildung. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 22 (1942) 1.
18. F. COLES PHILLIPS: A fabric study of some Moine Schists and associated rocks. J. Geol. Soc. London 93 (1937) 581.
19. H. PREISWERK: Zur Altersfrage der Granitgneise im Simplongebiet. Eclogae Geol. Helvet. 13 (1914) 169.

20. — Die zwei Deckenkulminationen Tosa-Tessin und die Tessiner Querfalte. *Eclogae Geol. Helvet.* 16 (1921) 485.
21. — Der Quarzdiorit des Coccomassivs und seine Beziehung zum Verzascagneis. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.* 11 (1931) 27.
22. H. PREISWERK, L. BOSSARD, O. GRÜTTER u. a.: Geologische Karte der Tessiner-alpen zwischen Maggia- und Bleniotal. 1 : 50000. Geol. Komm. S. N. G. Spez. Karte Nr. 116 (1934).
23. TH. G. SAHAMA: Die Regelung von Quarz und Glimmer in den Gesteinen der Finnisch-Lappländischen Granulitformation. *Bull. comm. géol. Finlande* 113 (1936).
24. B. SANDER: Gefügekunde der Gesteine. Wien 1930.
25. — Fortschritte der Gefügekunde der Gesteine. Anwendungen, Ergebnisse, Kritik. *Fortschr. Mineralog.* 18 (1934) 111.
26. — Über Striemung, Transport und Gefüge. *Geol. Rundschau* 27 (1936) 298.
27. W. SCHMIDT: Gefügesymmetrie und Tektonik. *Jb. Geol. Bundesanst. Wien* 76 (1926) 407.
28. — Zur Quarzgefügeregel. *Fortschr. Mineralog.* 11 (1927) 334.
29. — Tektonik und Verformungslehre. Berlin 1932.
30. — Scherflächen. *Zbl. Mineralog. B.* (1936) 225.
31. — Zur Arbeit OTTO MELLIS: „Gefügediagramme in stereographischer Projektion.“ *Zbl. Mineralog. A.* (1942) 184.
32. E. WENK: Zur Genese der Bändergneise von Ornö Huvud. *Bull. Geol. Inst. Upsala.* 26 (1936) 53.
33. — Kritik und Umdeutung der „Tektonischen Folgerungen aus Graubündner Quarzgefügediagrammen“ von H. Closs. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.* 16 (1936) 183.

Mineralogisches Institut der Universität Basel, 5. März 1943.  
Eingegangen: 27. April 1943.

## Verzeichnis der Gefügediagramme 1—30, Tafel I.

Alle Projektionen sind auf die obere Halbkugel zu beziehen. Die Diagramme 1—26 sind in flächentreuer, die Sammeldiagramme 27—30 in winkeltreuer, stereographischer Projektion gezeichnet.

- D. 1. Quarzit. SE-Wand Pizzo Rasia ob Alpe Gemogna 2500 m, Koord. 699,8/132,3. Sammlungsnummer V. 7b I. 302 Quarz, 1, 3, 5%. 40 Rupturen (feine Punkt-Signatur).
- D. 2. idem, Parallelschliff. 273 Quarz, 1, 3, 5%.
- D. 3. Quarzit. Pizzo Rasia E-Gipfel 2600 m, Koord. 699,8/132,38. V. 105. 200 Biotit, 1, 10%.
- D. 4. idem, 294 Quarz, 1, 3, 5, 10%.
- D. 5. Quarzreicher Alkalifeldspatgneis (Randfazies Augengneis). Cartedobach bei Rongee (V. Redorta), 1190 m, Koord. 702,5/133,4. V. 102. 251 Quarz, 1, 2, 3%.
- D. 6. Quarzit. Fuss SE-Wand Pizzo Rasia gegen Gemogna 2450 m, Koord. 699/132,3. V. 107. 404 Quarz, 1, 2, 3%.
- D. 7. Quarzreicher Plagioklasgneis. R. Gruarescio ob Strassenbrücke Chinchengo-Rossura (Leventina) 1080 m, Koord. 706,5/148,3. L. 152. 39 Muskowit (Kreise) und 75 Biotit (Punkte), 2, 5, 10, 20%.
- D. 8. idem, 300 Quarz, 1, 2, 3, 5, 6%.
- D. 9. Leuco-Plagioklasgneis. N Alpe d'Osola W Sambucobach 1600 m, Koord. 697,86/132,6. V. 29. 249 Quarz,  $1\frac{1}{5}$ , 2, 3, 4%.
- D. 10. idem, Parallelschliff, 230 Quarz,  $1\frac{1}{4}$ , 3,  $5\frac{1}{5}$ %.
- D. 11. idem, 173 Muskowit und 40 Rupturen in Quarz.
- D. 12. idem, Sammeldiagramm aus D. 9 und D. 10. 479 Quarz, 1, 2, 3, 4%.
- D. 13. Falte Alkalifeldspatgneis. Alte Strasse Dazio Grande-Piottino (Leventina), Koord. 700,9/149,7. L. 3. 222 Glimmer, 2, 3, 4, 7, 8%.
- D. 14. idem, 200 Quarz aus Faltenscheitel (Kreise), Schenkel 1 (feine Punkte) und Schenkel 2 (grobe Punkte), 1, 2, 3, 4, 5%.
- D. 15. Falte Alkalifeldspatgneis. Abraum Strassentunnel Piottino (Leventina). L. 6. 118 Biotit (Punkte), 132 Muskowit (Kreise).
- D. 16. idem, 383 Quarz, 1, 2, 3, 4%.
- D. 17. Plagioklasreicher Alkalifeldspatgneis. Liegende Falte N Alpe Gemogna (Osola) 2250 m, Koord. 699,85/131,95. V. 12. 250 Quarz,  $1, 3\frac{1}{5}$ %.
- D. 18. Plagioklasreicher Alkalifeldspatgneis. Pfad Loeng - Tencio (Osola) 1550 m, Koord. 702,55/129,775. V. 30. 278 Quarz, 1, 2, 3, 4%.
- D. 19. Biotit- und plagioklasreicher Alkalifeldspatgneis. W Sorio, Valle d'Osola, Koord. 702,6/128,5. V. 25. 302 Biotit.  $\frac{1}{2}$ , 2, 5, 10%.
- D. 20. idem, 300 Quarz, 1, 2, 3, 4%. Kleinkreis  $36^\circ$  Radius.

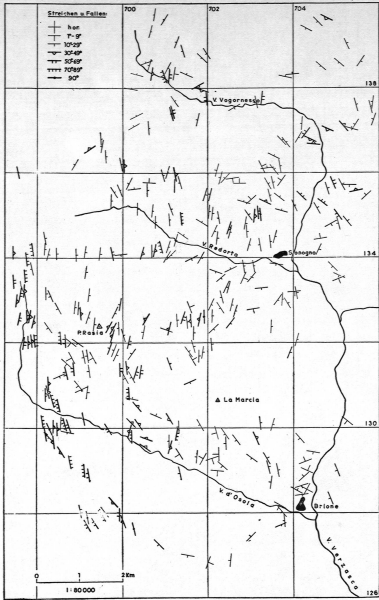


Fig. 1. Streichen und Fallen der Schichten im obren Verzascatal. 1:80 000.

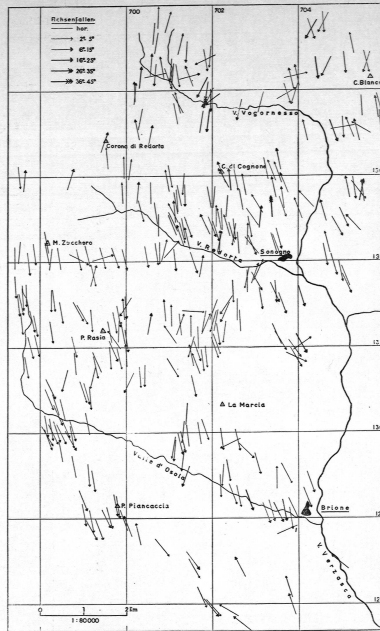


Fig. 2. Streichen und Fallen der B-Achsen (Faltenachsen, Strömung) im obren Verzascatal. 1:80 000.

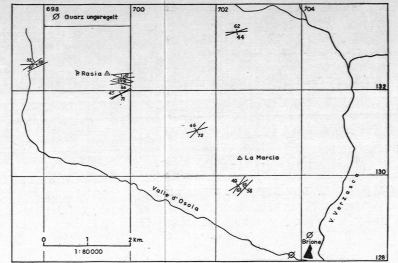


Fig. 3. Lage der (0k1)-Gürtel der Quarzregelung im Gebiet der Val Verzasca-Val d'Osola. 1:80 000.

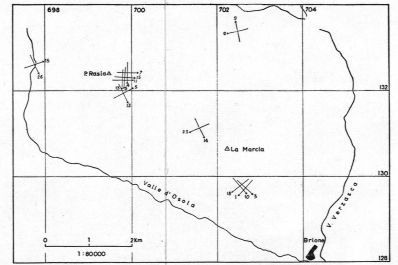


Fig. 4. Lage der Koordinaten x und y der Quarzregelung im Gebiet der Val Verzasca-Val d'Osola. 1:80 000.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

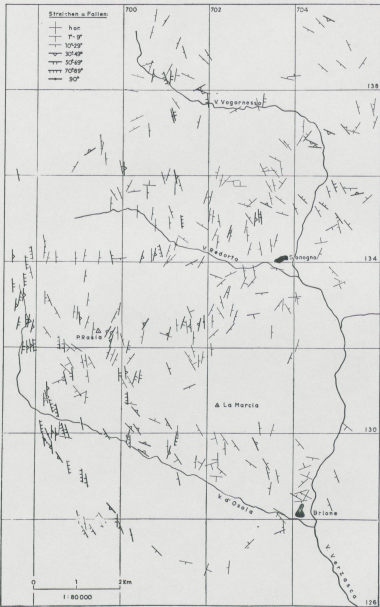


Fig. 1. Streichen und Fallen der Schichten im öbern Verzascatal. 1:80 000.



Fig. 2. Streichen und Fallen der B-Achsen (Faltenachsen, Strömung) im öbern Verzascatal. 1:80 000.

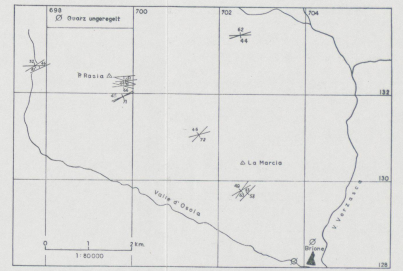


Fig. 3. Lage der (0k1)-Gürtel der Quarzregung im Gebiet der Verzasca-Val d'Osola. 1:80 000.

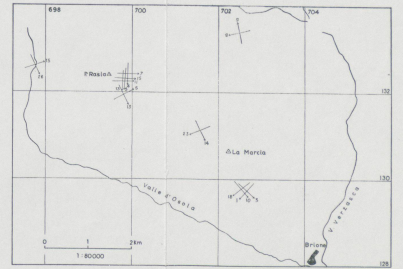


Fig. 4. Lage der Koordinaten x und y der Quarzregung im Gebiet der Verzasca-Val d'Osola. 1:80 000.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide