

Kakirite, Kataklasite, Mylonite : zur Nomenklatur der Metamorphite mit Verformungsgefügen

Autor(en): **Heitzmann, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **78 (1985)**

Heft 2

PDF erstellt am: **16.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-165656>

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.

Kakirite, Kataklasite, Mylonite – Zur Nomenklatur der Metamorphite mit Verformungsgefügen

Von PETER HEITZMANN¹⁾

ABSTRACT

Based on the terminology by GRUBENMANN & NIGGLI (1924) and SIBSON (1977), a descriptive classification for metamorphic rocks with a deformational fabric ("fault-related rocks") is presented. The general terms kakirite, cataclasite, pseudotachylite, mylonite refer to types of deformation ranging from very brittle to ductile. The term blastomylonite should be omitted.

RÉSUMÉ

Sur la base de la terminologie de GRUBENMANN & NIGGLI (1924) et de SIBSON (1977), une classification descriptive des roches métamorphiques avec des structures de déformation est présentée. Les termes généraux kakirite, cataclasite, pseudotachylite et mylonite se réfèrent à des déformations passant de conditions extrêmement cassantes jusqu'à ductiles. Le terme blastomylonite ne devrait plus être utilisé.

RIASSUNTO

Si propone una classificazione descrittiva delle rocce metamorfiche con strutture di deformazione basata sulla terminologia di GRUBENMANN & NIGGLI (1924) e di SIBSON (1977). I termini fondamentali kakirite, cataclasite, pseudotachilite e milonite rappresentano una serie di tipi di deformazioni a condizioni varianti da molto fragile a duttile. Il termine blastomilonite non dovrebbe più essere usato.

1. Einleitung

Über die Nomenklatur von Metamorphiten mit Verformungsgefügen im deutschen Sprachbereich herrscht auch heute noch weitgehende Uneinigkeit, und Begriffe wie «Mylonit» werden für die verschiedensten Gesteine gebraucht. Der vorliegende Artikel richtet sich deshalb vor allem auch an Geowissenschaftler und Ingenieure, die nicht direkt in die Probleme involviert sind.

Die Unklarheiten sind sicher zum Teil historisch bedingt, denn der Begriff «Mylonit» wurde ganz verschieden definiert (vgl. SANDER 1912a, STAUB 1915, QUENSEL 1916). Andererseits ist es aber auch auf die Erklärung der Genese dieser Gesteine zurückzuführen, bestanden doch bis Anfang der siebziger Jahre Schwierigkeiten, das rekristallisierte Gefüge der Mylonite ohne vorheriges Zerschneiden zu erklären. Auch in neueren Lehrbüchern werden die Mylonitisierung als «ein mechanisches Zerschneiden und Zermahlen» (WINKLER 1967, auch 1979) und die Mylonite selbst als «feinstkörniges Gesteinsmehl»

¹⁾ Geologisches Institut der Universität Bern, Baltzerstrasse 1, CH-3012 Bern.

Tabelle 1: Entwicklung der Nomenklatur für Metamorphite mit Verformungsgefügen («fault-related rocks») im englischen Sprachbereich.

	Lapworth 1885	Teall 1918	Christie 1960	Spry 1969	Higgins 1971	Zeck 1974	Bell & Etheridge 1973	Sibson 1977	White 1982	
without cohesion					fault breccia fault gouge			fault breccia fault gouge		
					micro- breccia	non-foliated hemi- and holo- clastites		proto- cataclasite	proto- cataclasite	
with cohesion			brecciated schist ↓ increasing pulverization ↓ cataclasite	proto- cataclasite				proto- cataclasite	proto- cataclasite	brittle process: grain refinement and rigid body rotation
				cataclasite				blasto- cataclasite	blasto- cataclasite	
				ultra- cataclasite	cataclasite			cataclasite	cataclasite	
foliated MYLONITIC ROCKS	augen- schist	sheared country rock	mylonite		proto- mylonite	foliated hemi- and holo- clastites	A mylonite is a foliated rock, commonly line- ated and contai- ning megacrysts, which occurs in narrow, planar zones of intense deformation. It is often finer grained than the surrounding rocks into which it grades.	proto- mylonite	proto- mylonite	ductile (plastic) process: grain refinement by syn- tectonic recrystallization
	variegated schist		blasto- mylonite					proto- mylonite	blasto- mylonite	
	mylonite	mylonite	augen- schist quartz- schist	mylonite	mylonite				mylonite	
			Primary mylonitic rocks ↑ increasing neomineralization ↓ genetic interpretation: mylonitization = cataclastic process with later neominerali- zation and/or recrystallization	ultra- mylonite	ultra- mylonite			ultra- mylonite	ultra- mylonite	

HZ 85

(SCHMIDT-THOMÉ 1972) oder als «zermalnte Massen in Reibungszonen» (NICKEL 1975) bezeichnet. Moderne Auffassungen finden sich hingegen in PFEIFFER et al. (1981) und TROMMSDORFF & DIETRICH (1982). Das Deutsche Handwörterbuch der Tektonik (1968–1982) liefert unter den entsprechenden Schlagwörtern («Kakirit», «Kataklasit», «Mylonit») wohl manche Hinweise auf die Geschichte der Begriffe, weicht aber einer Gesteinsbeschreibung oder gar einer genauen Definition aus.

Im folgenden sollen ein historischer Abriss über die Entwicklung der Nomenklatur und eine kurze Betrachtung über die Prozesse, welche zu Metamorphiten mit Verformungsgefügen führen, als Grundlage für einen Vorschlag zur Nomenklatur dieser Gesteine dienen.

2. Historisches

Die historische Entwicklung der Nomenklatur im englischen Sprachbereich seit der erstmaligen Verwendung des Begriffs «Mylonit» von LAPWORTH (1885) für Gesteine im Zusammenhang mit der Moine-Überschiebung in Nordwest-Schottland ist in Tabelle 1 dargestellt. Bemerkenswert ist vor allem die Arbeit von HIGGINS (1971) als bestens dokumentierte Zusammenfassung des Problemkreises bis 1970. In allen Arbeiten bis 1971 wird als entscheidender Prozess, der zu einer Verkleinerung der Korngrösse führt, das intensive Zerbrechen des Gesteins (Kataklaste) genannt. Die Erkenntnis, dass auch eine duktile Verformung, verbunden mit dynamischer (d. h. gleichzeitiger) Rekristallisation, zur Kornverkleinerung führt, wird erstmals von THEODORE & CHRISTIE (1969) erwähnt, es ist jedoch vor allem die Arbeit von BELL & ETHERIDGE (1973), welche dieser genetischen Erklärung zum Durchbruch verholfen hat. Eine Interpretation der Mylonitgenese aufgrund duktiler Verformung wird allerdings schon von SANDER (1912b, S. 253) als futuristische Hypothese ins Auge gefasst. Alle modernen englischen Vorschläge zur Nomenklatur (SIBSON 1977, WHITE 1982, WISE et al. 1984) basieren auf diesen neuen genetischen Interpretationen und den daraus abgeleiteten Mikrostruktur- und Texturbildern, versuchen allerdings die Einteilung möglichst beschreibend zu halten.

Im deutschen Sprachbereich finden sich die ersten systematischen Zusammenstellungen bei STAUB (1915) und QUENSEL (1916). Eine ausführliche Beschreibung geben GRUBENMANN & NIGGLI (1924), diese dient auch als Grundlage für die hier vorgeschlagene Nomenklatur. ZAWADYNSKI (1952) geht vor allem auf die Petrographie der Kataklastite ein.

3. Gefügebildende Prozesse

Allgemein können während der Metamorphose zwei antagonistische Prozess-Gruppen unterschieden werden:

- *Verformungsprozesse*: Spröde (bruchhafte) und/oder duktile Verformung führt zu einer Kornverformung und/oder -verkleinerung.
- *Kristallisations- und Rekristallisationsprozesse* führen zu einer Kornneubildung und/oder -vergrößerung. Eine Rekristallisation nach der Verformung (posttektonisch) ist statisch, eine solche während der Verformung (syntektonisch) heisst dynamisch.

Charakteristisch für die Metamorphite mit Verformungsgefügen ist eine gegenüber dem Ursprungsgestein stark reduzierte Korngrösse; dies kann sowohl durch bruchhafte als auch durch duktile Verformung erreicht werden:

- Als *Kataklase* wird das intensive Zerbrechen des Gesteins und der einzelnen Mineralkörner bezeichnet, ohne dass die Kohäsion verlorenght. Ist der prozentuale Anteil der feinkörnigen Matrix genügend gross, kann es zu einer dem plastischen Kriechen vergleichbaren Verformung kommen (kataklastisches Fliessen); während der Verformung können die Partikel rotiert werden. Die endgültige Korngrösse, welche durch Korngrössenreduktion durch Zerbrechen erreicht wird, kann extrem fein sein (im μ -Bereich).
- Auch bei der *duktilen* Verformung kommt es zur Korngrössenreduktion, und zwar durch *dynamische Rekristallisation*. Dies geschieht entweder durch Subkornbildung und Individualisierung dieser Subkörner durch fortschreitende Umorientierung («in situ dynamic recrystallization», NICOLAS & POIRIER 1976) oder Nukleation und Kornwachstum, vorzugsweise an stark deformierten Orten wie Korngrenzen, Zwillingsgrenzen («nucleation- and-growth recrystallization», SCHMID et al. 1980).

4. Nomenklatur

Als Name für die Gruppe der metamorphen Gesteine, die hier besprochen wird, finden sich verschiedene Vorschläge:

- GRUBENMANN & NIGGLI (1924) führen die uns interessierenden Gesteine im Kapitel über die «Klassifikation der Vorgänge der Dislokationsmetamorphose» auf, ohne der Gruppe als solcher einen Namen zu geben.
- PFEIFFER et al. (1981) fassen diese Gesteine unter den «überwiegend tektonisch geprägten Gesteinen (Dynamometamorphite)» zusammen.
- TROMMSDORFF & DIETRICH (1982) sprechen von «Produkten mechanischer Deformation» und teilen diese entsprechend ihrer charakteristischen Struktur ein, wobei diese als «Trümmerstrukturen» im Gegensatz zu den kristalloblastischen Strukturen bezeichnet werden.
- Bezeichnungen, die dem Englischen entlehnt sind wie kataklastische Gesteine (cataclastic rocks, HIGGINS 1971) oder Bruchgesteine (fault rocks, WHITE 1982), implizieren einen bruchhaften Verformungsprozess und sind als Gruppenbezeichnungen denkbar ungeeignet.

Wie schon im Titel angegeben, wird hier die Gesteinsgruppe als «Metamorphite mit Verformungsgefügen» bezeichnet, und zwar aus folgenden Gründen:

1. Da unter dem Begriff «Metamorphose» eine Änderung im Mineralbestand und/oder Gefüge verstanden wird, handelt es sich auch bei diesen Gesteinen um «Metamorphite» (und werden dementsprechend in den Lehrbüchern auch bei diesen behandelt).
2. Der Begriff «Trümmerstruktur» wird abgelehnt, da er nur bruchhafte Verformung beschreibt und die Prozesse der duktilen Verformung und dynamischen Rekristallisation nicht umfasst. Auch ist der Begriff «Struktur» zu eng gefasst, da neben strukturellen (Korngrösse, Kornform) auch texturale Aspekte (richtungslose, Planar-, Linear-Textur, Kornregelung) berücksichtigt werden.
3. Die Gefüge der hier diskutierten Metamorphite sind stark durch Verformungsprozesse geprägt und viel weniger durch solche der statischen Rekristallisation.

Wenn immer möglich, soll eine Abfolge mit zunehmender Verformung vom Ursprungsgestein bis zum endgültigen Metamorphit gesucht und beschrieben werden, ist

Tabelle 2: Systematik der Metamorphite mit Verformungsgefügen.

METAMORPHITE MIT VERFORMUNGSGEFÜGEN				
als Produkte überwiegend mechanischer (bruchhafter und/oder duktiler) Verformung				
Gefüge	Lockergesteine richtungslos	dicht, glasig	Festgesteine	
			i.a. richtungslos, selten geschiefert	(fein-)geschiefert oder laminiert oft mit Streckungslinear
Allgem. Begriff	KAKIRITE	Pseudo-tachylite	KATAKLASITE	MYLONITE
Matrix - Anteil %	10	tektonische Breccien Bruchbreccien Gesteinsmehl		
	50		Protokataklasit	Protomylonit
	90		Kataklasit	Mylonit
			Ultrakataklasit	Ultramylonit
Anmerkungen zur Entstehung	Zerbrechen des Gesteins (extrem sprödes Verhalten)	Aufschmelzung durch Reibungswärme, Kristallisation oder extreme Kataklase, Injektion, Rekristallisation Hz 85	dominierende Verformung: Kataklase Ausbildung feinsten inter- und intrakristalliner Bruchflächen (microcracking); Rekristallisation, kataklastisches Fließen	duktiler Verform. rein duktile oder spröde-duktiler Verform.; microcracking, Versetzungs-Kriechen, superplastisches Verhalten, dynamische Rekristallisation

doch so die Erfassung der wichtigsten Veränderungen, welche für die Verformung typisch sind, am ehesten möglich. Es ist aber zu beachten, dass oft verschiedene Metamorphite mit Verformungsgefügen vorliegen, die einem zeitlichen Aufeinanderfolgen von verschiedenen Verformungsprozessen entsprechen. So finden sich in Scher- und Überschiebungszonen oft Mylonite, die später eine Kataklase erlitten haben und schliesslich kakiritisiert worden sind, entsprechend einer zeitlichen Abfolge zu immer spröderer Verformung (Tonale-Linie östlich des Ticino, Glarner Hauptüberschiebung).

Die Systematik der Metamorphite mit Verformungsgefügen ist in Tabelle 2 zusammengefasst. Je nach Verhältnis zwischen grobkörnigem Altbestand («Porphyroklasten») und feinkörnigem Neubestand («Matrix») kann vor das Stammwort die Bezeichnung «Proto-» (10–50% Matrix) oder «Ultra-» (über 90% Matrix) gesetzt werden. Nachstehend sollen die einzelnen Begriffe näher beleuchtet werden.

Kakirit

Kakirite (Fig. 1) sind stark zerrüttete und breccierte Gesteinskörper, von Kluft- und Scherflächen durchzogen, wobei sich die Verformung während der Kakiritisierung auf

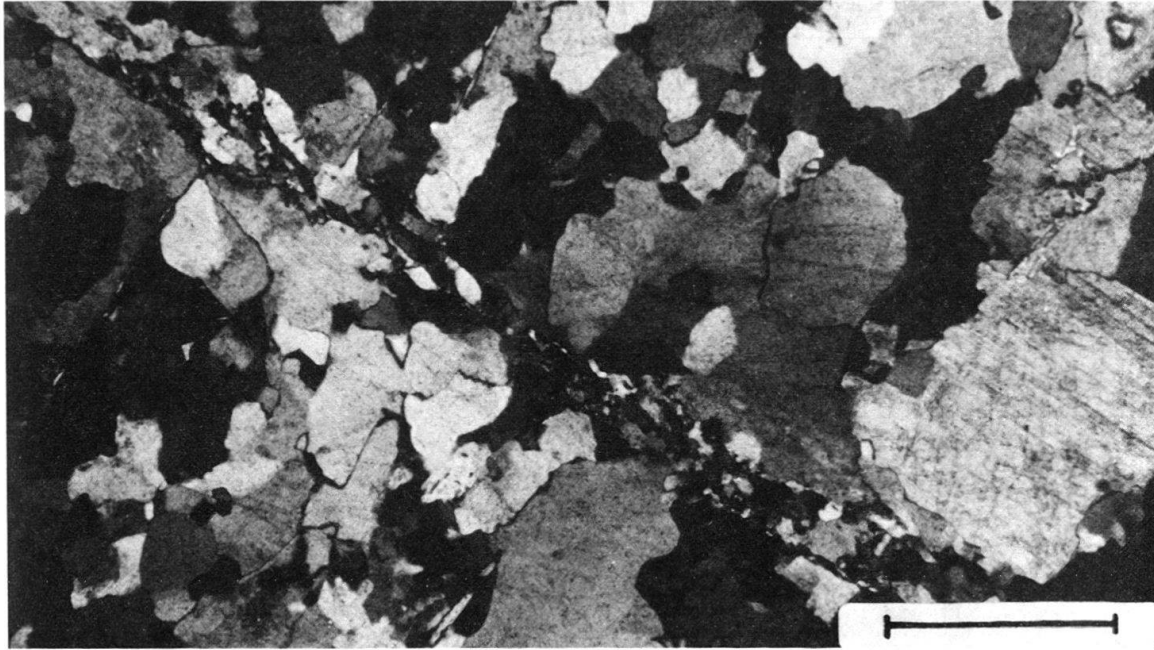


Fig. 1. Zweiglimmergneisse aus einer Kakiritzone. Verformung nur in einem engen Bereich. Masera, Val d'Ossola, Italia. Maßstab = 0,5 mm.

diese Bruchzonen beschränkt und das dazwischen liegende Gestein praktisch keinen Einfluss von Verformung zeigt. Häufig befinden sich Gesteinsfragmente in einer Grundmasse von Gesteinsmehl (tektonische Breccie), die Zertrümmerung kann aber auch bis zu reinem Gesteinsmehl (fault gouge) führen. Als Fragmente können sowohl praktisch undeformierte als auch in jedem Grad vorher verformte Gesteine (Mylonite, Kataklasite) auftreten. Oft kommt es zu Mineralneubildungen, insbesondere durch Lösungsumsatz auf den Bruchflächen oder innerhalb der feinkörnigen Matrix. Kakirite sind im Aufschluss kohäsionslos (Lockergesteine), weil sie bei der äusserst starken mechanischen

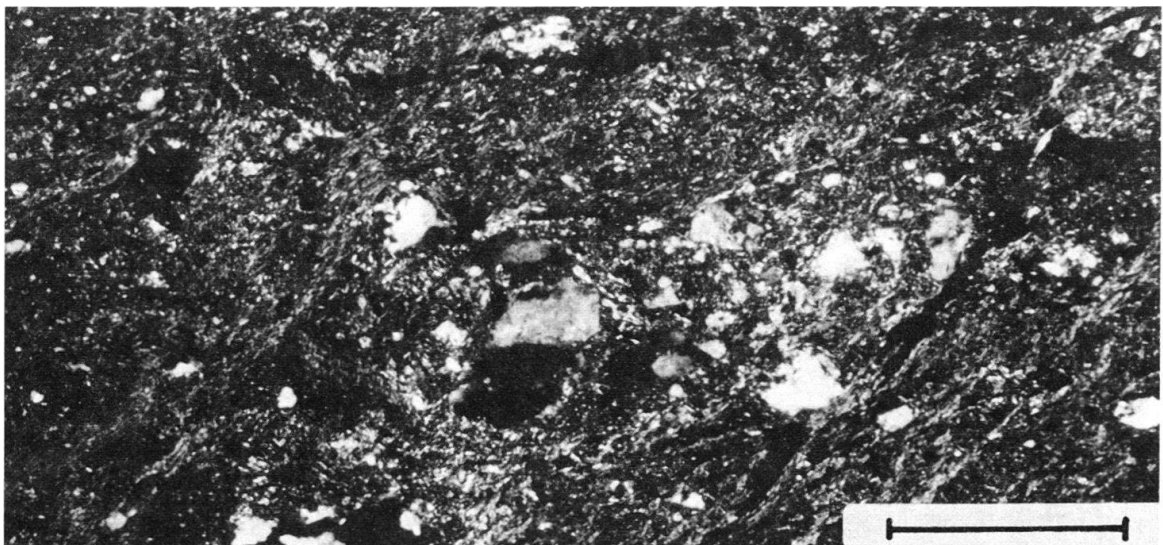
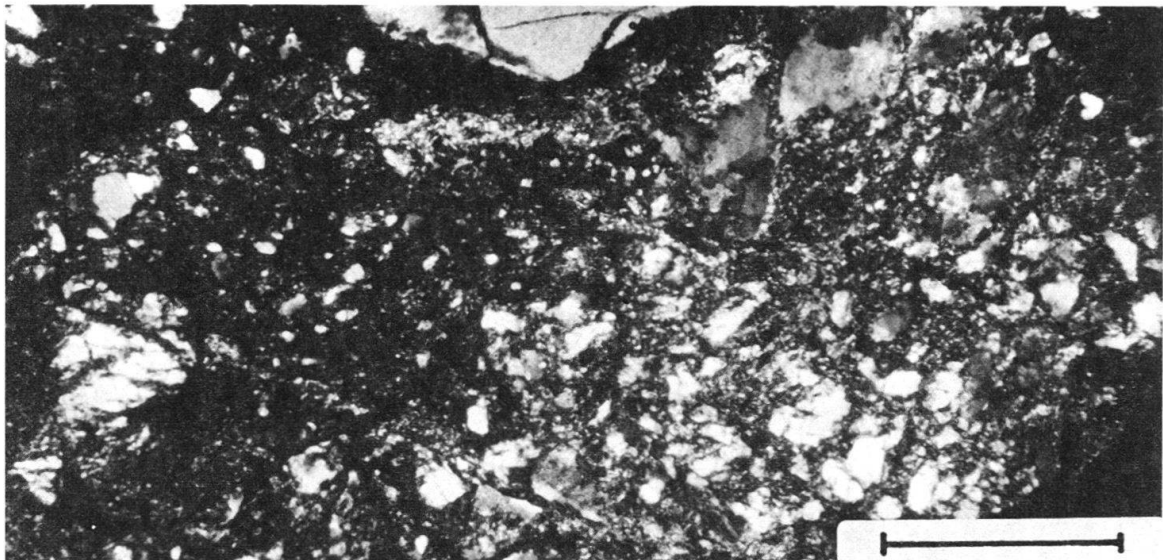
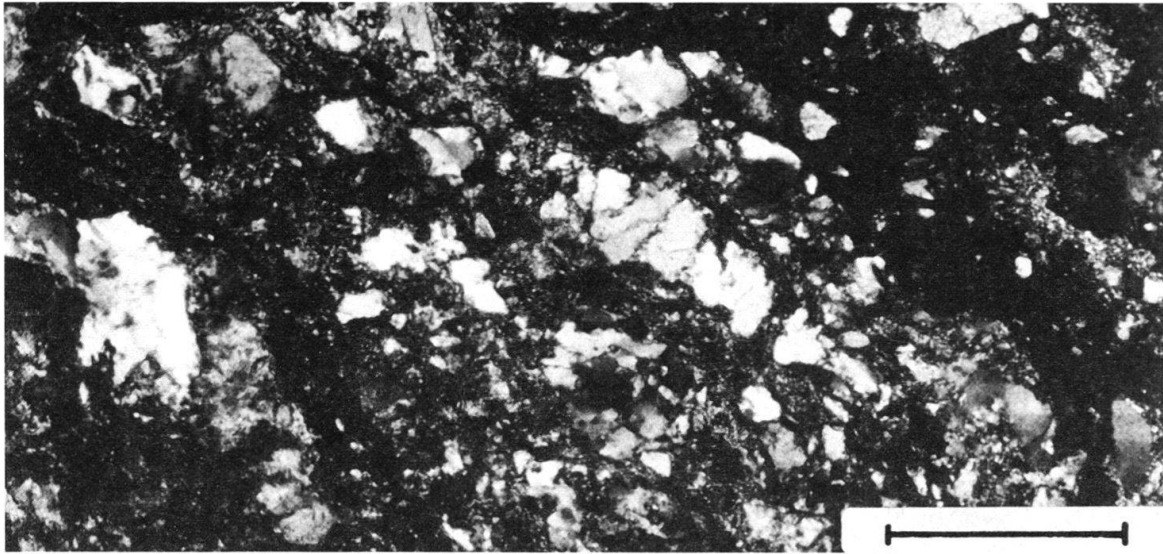


Fig. 2. Progressive Kataklaste: Protokataklasit – Kataklasit – Ultrakataklasit. Kontakt Erstfelder/Innertkirchner Kristallin, Grätli, Sustenpass (BE). Maßstab = 0,5 mm.

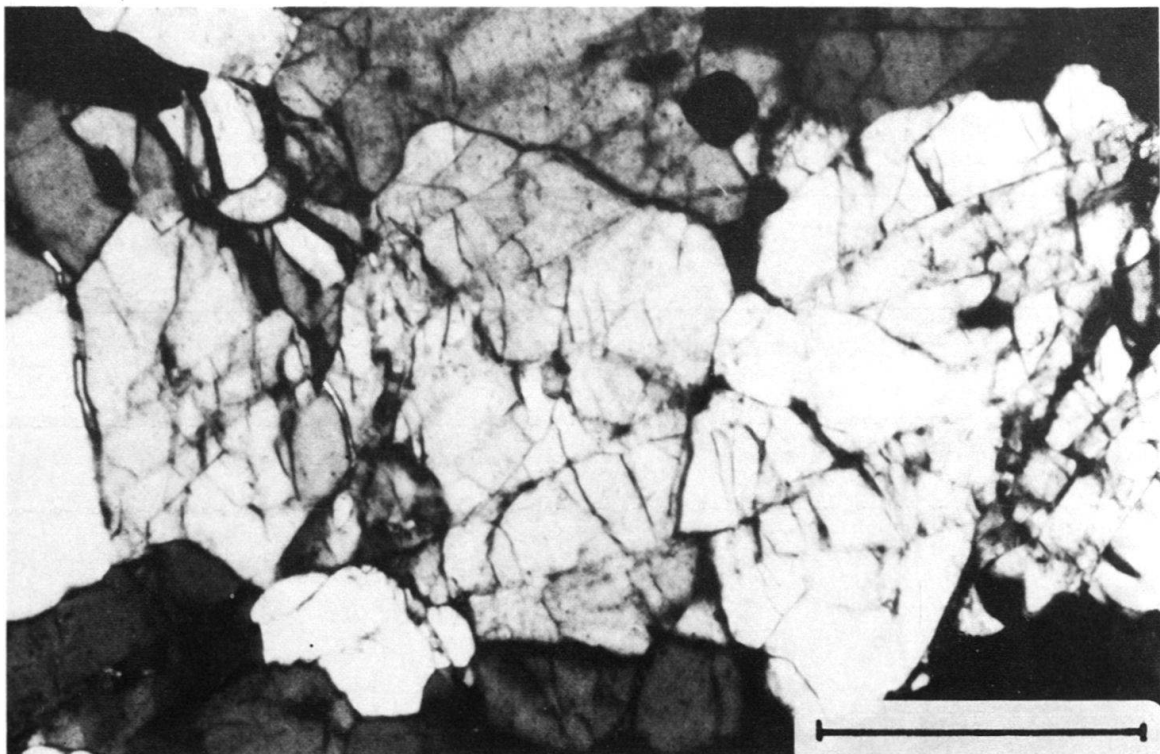
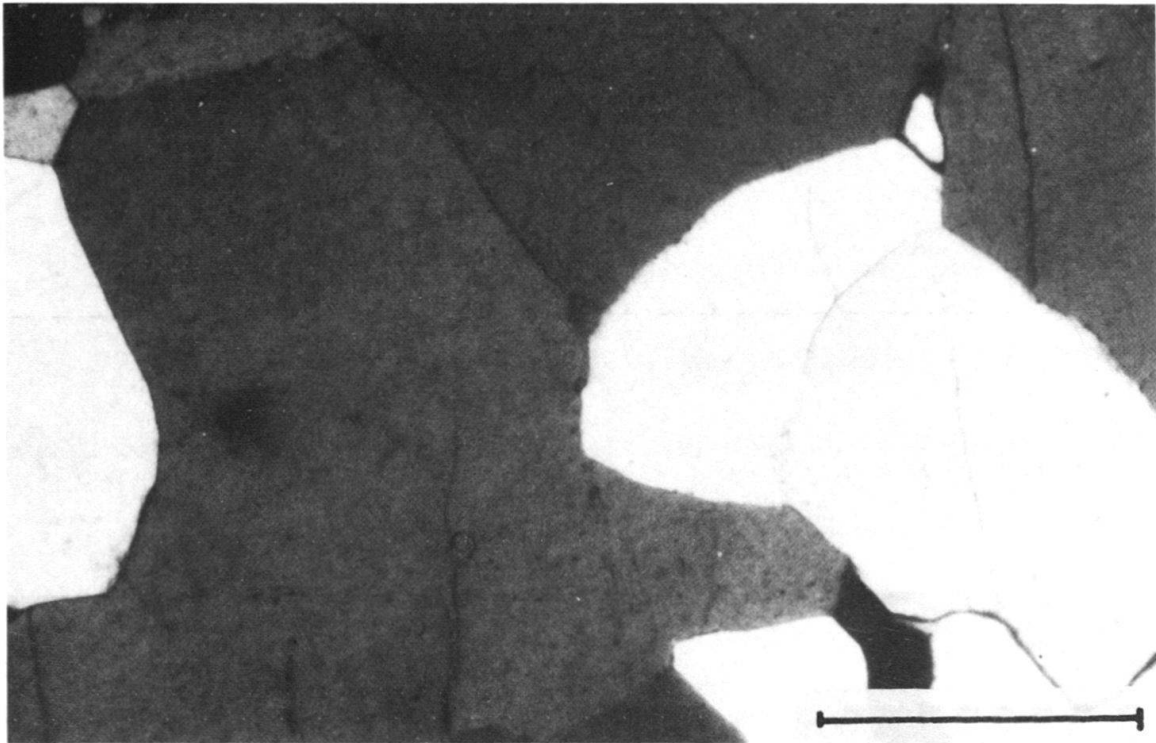


Fig. 3. Kataklyse im Cacciola-Granit: Normaltypus – Granit mit starker Kataklyse in den Quarzkörnern. Furkattunnel (UR), 3563 m ab Ostportal. Photo Nathist. Mus. Bern, P. Vollenweider. Maßstab = 0,5 mm.

Beanspruchung einen grossen Teil ihrer früheren Festigkeit eingebüsst haben. Kakirite sind die typischen Anzeiger einer Verformung im extrem spröden Bereich. Diese Gesteine werden in den angewandten Geowissenschaften oft fälschlicherweise als Mylonite be

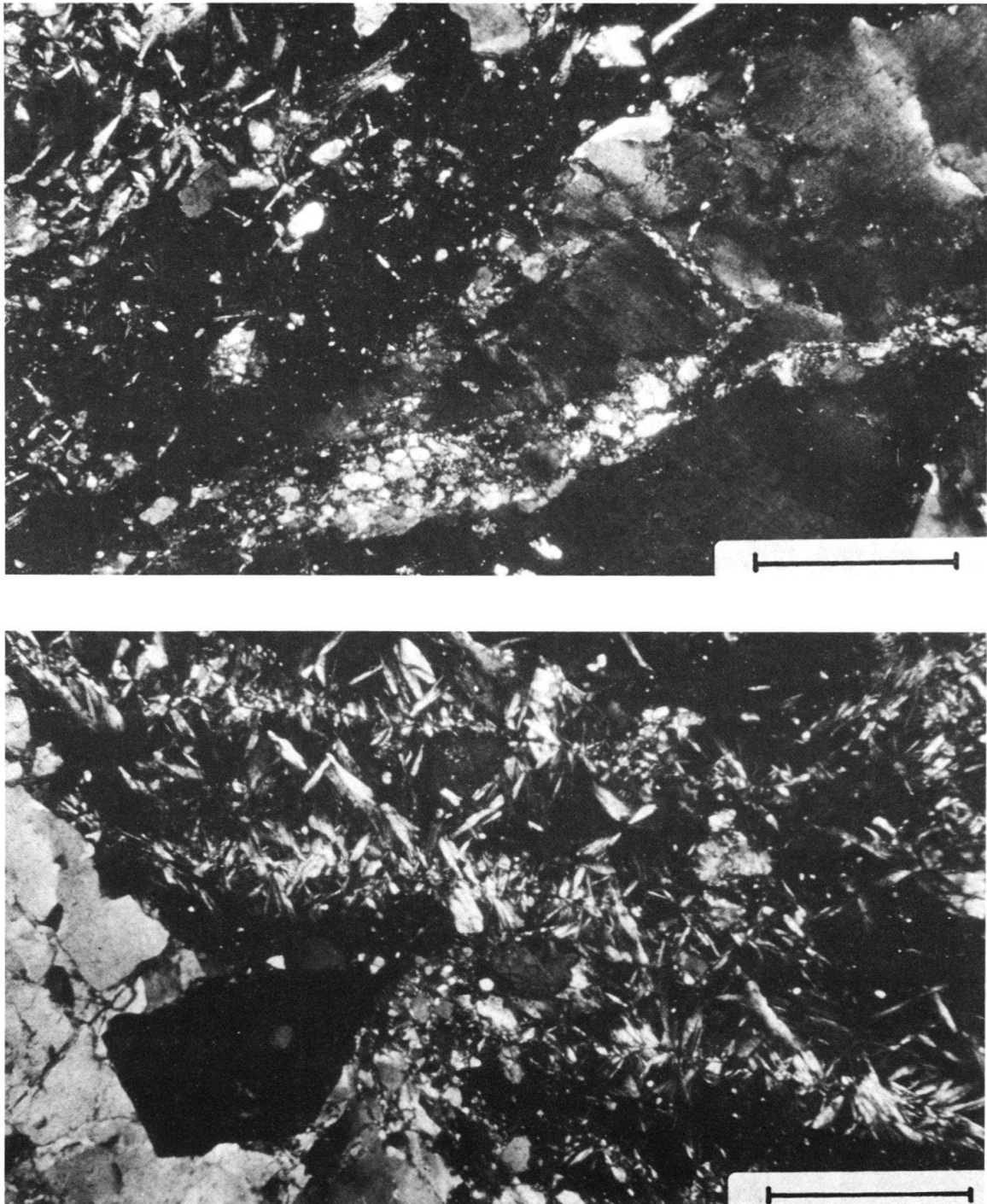


Fig. 4. Pseudotachylit. Ivrea-Zone, Val Inferno, Val d'Ossola, Italia. Maßstab = 0,5 mm.

zeichnet, was aber unbedingt vermieden werden sollte (man bezeichnet poröse Kalke auch nicht als Marmore!).

Kataklasit

Kataklasite (Fig. 2, 3) sind stark deformierte Festgesteine mit richtungsloser, oft chaotischer Textur, wobei die Verformung praktisch das gesamte Gesteinsvolumen erfasst hat. Eine Reduktion der Korngröße wird vor allem durch Zerkleinern (Kataklase),

aber auch durch bruchlose Rekristallisation erreicht; so findet sich z. B. Quarz als zerbrochene Körner, undulös auslöschend (duktile deformiert) oder als feine neu kristallisierte Körnchen. Die Verformung erfolgt im Übergangsbereich spröde-duktile, Lösungsumsatz ist eher selten.

Bei starker Verformung, vor allem auch bei der Bildung von Ultra-Kataklasiten (Tab. 2), kann es, hervorgerufen durch kataklastisches Fließen, zur Ausbildung einer Paralleltexur kommen (siehe auch CHESTER et al. 1985).

Pseudotachylit

Pseudotachylite (Fig. 4) sind dunkle, extrem feinkörnige bis glasige Festgesteine, die meist in sehr schmalen, oft diskontinuierlichen, linsenförmigen Zonen auftreten und gangartig in das Nebengestein intrudieren; von BEARTH (1933) wurden sie deshalb als «Gangmylonite» bezeichnet. Ob es sich dabei um durch Reibungswärme erzeugte Schmelze oder um fluidisiertes Gesteinspulver handelt, ist umstritten. Pseudotachylite treten häufig vergesellschaftet mit Myloniten, insbesondere Ultramyloniten, auf (PASSCHIER 1982).

Mylonit

Mylonite (Fig. 5, 6) sind stark deformierte Festgesteine mit einer deutlichen Planartextur (Feinlamination, «Fliesstextur»), meist verbunden mit einem Streckungslinear, beides als Ausdruck einer Scherverformung im duktilen Bereich. Die Bedingungen für duktile Verformungen sind stark material-, daneben aber auch Korngrößenabhängig; bei geologisch relevanten Verformungsraten von 10^{-10} bis $10^{-15} \text{ sec}^{-1}$ können als Minimaltemperaturen für Salz und Anhydrit 100–150 °C, für Quarz und Calcit um 300 °C (untere Grünschieferfazies), für andere Mineralien (Glimmer, Hornblende, Feldspäte, Dolomit) zum Teil wesentlich höhere Temperaturen angenommen werden (PFIFFNER & RAMSAY 1982, SCHMID 1982). Charakteristisch für Mylonite ist die stark reduzierte Korngröße (durch dynamische Rekristallisation), verbunden mit Relikten des alten Gefügebstandes als Porphyroklasten. Dabei kann es sich um die gleichen Mineralien wie in der Matrix handeln (z. B. Quarz, Calcit), oder um solche, die bei den herrschenden Deformationsbedingungen noch sehr spröde reagieren (z. B. Feldspat und Glimmer in Quarzmyloniten, Kalksilikatmineralien wie Diopsid, Granat, Plagioklas in Calcitmyloniten).

Mylonite finden sich vielfach in eng begrenzten Zonen hoher Verformung (Scherzonen) und dienen so auch als «Schmiermittel» bei Überschiebungen: Anhydrit-Mylonite in der Jura-Überschiebung, Lochsitenkalk-Mylonit an der Glarner Hauptüberschiebung, Quarz- und Gneis-Mylonite in der Moine-thrust-Zone.

Ultramylonite (Tab. 2) können völlig dicht werden und sind dann nur noch schwer von Pseudotachyliten zu unterscheiden.

Phyllonit

Ein Phyllonit ist ein glimmerreicher oder stark verglimmerter Mylonit. Die Glimmerbildung erfolgt oft später während der Mylonitisierung durch Zersetzung der Feldspäte (Feldspat → Quarz + Muskowit); dies führt zu einer reaktionsbedingten Verformungslin-

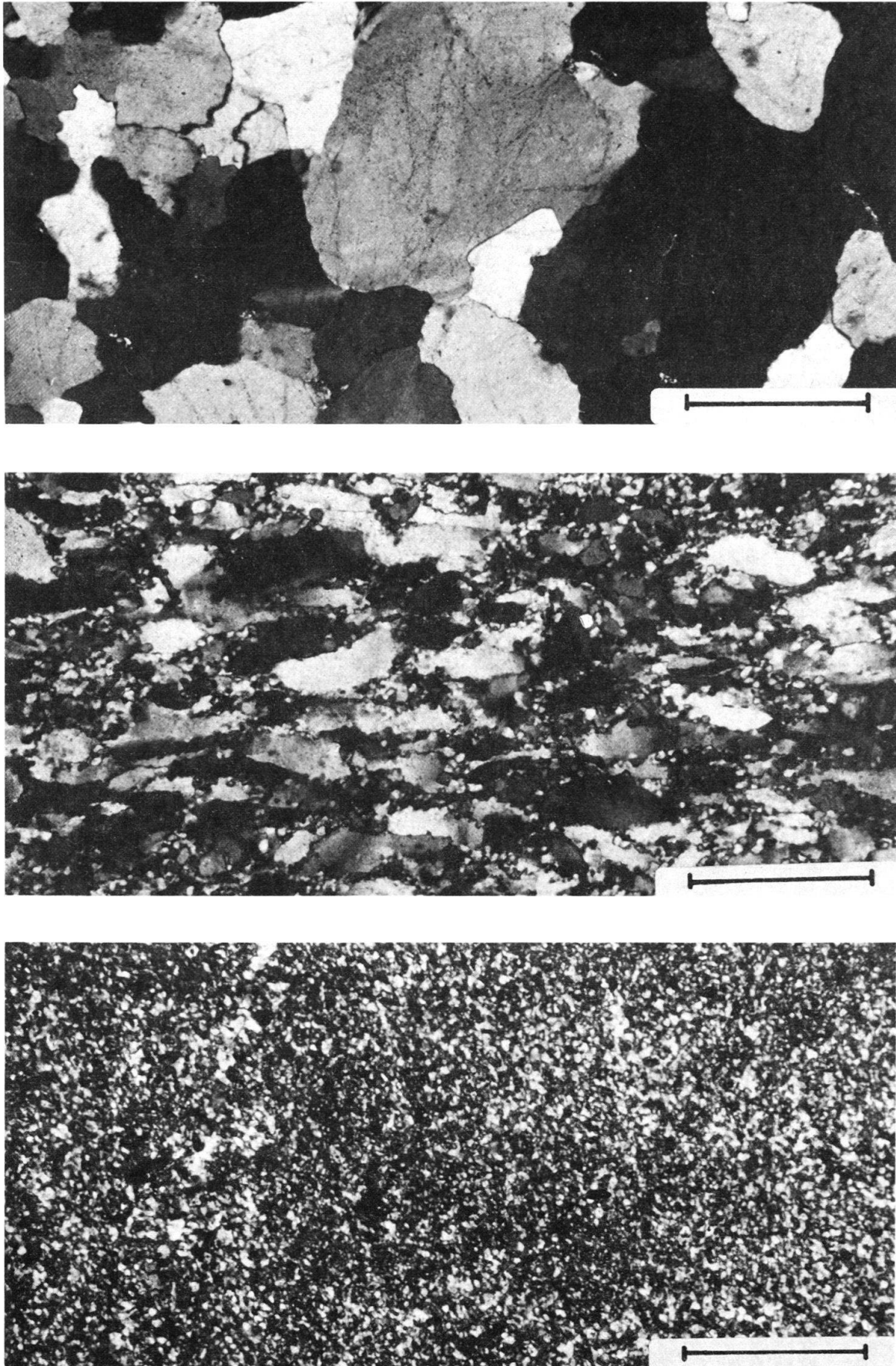


Fig. 5. Progressive Mylonitisierung in einem Quarzit: Undeformierter Quarzit – Quarz-Protomylonit – Quarz-Mylonit. Basis-Quarzit, Kambrium, Moine-thrust-Zone, Loch Eriboll, Schottland. Maßstab = 0,5 mm.

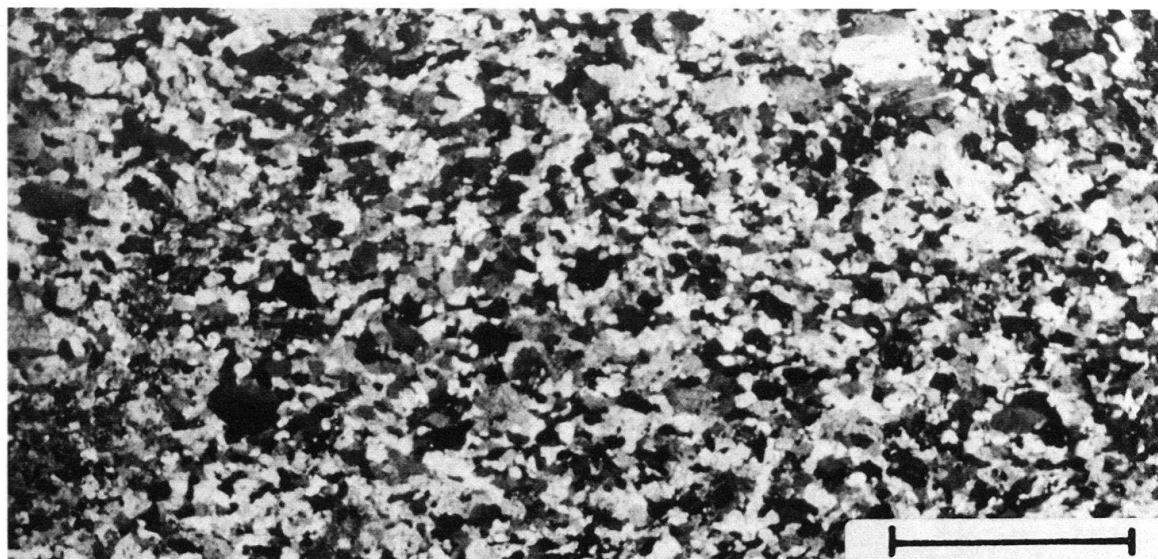
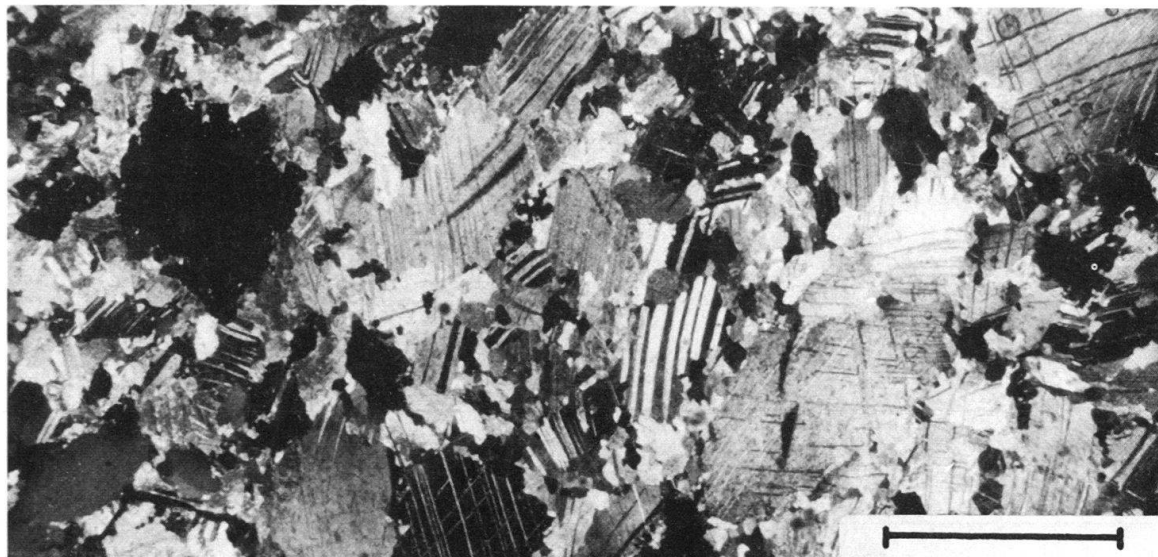
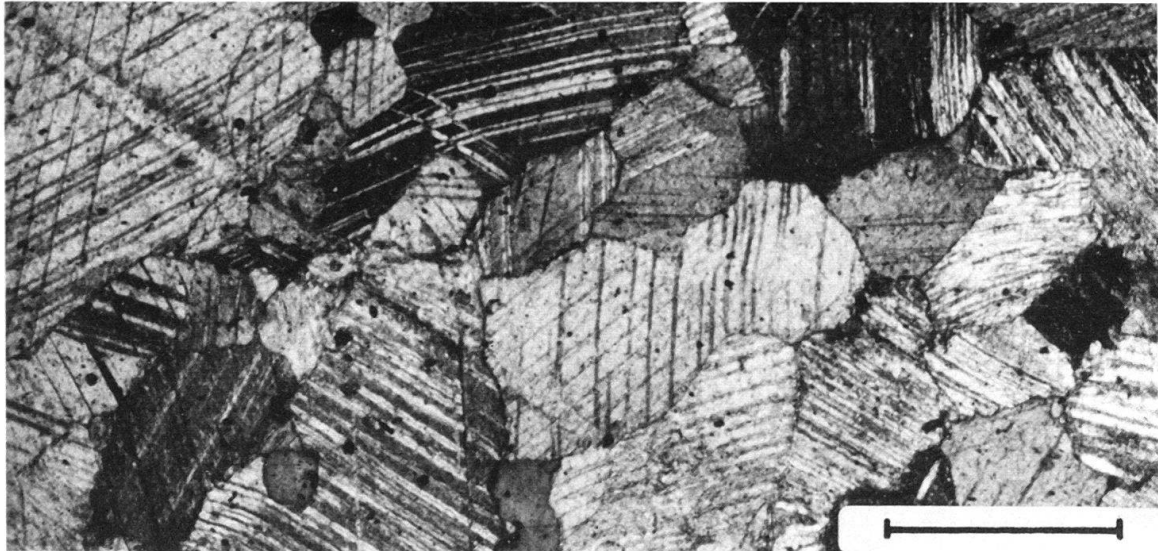


Fig. 6. Progressive Mylonitisierung in einem Marmor: Undeformierter Marmor – Calcit-Protomylonit – Calcit-Mylonit. Castione–Traversagna-Zug, V. Traversagna (GR). Maßstab = 0,5 mm.

dung. Die phyllonitische Textur ist also das Produkt der Verformung und nicht der statischen Rekristallisation, wie dies bei Phylliten der Fall ist.

Blastomylonit

SANDER (1912b) bezeichnet als Blastomylonite «ganz oder zum Teil kristallin regenerierte Mylonite». In diesem Sinne wird der Begriff auch in der deutschsprachigen Literatur verwendet, so auch z. B. von GRUBENMANN & NIGGLI (1924), die beschreiben, dass Blastomylonite entstehen, «bei denen diese Abhängigkeit kristalloblastischer Neubildung vom mechanisch erlangten Gefüge deutlich ist».

Im englischen Sprachbereich dagegen machte die Bedeutung von Blastomylonit eine wesentliche Wandlung durch:

- HIGGINS (1971) schreibt in seiner Definition (allerdings mit Bezug auf SANDER 1912a): “It is not produced by later recrystallization or neomineralization of a previously mylonitized rock.” Die Photos «typischer Blastomylonite» zeigen aber eigentliche Mylonite.
- WHITE (1982) der sich ebenfalls auf SANDER (1912) beruft, braucht dann diesen Ausdruck, um ein mylonitisches Gestein zu beschreiben, bei dem erst zwischen 25 und 50% feinkörnige Matrix entwickelt worden ist (Tab. 1). Es handelt sich also um eine Vorstufe bei der Entwicklung von Myloniten.

Heute wird als ein wesentlicher Prozess der Mylonitisierung die dynamische Rekristallisation betrachtet (WHITE 1982, WISE et al. 1984); somit handelt es sich also bei den Myloniten immer um voll rekristallisierte Gefüge. Metamorphite mit kristalloblastischem Gefüge, bei denen ein älteres Mylonitgefüge noch erkennbar, aber durch eine statische Rekristallisation überprägt ist, sollen genau als solche beschrieben werden; viele Gneise und Schiefer durchliefen vielleicht einmal ein Mylonitstadium (!?). Der Begriff «Blastomylonit» wird damit hinfällig und sollte nicht mehr verwendet werden.

Verdankungen

Allen, die sich an den vielen Diskussionen über diese Nomenklaturfragen beteiligt haben, sei hier herzlich gedankt. Die kritische Durchsicht des Manuskripts übernahmen I. Mercolli, W. H. Müller, E. Niggli, R. Oberhänsli, T. Peters, A. Pfiffner und St. Schmid. Die Feldarbeiten wurden teilweise unterstützt durch die Stiftung zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung an der Universität Bern. H. A. Stalder, Naturhistorisches Museum Bern, überliess mir freundlicherweise die Photos vom Cacciola-Granit. Die Kopien für die übrigen Photofiguren besorgte A. Werthemann. Auch ihnen allen möchte ich für ihre wertvolle Mithilfe danken.

LITERATURVERZEICHNIS

- BEARTH, P. (1933): Über Gangmylonite der Silvretta. – Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 13, 347–355.
- BELL, T. H., & ETHERIDGE, M. A. (1973): Microstructure of mylonites and their descriptive terminology. – Lithos 6, 337–348.
- CHESTER, F. M., FRIEDMAN, M., & LOGAN, J. M. (1985): Foliated cataclasites. – Tectonophysics 111, 139–146.
- CHRISTIE, J. M. (1960): Mylonitic rocks of the Moine Thrust-Zone in the Assynt Region, North-West Scotland. – Trans. Edinburgh geol. Soc. 18, 79–93.
- Deutsches Handwörterbuch der Tektonik (1968–1982). Hrsg. Bundesanst. für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- GRUBENMANN, U., & NIGGLI, P. (1924): Die Gesteinsmetamorphose. – Borntraeger, Berlin.

- HIGGINS, M. W. (1971): Cataclastic rocks. – Prof. Pap. U.S. geol. Surv. 687.
- LAPWORTH, C. (1885): The Highland controversy in British geology; its causes, course and consequences. – *Nature* 32, 558–559.
- NICKEL, E. (1975): Grundwissen in Mineralogie. Teil 3: Aufbaukurs Petrographie. – Ott, Thun.
- NICOLAS, A., & POIRIER, J. P. (1976): Crystalline plasticity and solid state flow in metamorphic rocks. – Wiley & Sons, London.
- PASSCHIER, C. W. (1982): Mylonite deformation in the Saint-Barthélemy massif, French Pyrenees, with emphasis on the genetic relationship between ultramylonite and pseudotachylite. – *GUA Pap. Geol.*, Amsterdam (1), 16.
- PFEIFFER, L., KURZE, M., & MATHE, G. (1981): Einführung in die Petrologie. – Enke, Stuttgart.
- PFEIFFER, O. A., & RAMSAY, J. G. (1982): Constraints on geological strain rates: Arguments from finite strain states of naturally deformed rocks. – *J. geophys. Res.* 87/B1, 311–321.
- QUENSEL, P. (1916): Zur Kenntnis der Mylonitbildung, erläutert an Material aus dem Kebnekaisegebiet. – *Bull. geol. Inst. Univ. Uppsala* 15, 91–116.
- SANDER, B. (1912a): Über einige Gesteinsgruppen des Tauernwestendes. – *Jb. geol. Reichsanst.*, Wien 62, 219–287.
- (1912b): Über tektonische Gesteinsfazies. – *Verh. k.k. geol. Reichsanst.* 10, 249–257.
- SCHMID, S. M. (1982): Microfabric studies as indicators of deformation mechanism and flow laws operative in mountain building. In: Hsü, K. J. (Ed.): *Mountain building processes* (p. 95–110). – Academic Press, London.
- SCHMID, S. M., PATERSON, M. S., & BOLAND, J. N. (1980): High temperature flow and dynamic recrystallisation in Carrara marble. – *Tectonophysics* 65/3–4, 245–280.
- SCHMIDT-THOMÉ (1972): Lehrbuch der allgemeinen Geologie. Band 2: Tektonik. – Enke, Stuttgart.
- SIBSON, R. H. (1977): Fault rocks and fault mechanism. – *J. geol. Soc. (London)* 133, 191–213.
- SPRY, A. (1969): *Metamorphic textures*. – Pergamon, Oxford.
- STAUB, R. (1915): Petrographische Untersuchungen im westlichen Bernina-Gebirge. – *Vjschr. natf. Ges. Zürich* 60, 55–336.
- TEALL, J. H. H. (1918): Dynamic metamorphism; a review, mainly personal. – *Proc. geol. Assoc.* 29, 1–15.
- THEODORE, T. G., & CHRISTIE, J. M. (1969): Mylonites and mylonitic gneisses: Correct use of the terms. – *Abstr. with Progr. geol. Soc. Amer.* 1/3, 69–70.
- TROMMSDORFF, V., & DIETRICH, V. (1982): Grundzüge der Geologischen Wissenschaften. Kristallographie – Mineralogie – Petrographie. – Verlag Fachvereine, Zürich.
- WHITE, S. (1982): Fault rocks of the Moine thrust zone: A guide to their nomenclature. – *Textures Microstruct.* 4, 211–221.
- WINKLER, H. G. F. (1967): *Die Genese der metamorphen Gesteine* (2. Aufl.) – Springer, Berlin.
- (1979): *Petrogenesis of metamorphic rocks* (5. Aufl.) – Springer, New York.
- WISE, D. U., DUNN, D. E., ENGELDER, J. T., GEISER, P. A., HATCHER, R. D., KISH, S. A., ODOM, A. L., & SCHAMEL, S. (1984): Fault related rocks: Suggestions for terminology. – *Geology* 12, 391–394.
- ZAWADYNSKI, L. (1952): Geologisch-petrographische Untersuchungen in der Valle Onsernone (Tessin). Zur Petrographie der Kataklastite. – *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 32, 1–110.
- ZECK, H. P. (1974): Cataclastites, hemiclastites, holoclastites, blastoditto, and myloblastites – cataclastic rocks. – *Amer. J. Sci.* 274, 1064–1073.

Manuskript eingegangen am 18. Februar 1985

angenommen am 2. April 1985