©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Jb. Geol. B.-A.	ISSN 0016–7800	Band 127	Heft 3	S. 455–469	Wien, Dezember 1984

Die Aussagekraft von Schwermineraldaten aus der Veitscher Decke (Steiermark, Österreich)

Von LOTHAR RATSCHBACHER & JOSEF NIEVOLL*)

Mit 7 Abbildungen, 4 Tabellen und 1 Tafel

Steiermark
Grauwackenzone
Veitscher Decke
Schwermineralien
Deformation
Metamorphose
Liefergebiet

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 93, 103, 130, 133

Inhalt

Zusammenfassung, Summary . . . 455
1. Einleitung . . . 455
2. Methodik . . . 456
3. Metamorphose- und deformationsbedingte Veränderung der Schwermineralspektren . . . 457
4. Regionale Schwermineralverteilung . . . 459
4.1. Lassing – Sonnseite . . . 459
4.2. Triebener Tauernpaß – Sunk . . . 459
4.3. Bruck/Mur . . . 464
4.4. Veitsch . . . 464
5. Schlußfolgerungen . . . 467
Dank . . . 467
Literatur . . . 467

Zusammenfassung

Schwermineraldaten aus der Veitscher Decke (Grauwackenzone, Österreich) werden aus den Bereichen Lassing-Sonnseite, Triebener Tauernpaß, Bruck/Mur und Veitsch vorgelegt. Den SM-Proben sind Detailprofile gegenübergestellt, die den Gesamtumfang der Veitscher Decke abdecken. Das SM-Spektrum umfaßt die stabilen Minerale Zirkon, Turmalin, Apatit, TiO_2-Minerale und Granat. Dieses Spektrum wird durch tektonometamorphe Prozesse verändert: durch Neubildung, durch eine, manchmal zwei, überwiegend einseitige Anwachszonen, durch Zerreißung und Verdriftung von Turmalin, durch Neubildung und Weiterwachsen von Apatit. Zirkon bleibt stabil und wird nur selten zerbrochen.

Diese Minerale erlauben eine Zweigliederung der Veitscher Decke, wobei sie und morphologiestatistische Untersuchungen an Zirkon in den untersuchten Räumen ein durch Granitoide dominiertes Liefergebiet wahrscheinlich machen.

Vergleiche mit vorliegenden, regional gestreuten Analysen (STATTEGGER, 1982) zeigen Unterschiede, die sich durch Nichtberücksichtigung der tektonometamorphen Spektrenveränderungen und durch die Probennahme aus lithostratigraphisch-strukturgeologisch ungenügend aufgegliederten Arealen ergeben. Im Bereich Trieben werden dem SM-Gehalt der Veitscher Decke die Spektren des Zentralalpinen Verrucano und der Norischen Decke gegenübergestellt, wobei in letzterer zwischen dem Niveau im Liegenden und Hangenden des Porphyroides unterschieden wird.

Summary

Results from heavy mineral investigations carried out in the Veitsch nappe of the Eastern Greywacke Zone (Styria, Austria) are presented. The heavy mineral assemblages are set against new surveyed profile sections which cover the entire succession of the Veitsch nappe. The investigated areas are: Lassing, Trieben-Paltental, Bruck/Mur, Veitsch. The stable assemblage (with zirkon, turmaline, apatite, TiO_2-minerals and garnet) shows tectonic-metamorphic changes: new formation, overgrowth (single-sided and rarely with two rims), splitting and pull-apart of turmaline and new formation and overgrowth of apatite. Zirkon is stable with only rare splitting.

These minerals permit the subdivision of the Veitsch nappe and together with statistical data basing on morphological measurements on zirkon they lead to assume an area with mainly acid plutonic rocks as hinterland.

Correlation with existing data from a regional scattered analysis (STATTEGGER, 1982) shows differences due to lacking regard of the tectonic-metamorphic alternations and misfit in lithostratigraphic-structural assignment of the samples.

In the area of Trieben the heavy mineral assemblages of the Veitsch nappe are set against the assemblages from the Zentralalpine Verrucano and the Noric nappe. In the latter a distinction is tried between the rocks top and bottom the ordovician porphyroid-niveau.

*) Anschrift der Verfasser: Dr. LOTHAR RATSCHBACHER, Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Graz, Heinrichstraße 26, A-8010 Graz, Österreich; Dr. JOSEF NIEVOLL, Laboratoire de Géologie Structurale, U.S.T.L., place E. Bataillon, 34060 Montpellier Cédex, France (derzeit: Institut für Umweltgeologie, Elisabethstraße 5/1, A-8010 Graz).

1. Einleitung

Statistisch ausgewertete SM-Analysen aus der Veitscher Decke mit regional gestreuten Probenpunkten wurden von STATTEGGER (1982) vorgelegt. Danach erfolgt eine Unterteilung in eine Liegendgruppe (Unterkar-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

bon?) mit Apatit (bis 56 % der durchsichtigen SM) und in eine Hangendgruppe (Oberkarbon?) mit Turmalin (54 %) als Leitmineralien. Als weiterer Unterschied wird ein erhöhter Gehalt an Granat (bis 8 %) aus der Hangendgruppe angeführt. Das sedimentäre Restspektrum umfaßt Zirkon, Rutil, Brookit-Leukoxen und Titanit.

Metamorphe Spektren bestehen fast ausschließlich aus neugebildetem Klinozoisit-Epidot und Chloritoid (zwischen 54 und 70 %); Granat und Biotit fehlen. Im sedimentären Restspektrum kommt es dabei zur Anreicherung von Zirkon, Turmalin nimmt ab, Turmalinneubildungen nehmen zu (bis zu 20 %), Apatit fehlt fast vollständig, Apatitneubildung tritt kaum auf. Als Liefergebiet für die Liegendgruppe macht STATTEGGER (1982) ein sauer plutonisches wahrscheinlich. In der Hangendgruppe sprechen die geringen Granatgehalte für eine Beteiligung von metamorphen Gesteinen.

RATSCHBACHER (1984) gliedert die Veitscher Decke im Zuge einer Neubearbeitung in ihrem Westabschnitt in eine hangende klastisch-karbonatische Entwicklung (Sunk-Formation), in eine karbonatdominierte Abfolge (Triebenstein-Formation) und in eine liegende klastisch-karbonatische Entwicklung (Steilbachgraben-Formation).

Zusammen mit einer Neukartierung des Veitscher Typusareales (NIEVOLL, 1983) wurde durch profilmäßige Beprobung versucht, obige Gliederung zu überprüfen und das Liefergebiet der Klastika der Veitscher Decke bzw. die tektonische Position ihres Ablagerungsraumes weiter zu präzisieren. Weiters sollen Unterschiede zu den umgebenden Großeinheiten aufgezeigt werden.

Bei der Datenerstellung wurde auf tektonisch-metamorphe Spektrenveränderungen (vgl. STATTEGGER, 1982) besonderes Augenmerk gelegt.

Die bearbeiteten Gebiete sind:

1. Lassing-Sonnseite (ÖK 98, Liezen): Klastika aus Basisprofilen der Veitscher Decke
2. Triebener Tauernpaß-Sunk (ÖK 130, Trieben): Klastika aus dem gesamten Profil der Veitscher Decke; aus der Basis der Norischen Decke; aus einem Basisprofil des Zentralalpinen Verrucano
3. Bruck/Mur (ÖK 133, Leoben): Klastika aus Basisprofilen der Veitscher Decke
4. Veitsch (ÖK 103, Kindberg): Klastika der Veitscher Decke

Folgende Abkürzungen wurden verwendet (die Formationsnamen nach RATSCHBACHER, 1984):

Schwermineralien: SM
Veitscher Decke: V. D.
Sunk-Formation: SF
Triebenstein-Formation: TF
Steilbachgraben-Formation: StF.

2. Methodik

Die untersuchten Areale sind epimetamorph und, vor allem im W, erheblich tektonisiert (NIEVOLL, 1983; RATSCHBACHER, 1983 a,b). Die Proben der Veitscher Decke weisen lithologiebedingt (überwiegend graphitische Gesteine) hohen Verschmutzungsgrad der SM auf. Deshalb erscheint es sinnvoll, kurz über die Methodik zu referieren, soweit sie von Standardtechniken abweicht.

Die Aufbereitung erfolgte nach dem üblichen Verfahren (Siebintervall 0,063–0,6 mm) mittels Schweretrennung mit Tetrabromäthan (d = 2,96) als Schwereflüssigkeit. Damit wurden bei ersten Auswertversuchen im Bereich des Triebener Tauernpasses folgende Ergebnisse erzielt:

Σ der aufbereiteten Proben: 31
Σ der auswertbaren Proben (Anzahl der durchsichtigen SM>200): 4

Folgende Optimierungsversuche wurden daraufhin angewandt:

a) Karbonatlösung mit verdünnter HCl,
b) Kochen der SM-Fraktion in 30%igem H_2O_2,
c) Reinigung der SM-Fraktion in kochender Lösung von gleichen Teilen Natriumhydroxid (NaOH) und Natriumtatrat ($Na_2C_4H_4O_6 + 2H_2O$), vgl. STATTEGGER (1976),
d) Korngrößenbereich 0,045–0,25 mm,
e) Anwendung der Zentrifugenmethode (vgl. JUVIGNÉ, 1979).

Diese Aufbereitungsmethoden lieferten folgende Ergebnisse:

a) Erhöhung des Prozentsatzes an auswertbaren Proben:
Σ der aufbereiteten Proben: 31
Σ der auswertbaren Proben: 21

b) Verschiebung der %-Gehalte der SM zugunsten kleinerer Korngrößen in Meta(grob)sandsteinen und Metakonglomeraten (Abnahme von Turmalin und Zunahme von Zirkon in der 0,045–0,25 mm Fraktion). In den Metafeinsandsteinen und Siltschiefern läßt sich derselbe Trend statistisch nachweisen, ist aber weniger ausgeprägt. Bei Vergleichen der Proben mit Bearbeitungen anderer Gebiete mit unterschiedlichem SM-Korngrößenintervall ist also bei grobklastischem Ausgangsmaterial Vorsicht geboten. Die Vergleichbarkeit innerhalb der östlichen Grauwackenzone ist insoweit gegeben, indem andere Bearbeiter diese Erfahrungen aufgegriffen haben (z. B. STATTEGGER, 1982).

d) Die Zentrifugenmethode brachte nur geringfügige Verbesserung der SM-Ausbeute auch in den feineren Korngrößen. Die zu geringe Zahl der untersuchten Proben und das Fehlen kritischer Minerale (siehe JUVIGNÉ, 1979) erlauben es nicht, weitere Aussagen zu treffen. Es scheinen damit quantitative Untersuchungen im betrachteten Korngrößenbereich auch mit der Scheidetrichtermethode signifikant zu sein.

c) Die Reinigungsmethoden wirken sich vor allem auf den Opakanteil und die Unterscheidung gefärbter/klarer Zirkone aus. Im folgenden erfolgte die Behandlung vor allem bei Proben aus dem Hangendbereich der V. D. im Triebener Gebiet, da hier die Verschmutzung durch organische Substanz ausgeprägt ist.

Zusammenfassung des durchgeführten Aufbereitungsvorganges:

a) Dünnschliffuntersuchung
b) Karbonatlösung (wenn notwendig)
c) Reinigung mit Na-hydroxid/Na-tatrat (wenn notwendig)
d) Korngrößenbereich: 0,045–0,25 mm

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

3. Metamorphose- und deformationsbedingte Veränderungen der SM-Spektren

Diese Veränderungen wurden vor allem im Areal des Triebener Tauernpasses studiert. Weiters werden die klastischen SM näher charakterisiert.

Folgende Faktoren sind bei der Datenerstellung zu berücksichtigen:

1. Probenauswahl und Aufbereitung – siehe Methodik
2. Postsedimentäre Neubildungen; als solche kommen vor: Klinozoisit, Epidot, Disthen, Granat, Titanit, Rutil, Anatas, Turmalin, Apatit. Idiomorphe Gestalt, Einschlußarmut und im Dünnschliff Wachstum im alpidischen Gefüge sind kennzeichnend. Weiters geben sie Anhaltspunkte zur Metamorphose, die in den Untersuchungsgebieten ca. 450°C bei 3–4 kbar erreicht hat (RATSCHBACHER & KLIMA in Vorb.; NIEVOLL, 1983).
3. Tektonische Zerbrechung „starrer Minerale" (zum Deformationsregime siehe RATSCHBACHER, 1983 b).
4. Sedimentationsbedingte Differentiation.

Zirkon

bleibt als einziges, klar erkennbar klastisches Mineral in allen Erscheinungsformen, idiomorph bis ideal gerundet, selten mit Zonarbau, getrübt oder klar, erhalten. Zerbrechung ist sehr selten (Taf. 1, Fig. 1).

Turmalin

Die Abtrennung klastischer Bestand – Neubildungen ist weitgehend unproblematisch. Klastische Individuen haben kräftigen braunen, seltener grünen, ausnahmsweise blauen Pleochroismus. Sie sind im Triebener Raum fast ausnahmslos weitergewachsen, im Veitscher Raum bleiben sie von der Metamorphose weitgehend unbehelligt.

Die Fortwachsungen zeigen blassen bräunlichen oder grünlichen Pleochroismus, sind parallel der Längsachse gestreckt und mehr oder weniger in der ersten alpinen Streckung orientiert (Taf. 1, Fig. 2). Sie sind nicht diagenetisch, sondern syntektonisch-metamorph entstanden (vgl. Taf. 1, Fig. 3). In den Quarzphylliten des basalen Zentralalpinen Verrucano von Trieben sind die Fortwachsungen nadelförmig und wesentlich stärker ausgebildet als in der quarzitischen V. D. In Tab. 1 sind Kornprozentzahlen für verschiedene Farben von idiomorphen Anwachszonen relativ zur gesamten Turmalinführung und der Gesamtgehalt der Turmaline mit Anwachssäumen für die V. D. und die sie umgebenden Großeinheiten angegeben. Erkennbar ist der Häufigkeitsunterschied der idiomorphen Fortwachsungen und die unterschiedliche Farbverteilung. Damit lassen sich die Untersuchungen von VOLL (1969) quantitativ bestätigen. Obwohl für die SM-Untersuchungen wegen der Vergleichbarkeit ähnliche Probenlithologie angestrebt wurde, gilt:

Tabelle 1: Kornprozentzahlen von Turmalin mit und ohne verschiedenfarbiger Anwachszone. Kerne in allen großtektonischen Einheiten überwiegend braun. Der Häufigkeitsanteil der Anwachssäume und ihre Farbe ist lithologie- und formationsspezifisch. Erläuterungen siehe Text. id = idiomorph; fl = farblos; br = braun; gn = grün; bl = blau; ges = gesamt.

	flid	brid	gnid	bl	ges	gesid
Zentralalpine Permotrias	0,9	24,4	13,6	0,6	60,6	39,5
Veitscher Decke	4,7	14,1	0,9	+	80,2	19,8
Norische Decke	5,0	11,9	9,7	2,9	73,1	26,9

1. Die Häufigkeit und Breite der Fortwachsungen sind vom Schichtsilikatgehalt, damit vom Chemismus und nicht von den PT-Bedingungen, abhängig (wobei nach HARDER, 1961; STUBICAN & ROY, 1962 etc. Bor das Al^{4+} in den Schichtsilikaten ersetzen kann; vgl. phyllitischer Verrucano – quarzitisches Oberkarbon der V. D., im Raum Trieben!)
2. Phyllitische Gesteine zeigen einen erhöhten Anteil an grün gefärbten und einen Trend zu blauen Anwachszonen.

Das Auftreten von idiomorphen, kernlosen Individuen (Taf. 1, Fig. 2) wirft die Frage auf, ob Turmalin bei der Metamorphose völlig neu entsteht. Sichere, nicht klastisch geimpfte, neugebildete Turmaline finden sich, vorausgesetzt, daß die impfenden Kerne nicht unauflöslich klein sind, häufig im Zentralalpinen Verrucano (Schliffuntersuchungen). Turmalinneubildung ist daher schon im Bereich der Grünschieferfazies zu fordern (vgl. dagegen VOLL, 1969) und ist fast ausnahmslos an die pelitischen Lagen gebunden (nicht berücksichtigt wird hier die quantitativ unbedeutende Turmalinneubildung unter diagenetischen Bedingungen, vgl. HARDER, 1959).

Deformationsbedingtes Zerbrechen und Auseinanderdriften der Fragmente der großen klastischen Turmaline der hangenden V. D. (SF) verfälschen die Spektren bedeutend.

Im Dünnschliff lassen sich Brüche erkennen, die ein Korn in mehrere Einzelteile zerlegen, im SM-Spektrum weisen splitterförmige Körner auf solche Entstehung.

Dazu kommt noch die mechanische Aufbereitung. Beides führt zu einer sekundären, scheinbaren Anreicherung von Turmalin.

Apatit

Bei Apatit ist die Trennung von klastischem Altbestand und Neubildungen am problematischsten. Nach THUM & NABHOLZ (1972) gelten das Größenverhältnis (Neubildungen sind kleiner), idiomorphe Gestalt und fehlende Trübung als Kriterien neugebildeter Apatite. Im Triebener Raum führen die klaren, meist idiomorphen Individuen häufig noch scharf begrenzte opake Einschlüsse, die sich auch in den Anwachssäumen (meist einer, in Ausnahmsfällen zwei) an getrübten, gerundeten, klastischen Kernen finden. In einigen Fällen wird die Unterscheidung zwischen Kern und Anwachszone problematisch: neben noch deutlich getrübten Kernen gibt es Körner, deren Kerne fast enttrübt sind. Mit VOLL (1969) läßt sich dieses Phänomen als temperaturbedingter, diffusiver Vorgang beschreiben, der unterhalb der Granatzone einsetzt.

In den SM-Präparaten läßt sich oft nicht beurteilen, ob der, vor allem im Triebener Raum augenscheinlich hohe Anteil an klaren Apatiten von bei der mechanischen Probenzerkleinerung abgesprengten Fortwachsungen oder von Neubildungen stammt. VOLL (1969) findet Apatitneubildung erst in hochmetamorphen Gneisen, THUM & NABHOLZ (1972) beobachten diese in Flysch- und Schiefergesteinen des Prättigaus bei Illitkristallinitätswerten zwischen 5 und 6 mm. Die idiomorphe Gestalt, die sich bei Fortwachsungen selten findet, spricht wenigstens für einen Großteil der Apatite der V. D. für echte Neubildungen. Wie bei THUM & NABHOLZ (1972) sind solche Spektren, in denen hohe Neubildungsgehalte (fast monomineralische Spektren) offensichtlich sind, ausschließlich an feinkörnige (tonige-siltige) Gesteine gebunden.

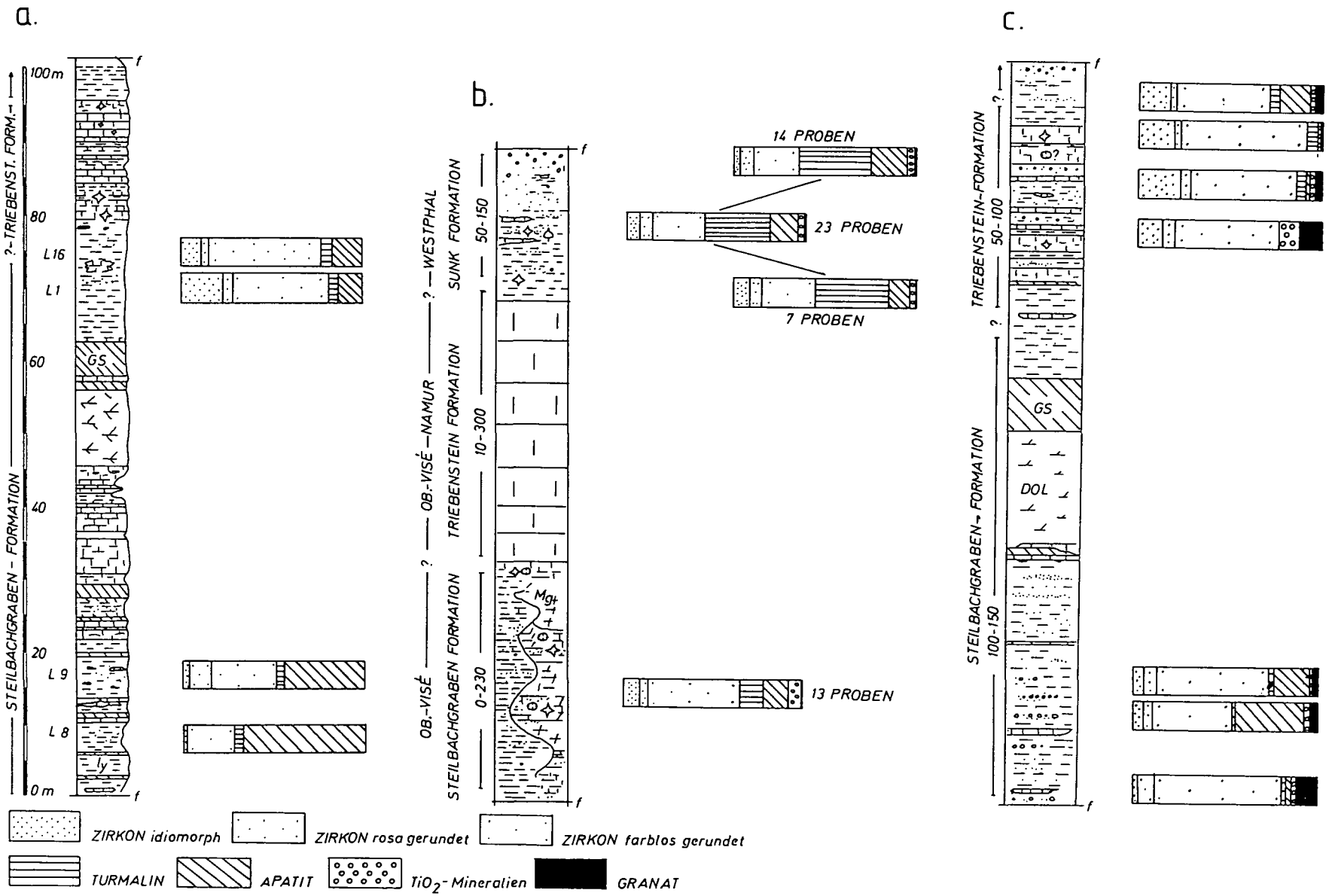


Abb. 1: Säulenprofile durch die Veitscher Decke bei a) Lassing – Sonnseite, b) Triebener Tauernpaß, c) Bruck/Mur (Mühl-, Kaltbachgraben). Formationsaufteilung (Typusareal Triebener Tauernpaß) nach RATSCHBACHER (1984). Signaturen weitgehend nach SHELL-Standardlegende 1958. Im Triebener Areal repräsentieren die dargestellten SM-Spektren die Mittelwerte der Daten in den beiden überwiegend klastisch ausgebildeten Formationen. In der SF wurde zwischen dem überwiegend grobklastischen Hangend- und dem überwiegend feinklastischen Liegendanteil unterschieden. Erläuterungen siehe Text.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

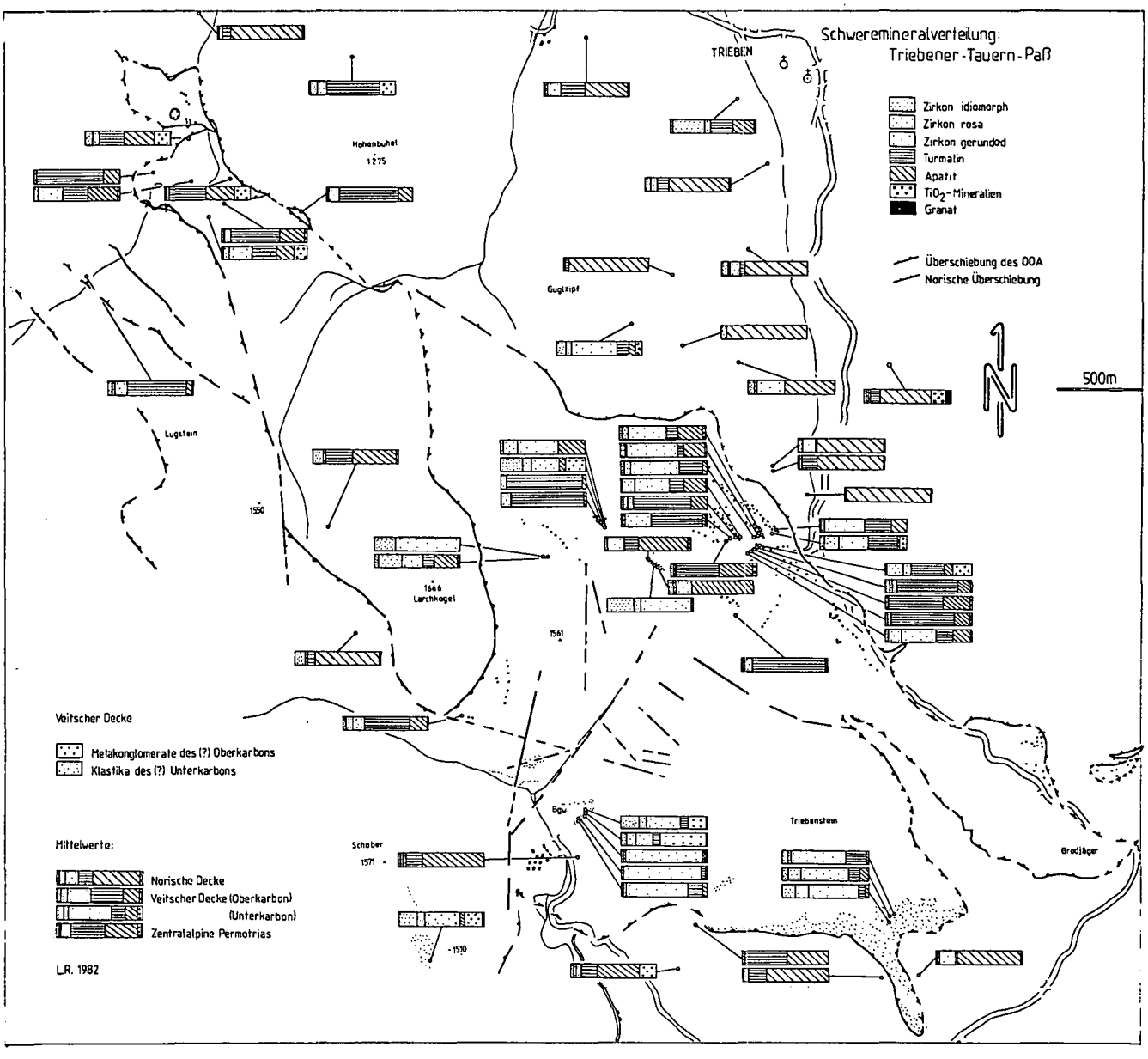


Abb. 2: SM-Verteilungskarte des Triebener Tauernpaß-Gebietes.

Zerreißung und Verdriftung parallel der ersten alpinen Streckung wie bei Turmalin konnte nicht beoabchtet werden.

Berücksichtigt man die angeführten Schwierigkeiten, muß man den angegebenen klastischen Apatitprozentwerten einen Variationsbereich von mehreren Prozenten zubilligen. In 17 Proben des Raumes Trieben wurde das Verhältnis klastische Ap zu Neubildungen aufgezeichnet:

Mittelwert: 31,2 % : 68,8 % = 1 : 2,2.

Der Fehler bei Nichterkennen oder Nichtberücksichtigung des Neubildungsanteiles in der Gesamtanalyse ist, obwohl es sich bei obigen Proben um solche mit augenscheinlich hohem Neubildungsanteil handelt, offensichtlich. Im Raum Veitsch fehlen Neubildungen weitgehend. Dort ist die Apatitoberfläche durch opake Substanz (Leukoxen, Graphit?) häufig stark verschmutzt und rauh. Letztere wird auf die Metamorphose zurückgeführt.

Frägt man nach den Ursachen des unterschiedlichen Neubildungsgrades zwischen den Profilstreifen, so läßt sich ein Unterschied in der Intensität der rheologischen

4. Regionale Schwermineralführung

4.1. Lassing-Sonnseite

Beprobt wurden zwei Profile E von Neusiedel. Sie umfassen nach lithostratigraphischen Vergleichen mit dem Typusraum Triebener Tauernpaß den liegenden, unterkarbonen Anteil der V. D. (RATSCHBACHER, 1984). Die SM-Untersuchungen sind durch die geringe Korngröße limitiert. Die Proben L8 und L9 zeigen Apatitvormacht und einen bedeutenden Zirkonanteil. Der Apatit könnte von den Vulkaniten stammen. Die Proben L1 und L16 zeigen Zirkonvormacht und dürften vulkanisch weitgehend unbeeinflußt sein.

4.2. Triebener Tauernpaß – Sunk
(Abb. 1b, 2)

Neben der Gesamtanalyse des SM-Gehaltes der Sunk (Abb. 1b, 2) wurde Zirkon näher untersucht. Die folgenden Ausführungen sollen die Zirkone

1. beschreiben,
2. statistische Daten liefern, die einen Vergleich mit

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Tabelle 2: Statistische Zirkonparameter.
Probengruppen: 1–4 = Sunk-Formation; 5–8 = Steilbachgraben-Formation; 9–10 = Gerölle aus Sunk-Formation; Sdst/Sls = Sandstein/Siltschiefer. Zu beachten ist die gute Korrelation zwischen den entsprechenden Lithologien der Sunk- und Steilbachgraben-Formation. Weitere Erläuterungen siehe Text.

	G 150	G 94	G 80	G 108	OK 11	G 132	OK 9	G 155	G 106	G 142
Anzahl der Messungen	96	80	59	60	56	80	50	100	86	54
Mittlere Länge [Mikron]	91,2	81,9	78,4	81,2	64,9	99	78,7	91,7	138	88,6
Mittlere Breite [Mikron]	61	52,5	53,2	53,3	45,1	56,2	49,1	56,2	84	54,8
Standardabweichung Länge	23,6	17,9	15,6	23,4	13,2	34.6	19,1	30,4	28,6	23,5
Standardabweichung Breite	16,6	9,4	6,7	11,9	8,6	17,7	7,1	15,1	17,3	8,4
Korrelationskoeffizient	0,597	0,106	0,086	0,592	0,462	0,538	0,132	0,482	0,249	0,159
Anstieg im RMA-Diagramm [°]	35,1	27,7	23,2	26,9	33,1	27,1	23,2	26,4	31,2	20,4
Elongation	1,5	1,56	1,47	1,52	1,44	1,76	1,6	1,63	1,64	1,62
Lithologie	Sandstein/ Siltschiefer	Grauwacke	Quarzwacke	Konglomerat	Siltschiefer	Grauwacke	Quarzwacke	Konglomerat	Orthoquarzit	Grauwacke

anderen Untersuchungen an sedimentären Zirkonen erlauben (vgl. z. B. POLDERVAART, 1955; HEIMLICH et al., 1975),

3. mögliche Unterschiede der Zirkonpopulation in der stratigraphischen Abfolge aufzeigen,
4. das Liefergebiet abgrenzen helfen.

Die StF ist zirkonreicher (1,63×), führt mehr idiomorphe (sub- und euhedrale Form zusammengefaßt) Individuen (1,56×) und ist ärmer an gefärbten Zirkonen (0,78×). Insgesamt sind 87 % aller Zirkone farblos (SF: 82 %, StF: 91 %). 89,6 %, einschließlich aller gefärbten Zirkone sind gerundet. Aufwachsungen ("overgrowth") und Kerne sind selten, finden sich aber in einigen Präparaten. Selten sind diese euhedral, meist bereits wieder gerundet (Taf. 1, Fig. 4). Als Besonderheiten finden sich Einschlüsse, Parallelverwachsungen und Zonierung. Der beträchtliche Verschmutzungsgrad der Proben verhindert eine genauere Typisierung.

Statistische Daten basierend auf Längen-Breiten-Messungen sind in Tab. 2 zusammengefaßt (zur Methodik siehe POLDERVAART, 1955, 1956; LARSEN & POLDERVAART, 1957). Ausgewählt wurden acht Proben, je vier aus der SF bzw. der StF, einem Korngrößenbereich von Siltschiefern bis geröllführenden Sandsteinen entsprechend (siehe Tab. 2), mit jeweils einem korngrößenmäßig zusammenpassenden Paar aus jeder Formation. Dazu kommen noch Zirkonspektren aus Geröllen der SF.

Diskussion

Mittlere Längen und Breiten zeigen nur kleine Schwankungen und scheinen korngrößenunabhängig.

Der Korrelationskoeffizient beschreibt die lineare Beziehung zwischen Zirkonlänge und -breite. Der Wert 0 zeigt fehlende lineare Beziehung, positive Werte beschreiben gleichzeitige Zunahme von Länge und Breite, negative Werte geben Zunahme oder Gleichbleiben eines Parameters bei Abnahme des anderen. Für plutonische und vulkanische Gesteine wird hohe positive Korrelation gefordert, sedimentäre Zirkone sollen wegen der überwiegenden Längenreduktion negative Korrelation liefern. Die Korrelationskoeffizienten in der V. D. sind variabel, aber alle positiv und erreichen in einigen Fällen Werte von plutonischen Gesteinen (vgl. LARSEN & POLDERVAART, 1957). Alle mittleren Elongationen (mittlere Längen durch mittlere Breiten) fallen unter einen Wert von 2,0, den POLDERVAART (195) als Obergrenze für sedimentäre Zirkone angibt. Extreme Elongation (>4,0) ist selten, als maximaler Wert wurde 5,33 gemessen.

Elongations- und Breitenhistogramme (Abb. 3) geben wegen der überwiegenden Unimodalität Anhaltspunkte für ein einheitliches Liefergebiet. Die Proben aus der StF zeigen größere Variabilität als die der SF. Die hohe Längendiversität ist typisch für aquatischen Transport (Bruch und selektive Rundung, vgl. POLDERVAART, 1955).

Abb. 5 gibt RMA-"reduced major axes")Diagramme (zur Methodik siehe LARSEN & POLDERVAART, 1957). RMA's von Zirkonen aus einem einheitlichen Plutonitkörper zeigen meist Parallelität, und die Verlängerungen schneiden durch den Ursprung. Die RMA's der V. D. bei Trieben zeigen eingeschränkte Variabilität, sowohl in der Parallelität als auch im Anstieg. Sehr gute Übereinstimmung ergibt sich, wenn man entsprechende Lithologien (aus verschiedenen Formationen) gegenüberstellt (Abb. 4). Vergleicht man den Anstieg der RMA Geraden (z-Verteilung), so ergeben sich keine signifikanten Unterschiede für diese Proben, ebenso für die Anstiegsmittelwerte von SF und StF. Danach ist für beide Formationen im Triebener Areal ein ähnliches Liefergebiet wahrscheinlich.

Die Zirkonpopulation aus den beiden Lithoklasten sind entsprechend der unterschiedlichen Geröllithologie variabel. Die zwei Spektren (aus einem Metaorthoquarzit- und einem -grauwackengeröll) zeigen gegenüber den Restproben erhöhte mittlere Elongation, unterschiedliche Korngröße und variablere RMA's.

Folgerungen und Interpretationen

1. Die Häufigkeitsanalyse, der Anteil an gefärbten und idiomorphen Zirkonen erlauben eine Unterscheidung der SF und StF.

Tabelle 3: Statistische Zirkonparameter.
za = statistischer Vergleichsparameter für den Anstieg im RMA-Diagramm (z-Verteilung, 95 % Signifikanzniveau = 1,96, bei Werten >1,96 unterscheiden sich die Anstiege zweier RMA-Geraden signifikant). Zu beachten sind die Werte für Sunk- und Steilbachgraben-Formation bei entsprechender Lithologie; weitere Erläuterungen siehe Text.

Sunk-Formation		Steilbachgraben-Formation		Sunk-/Steilbachgraben-Formation	
G 150 – G 108	za: 3,97	G 132 – OK 9	za: 1,86	G 150 – G 132	za: 3,78
G 150 – G 94	za: 3,24	G 132 – OK 11	za: 2,74	G 150 – OK 11	za: 0,89
G 94 – G 108	za: 0,37	G 155 – OK 9	za: 1,53	G 108 – OK 11	za: 2,85
		OK 9 – OK 11	za: 4,37	G 108 – G 132	za: 0,12
				G 108 – G 155	za: 0,25
Mittelwert Sunk-Formation – Mittelwert Steilbachgraben-Formation za: 0,37					

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

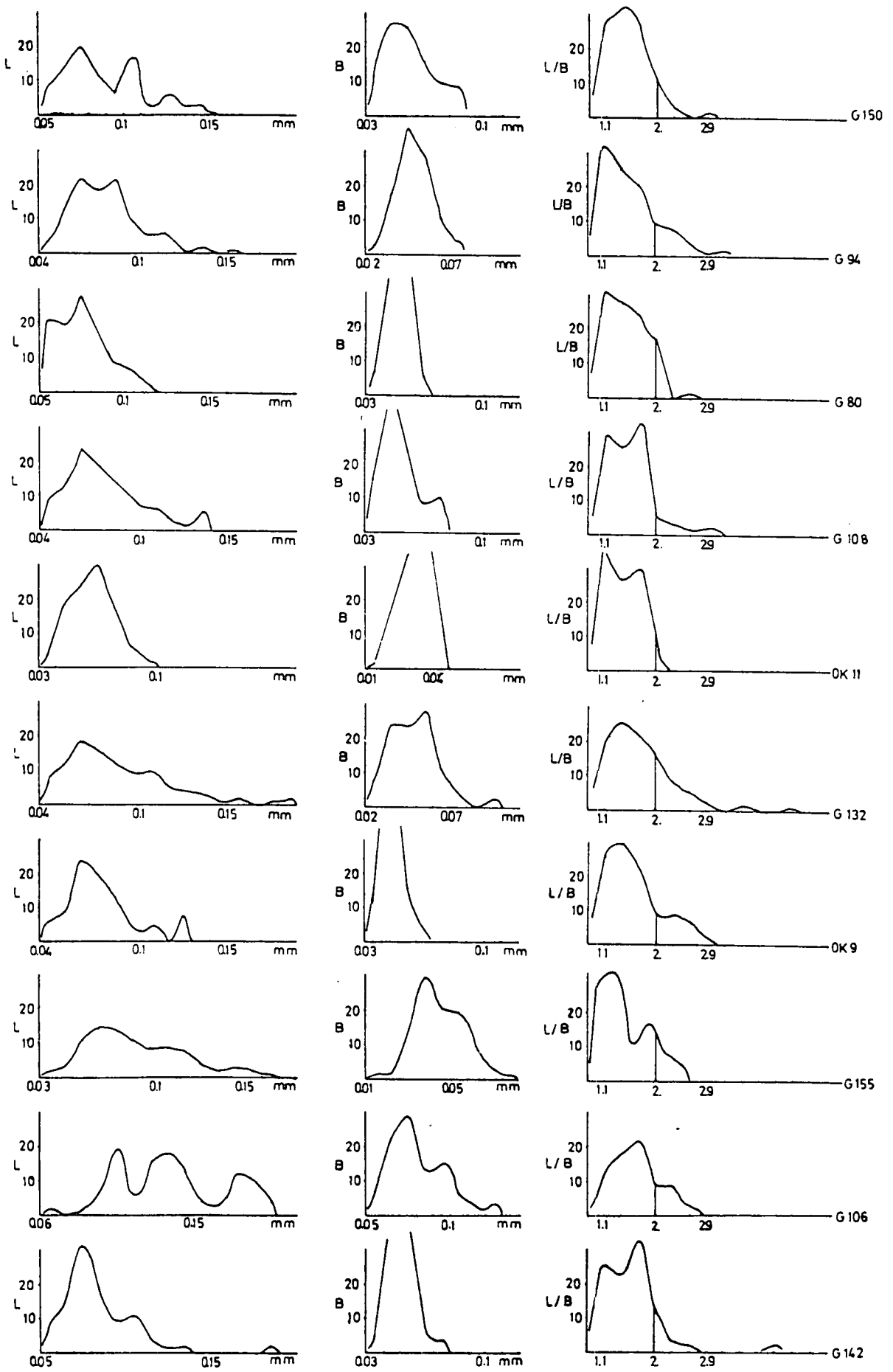


Abb. 3: Zirkon aus der Veitscher Decke bei Trieben: Histogramme für Länge (L), Breite (B) und Elongation (L/B).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

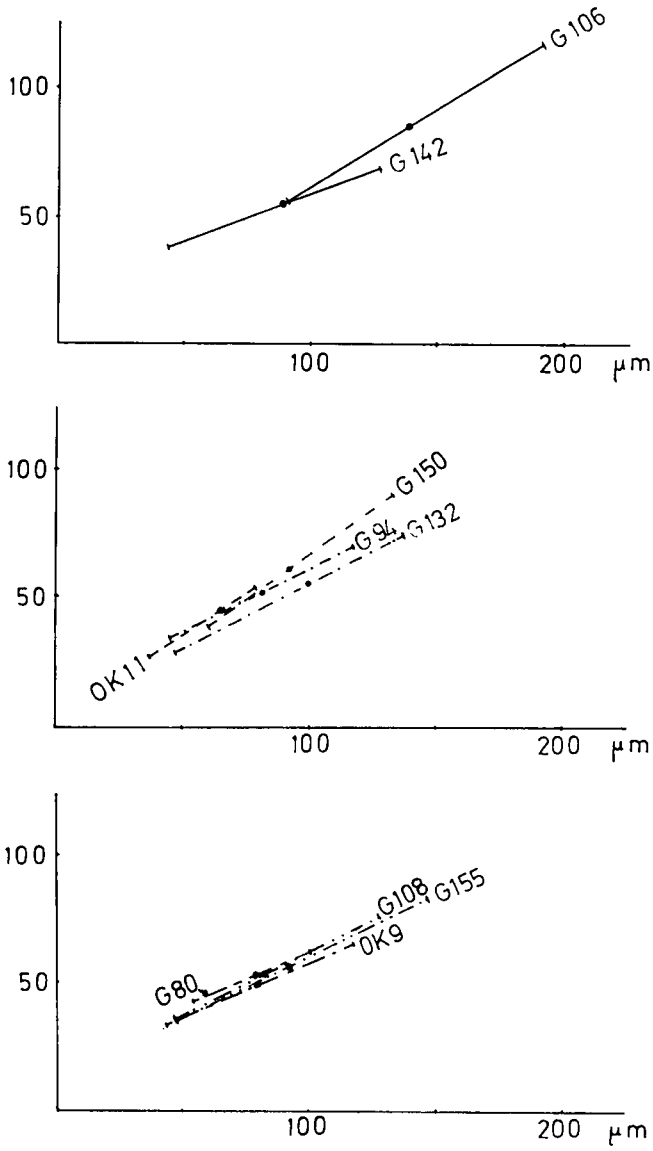


Abb. 4: Zirkon aus der Veitscher Decke des Raumes Trieben. RMA-Diagramme für
a) Gerölle aus der SF,
b),c) Klastika aus der SF und der StF.
Offensichtlich ist die signifikante Übereinstimmung zwischen den Anstiegen entsprechender lithologischer Gruppen aus den beiden Formationen (siehe auch Tab. 2,3).
G 150 und OK 11: – – – – – – – – – – –
G 94 und G 132: –·–·–·–·–·–·–·–·–
G 80 und OK 9: – – – – – – – – – – – – –
G 108 und G 155: –··–··–··–··–··–··–··–

2. Statistische Parameter (Korrelationskoeffizient, RMA), Längen-, Breiten-, und Elongationshistogramme umfassen das Intervall für detritische Zirkone (im Sinne von POLDERVAART, 1955), geben aber Anhaltspunkte für sedimentär überarbeitete Zirkone aus einem, für die gesamte stratigraphische Abfolge im Bereich Trieben einheitlichen, plutonischen, vulkanischen oder hochmetamorphen (anatektischen) Liefergebiet. Die erhöhte Variabilität der Parameter in der liegenden V. D. (StF) kann mit dem unterschiedlichen Sedimentationsenvironment (vgl. RATSCHBACHER, 1984) erklärt werden.
3. Aufwachsungen an gerundeten Kernen und deren erneute Abrundung belegen die polyzyklische Geschichte der Zirkone (vgl. Taf. 1, Fig. 4).
4. Zirkonpopulationen aus Geröllen unterschiedlicher Lithologie sind unterschiedlich.

Im Triebener Tauernpaß Areal wird die SM-Verteilung über größere räumliche Bereiche, vor allem aber über stratigraphisch längere Zeiträume und verschiedene Ablagerungsenvironments betrachtet. Bei einer Interpretation ergeben sich daraus auch Probleme aus den unterschiedlichen Sedimentationsfaktoren.

DRUMMOND & STOW (1979) führen in einer Studie im "offshore"-Bereich von Mississippi und Alabama variable SM-Verteilungen auf hydraulische Differentiation zurück. Kleinere, dichtere Minerale (Zirkon, Rutil) werden im niedrigenergetischen Environment (Ton-, Siltbereich) konzentriert, größere und weniger dichte Minerale im höherenergetischen Milieu. Die SM-Verteilung – Lithologiebeziehung im Triebener Raum ergibt ein konträres Bild. Zirkon überwiegt in gröberklastischen Proben, Turmalin in feinerklastischen. Dies ist erklärbar durch:

1. Primär hohe Zirkonanlieferung in die gröberklastischen Hangendpartien.
2. Turmalinlösung in diesem Bereich. In allen untersuchten Räumen gibt es dafür und auch für die Lösung von Apatit und Zirkon keine Anhaltspunkte.
3. Sekundäre Turmalinanreicherung in den feinklastischen Partien infolge Zertrümmerung in engständigen Schieferungsbahnen gekoppelt mit sekundärer Zirkonanreicherung in den Grobklastika wegen des Siebeffektes (die Siebobergrenze von 0,25 mm benachteiligt die generell grobkörnigen Turmaline und bevorzugt die kleineren Zirkone). Dies ist eine wahrscheinliche Verfälschungsursache.

Interpretiert man nach RATSCHBACHER (1984) die SF als progressive Küstenentwicklung, die StF als flachmarine Schelfablagerung, so ist noch ein unterschiedliches hydraulisches Environment gegeben.

Tabelle 4: Schwermineraldaten aus den Großeinheiten des Triebener Tauernpasses. Mittelwert und Standardabweichung von Kornprozenten; n = Probenzahl. Erläuterungen im Text.

		Zirkon						
	Apatit	idiomorph	rosa	gerundet	Zirkon	Turmalin	TiO_2-Min.	Granat
Zentralalpine Permotrias	37,4	4,0	1,9	11,3	16,6	41,4	4,2	0,2
n = 11	24,4	4,1	2,1	0,9	13,2	22,9	6,8	
Veitscher Decke (SF)	17,2	5,5	7,5	27,9	40,4	37,8	3,5	0,9
n = 21	14,5	6,7	7,5	21	26	28,9	6,7	
Veitscher Decke (StF)	14,3	8,5	5,9	50,8	65,1	14,0	5,5	vorhanden
n = 13	26,8	8,9	5,1	25,6	27,1	17	14,7	
Norische Decke (Hangend-Silur?)	57,8	2,2	7,5	14,4	24,0	13,5	3,7	0,2
n = 9	31,8	2,5	12,2	13,4	22,6	19,9	5,6	
Norische Decke (Liegend-Ordoviz?)	72,4	2,8	3,6	8,4	15,5	8,2	3,3	0,3
n = 5	15,2	1,7	4,7	7,9	8,0	8,2	6,8	

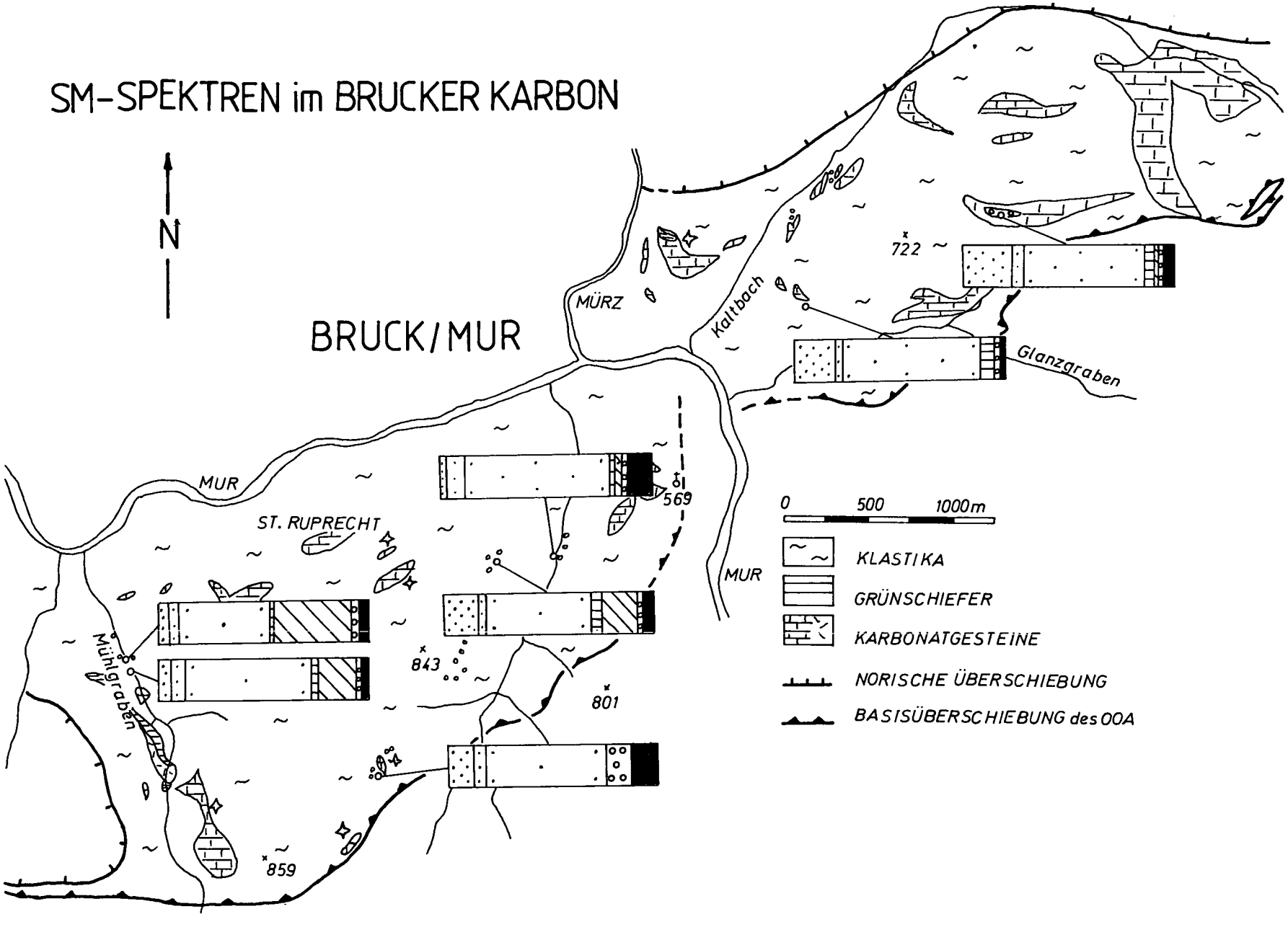


Abb. 5: SM-Verteilungskarte der Veitscher Decke des Raumes Bruck/Mur.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Die angeführten Daten (vgl. Kap. 3.) lassen die Aussagekraft der SM-Spektren, besonders im Triebener Raum, fraglich erscheinen. Wenn sie dennoch als interpretierbar erachtet werden, so aufgrund folgender Faktoren:

1. Probenspezifische Aufbereitung und Anpassung an die lithologischen Verhältnisse (Siebintervall etc.).
2. Berücksichtigung der postsedimentären Geschichte des untersuchten Sedimentes.
3. Überwiegend einheitliche Trends in Profilen mit geringem Probenabstand.
4. Deutliche Abgrenzbarkeit der V. D. von umgebenden Großeinheiten, trotz ähnlicher Deformations- und Metamorphosegeschichte. Dazu wurden auch Proben aus Zentralalpinem Verrucano und Norischer Decke untersucht (Abb. 2). Tab. 4 faßt Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Großeinheiten zusammen. In der Norischen Decke wurde zwischen den Klastika im Liegenden (Ordovizium) und Hangenden (Silur?) des Blasseneckporphyroidniveaus unterschieden. Daraus ist ersichtlich:
   a) Alle großtektonischen Einheiten umfassen ein reifes Spektrum.
   b) Das überregionale Charakteristikum der SM-Verteilung des Alpinen Verrucano (Turmalinvormacht) ist ausgeprägt.
   c) Im (?) silurischen Anteil der Norischen Decke dominieren Zirkon und Turmalin, im ordovizischen Anteil ist Apatit das Leitmineral. STATTEGGER (1982) findet in der ordovizischen Gerichtsgrabengruppe des Eisenerzer Raumes ebenfalls ein reifes Spektrum (mit Zirkon, Turmalin, untergeordnet Apatit). Der unterschiedliche Apatitgehalt läßt auf Variationen im Liefergebiet mit der Änderung in der paläogeographischen Position schließen.

Opake Mineralkörner wurden nicht näher behandelt. Nach übersichtsmäßigen auflichtmikroskopischen Untersuchungen an Gesteinsschliffen handelt es sich zumeist um Pyrit, Hämatit und Leukoxen. Der unterschiedliche Leukoxengehalt beeinflußt naturgemäß die Auswertung der durchsichtigen TiO_2-Minerale.

Zur SM-Verteilung im Gebiet des Triebener Tauernpasses kann zusammenfassend festgestellt werden:

1. In der StF dominiert Zirkon bei wechselnden Anteilen von Turmalin, Rutil und Apatit.
2. Die SF zeigt hohe Turmalingehalte, die ins Hangende abnehmen. Der Apatitgehalt bleibt variabel und erweist sich für die Gliederung als nicht verläßlich.
3. Zirkon erlaubt unabhängig, aufgrund seiner Häufigkeit und der unterschiedlichen Anteile an idiomorphen und gefärbten Zirkonen eine Unterscheidung zwischen den beiden Formationen.
4. Detritischer Granat ist in geringen Gehalten in beiden Formationen (in der SF mehr als in der StF) zu finden.
5. RATSCHBACHER (1984) berichtet über die Erhaltung instabiler Leichtminerale [Glimmer und hohe Prozentwerte Feldspat (bis zu 50 % des Modalbestandes)] und instabiler Gerölle (Granitoide) in der V. D. Dies würde auch die Erhaltung instabiler klastischer SM (Staurolith, Chloritoid etc.) fordern. Das Fehlen solcher SM spricht für ein primäres Fehlen im Liefergebiet. Dies führt zur Annahme eines durch Granitoide dominierten Hinterlandes (vgl. RATSCHBACHER, 1984).

4.3. Bruck/Mur
(Abb. 1c, 5)

Zirkonreiche Spektren mit hohem Anteil an idiomorphen Individuen sind an granitoidgeröllführende, unreife Metasandsteine und -konglomerate gebunden, die fossilführende Kalkmarmorzüge begleiten. Dieser Abschnitt wird mit der TF und den Hangendpartien der StF des Triebener Typusareals gleichgestellt (Abb. 1c). Die hangendste Probe könnte in ihrer Stellung schon zur SF überleiten.

Da die Proben mit der Granitoidgeröllführung auch immer geringe Gehalte an Granat führen, kann dieser, bei Fehlen genauerer Analysen, auch aus Granitoiden (S-Typ) bezogen werden. Der wie im Bereich Lassing-Sonnseite in den liegendsten Anteilen der Abfolge gehäuft auftretende Apatit wird, wenigstens teilweise, aus den begleitenden basischen Metavulkaniten (Tuff(it)e) hergeleitet.

4.4. Veitsch
(Abb. 6, 7)

Wegen der geringeren metamorph-tektonischen Überprägung und geeigneter Gesteine wurde im Veitscher Raum das Korngrößenspektrum 0,063–0,4 mm untersucht.

Zwei der Detailprofile (Abb. 6) besitzen annähernd konstante SM-Zusammensetzung: Apatit (∅ bis 0,5 mm) herrscht vor, Turmalin (∅ bis 0,6 mm) tritt zurück. Im Profil Grundbauer ändert sich das Verhältnis Apatit/Turmalin hingegen mehrmals sprunghaft. Dieses dürfte weitgehend sedimentär entstanden sein (tektonometamorphe Veränderungen berücksichtigt).

Die Verteilung der apatit- und turmalinreichen Spektren in Abb. 7 scheint keiner Gesetzmäßigkeit zu folgen, vor allem sind nach den vorliegenden Daten die Schlußfolgerungen nicht zulässig: Apatitreiche Spektren liegen in unmittelbarer Nachbarschaft der Karbonatgesteine = Unterkarbon, und: Turmalinreiche Spektren treten weiter entfernt von den Karbonatgesteinen auf = Oberkarbon. Unter- und oberkarbone Klastika sind im Veitscher Raum daher nach SM nicht zu trennen.

Keine Klärung brachten auch vier Proben von Metasandsteinen, die aus dem Möselbachgraben bei Prein, Niederösterreich, aus der Umgebung des fossilführenden Oberkarbons (MOHR, 1933; GLAESSNER, 1935) stammen. Die Proben sind allerdings nicht direkt mit den Veitscher Proben vergleichbar, da sie ungleich stärker verwittert sind. Das Zirkonspektrum zeigt eine bunte Zusammensetzung, was auf ein differenziertes Hinterland verweist. In abnehmender Häufigkeit können an Zirkontypen unterschieden werden: farblose idiomorphe, farblose gerundete, farblose idiomorphe mit rundem Kern, rosa idiomorphe Zirkone mit Zonarbau und Einschlüssen und schließlich rosa gerundete Körner.

So bleiben weite Bereiche des Veitscher Raumes weiterhin in stratigraphisch unsicherer Stellung, da ein lithostratigraphischer Einordnungsversuch in das Idealprofil (RATSCHBACHER, 1984, Abb. 1) aus der Detailkartierung wegen der tektonischen Kompliziertheit und den ungenügenden Aufschlußverhältnissen nicht möglich ist.

Vielleicht sind die in einigen 10er m Entfernung vom Profil Dürr 2 von Metasandsteinen und -schiefern bzw. Kalkmarmoren begleiteten, dm-mächtigen Lagen von Grünschiefern (basische Metavulkanite) ein Hinweis für eine Parallelisierung mit den, großteils ins Unterkarbon

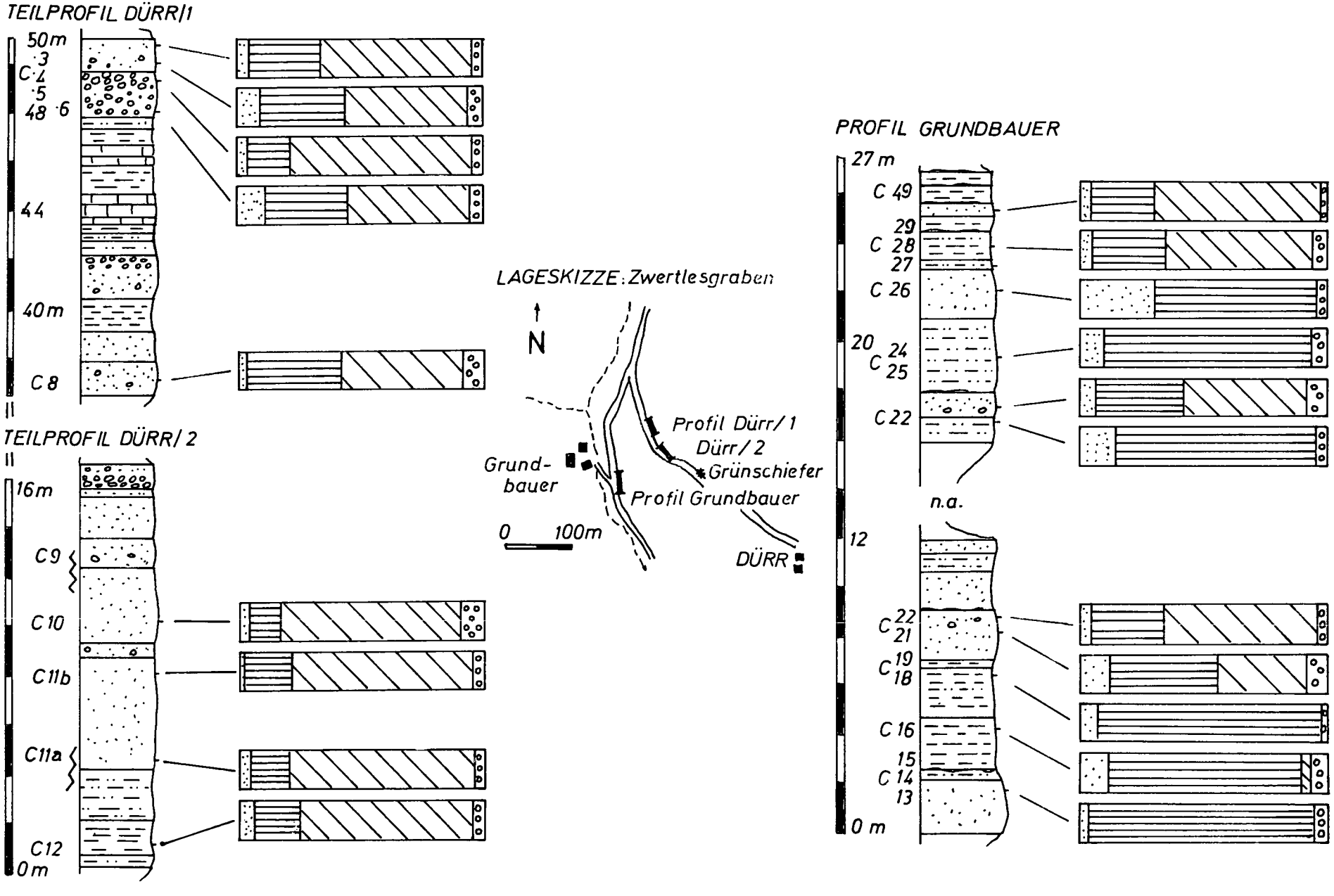


Abb. 6: Detailprofile der Veitscher Decke aus dem Zwertlesgraben und die daraus gewonnenen Proben. Geologische Detailbeschreibung siehe NIEVOLL (1983). Erläuterungen siehe Text.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

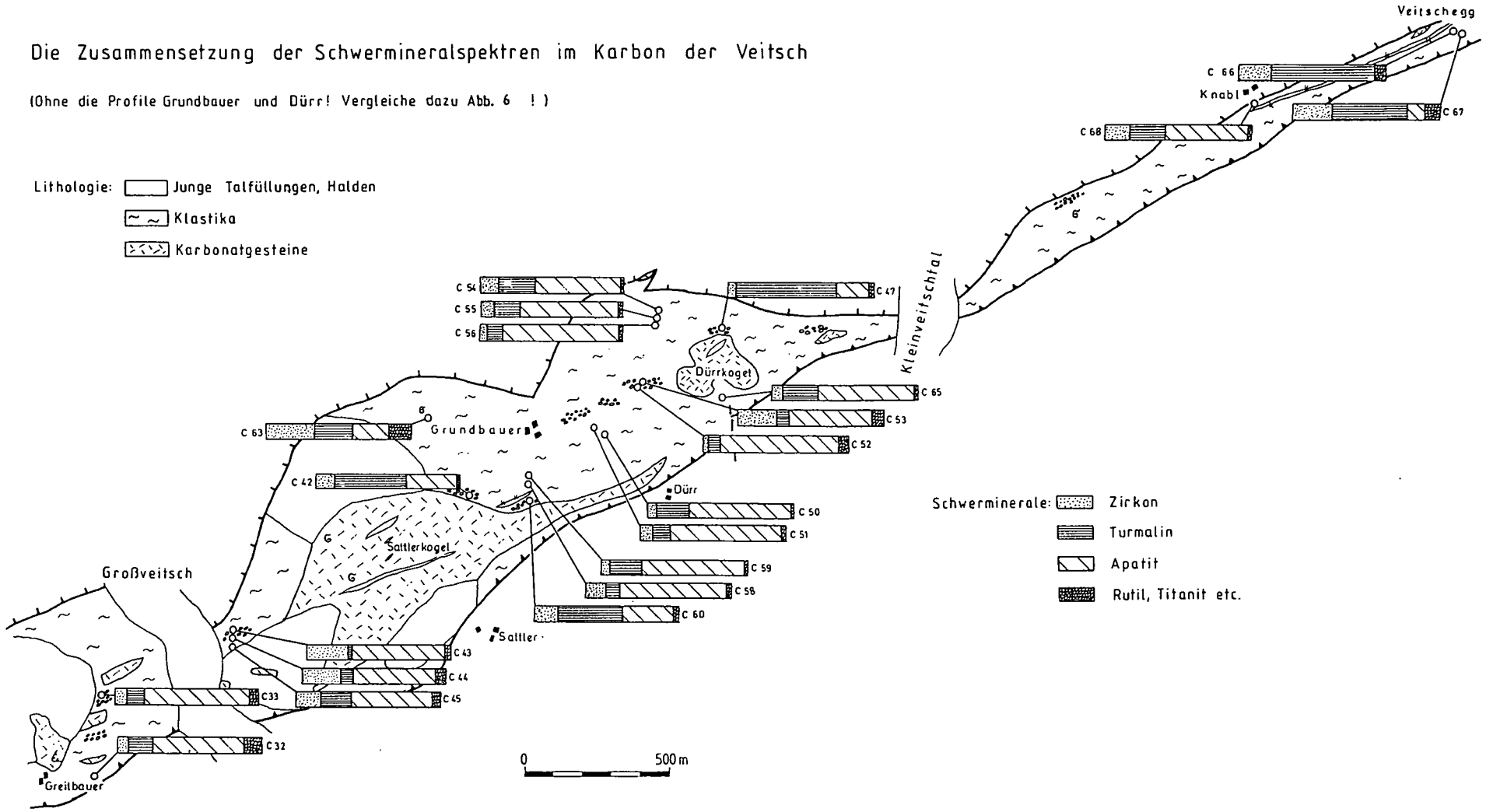


Abb. 7: SM-Verteilungskarte des Karbon bei Veitsch.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

einordenbaren, liegenden Profilen (StF, TF) weiter im Westen.

Der auffallend häufige Apatit in den Grünschiefern der Veitsch gibt Anhaltspunkte für eine Beeinflussung der Spektren aus diesen (hohe Gehalte und sprunghafte Häufigkeitsänderungen), doch müssen andere Liefergebiete, wahrscheinlich sauer plutonische, beigetragen haben.

Schlußfolgerungen

Faßt man die einzelnen Räume zu einem Bild mit Gesamtaussagewert zusammen, so kann festgestellt werden:

1. Im Unterkarbon liegen hohe Zirkon- und generell hohe Apatitgehalte vor, Turmalin tritt in den Hintergrund.
2. Davon unterscheidet sich das Oberkarbon durch Zunahme von Turmalin und Abnahme von Zirkon und Apatit.
3. Die Klastika der gesamten stratigraphischen Abfolge stammen in den untersuchten Profilstreifen vermutlich aus einem sauer plutonischen Liefergebiet (vgl. STATTEGGER, 1982), was den Untersuchungen über Geröllbestand und Leichtmineralführung entspricht (RTSCHBACHER, 1984). Der geringe Granatgehalt (bis 8 % nach STATTEGGER, 1982) kann ebenfalls aus Granitoiden (S-Typ) bezogen werden. Als ein Hinweis für solche anatektischen Granitoide können auch die Zirkone mit Kern angesehen werden (Trieben, Prein). Geringe Beteiligung von Metamorphiten im Hinterland belegen die wenigen von CORNELIUS (1952) gemeldeten Gerölle (Glimmerschiefer, Phyllite).
4. Das einheitliche Liefergebiet und das Fehlen einer sprunghaften Änderung in der SM-Zusammensetzung sprechen gegen gravierende orogene Abläufe im Hinterland während der Klastikaablagerungen und für einen tektonisch ununterbrochenen Sedimentationsablauf in der gesamten stratigraphischen Abfolge der V. D. (vgl. RATSCHBACHER, 1984).

Vergleiche mit den von STATTEGGER (1982) beschriebenen Spektren zeigen neben guten Übereinstimmungen (Liefergebiet, Turmalindominanz im Hangendbereich der V. D.) auch Differenzen. So erwies sich Apatit als nur lokal bedeutend und insgesamt für die Gliederung wenig geeignet. Dies kann einerseits auf die unterschiedliche Beurteilung der metamorphen Neubildungsrate, andererseits auf unrichtige tektonische Zuordnung der Probenpunkte zur Stellung in der V. D. zurückzuführen sein. Die Zuordnung bei STATTEGGER (1982) (wobei die Nähe von Triebensteinkalkvorkommen für den Liegendbereich spricht), basiert auf Profilen von METZ (1938, 1940, 1953) und ist z. B. im Bereich Trieben problematisch. Im Gebiet des Triebenbaches kommt es bei richtiger tektonischer Auflösung des Faltenbaues zu einer Vertauschung der Liegend- und Hangendserie nach STATTEGGER (1982; Faltungsinversion).

Dank

Die vorliegende Arbeit behandelt Teilaspekte unserer Dissertationen an der Universität Graz. Wir danken dem Betreuerteam (Leitung Prof. Dr. H. FLÜGEL) für die Unterstützung. Dr. K. STATTEGGER sind wir für die Einführung in die SM-Bearbeitung verbunden.

Literatur

CORNELIUS, H. P.: Gesteine und Tektonik im Ostabschnitt der nordalpinen Grauwackenzone, vom Alpenostrand bis zum Aflenzer Becken. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **42–43**, 1–234, Wien 1952.

DRUMMOND, S. E. & STOW, S. H.: Hydraulic differentiation of heavy minerals, offshore Alabama and Mississippi: Summary. – Bull. Geol. Soc. America, **90**, 806–807, Boulder 1979.

GLAESSNER, M.: Augensteinschotter im Bereich des Semmeringkalkes und die geologischen Verhältnisse des Fundgebietes. – Verh. Geol. B.-A., **1935**, 167–171, Wien 1935.

HARDER, H.: In: TRÖGER, W. E.: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. – Teil 2, Textband, XII+822 S., Stuttgart (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Nägele & Obermiller) 1969.

HARDER, H.: Einbau von Bor in detritische Tonminerale. Experimente zur Klärung des Borgehaltes toniger Sedimente. – Geochim. Cosmochim. Acta, **21**, 284–294, London 1961.

HEIMLICH, R. A., SHOTWELL, L. B. & GAWELL, N. J.: Variability of zirkon from the Sharon conglomerate of northeastern Ohio. Jour. Sed. Petrol., **45**, 629–635, Tulsa 1975.

JUVIGNÉ, E.: Scheidetrichtermethode oder Zentrifugaltrennung zur quantitativen Gewinnung von Schwermineralien. – Senckenbergiana marit., **11**, 171–174, Frankfurt 1979.

LARSEN, L. H. & POLDERVAART, A.: Measurement and distribution of zirkons in some granitic rocks of magmatic origin. – Mineral. Magazine, **31**, 544–564, London 1957.

METZ, K.: Die Geologie der Grauwackenzone von Leoben bis Mautern. – Jb. Geol. B.-A., **87**, 165–193, Wien 1938.

METZ, K.: Die Geologie der Grauwackenzone von Mautern bis Trieben. – Mitt. Reichst. Bodenforsch., Zweigst. Wien, **1**, 161–220, Wien 1940.

METZ, K.: Die stratigraphische und tektonische Baugeschichte der steirischen Grauwackenzone. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **44**, 1–84, Wien 1953.

MOHR, H.: Ein neuer Pflanzenfund im metamorphen Carbon der Ostalpen und seine Stellung im alpinen Bauplan. – Cbl. Miner. Geol. Abt. B, 98–107, Stuttgart 1933.

NIEVOLL, J.: Stratigraphische und strukturgeologische Untersuchungen in der Grauwackenzone bei Veitsch (Steiermark). – Unv. Diss. Univ. Graz, 1–150, Graz 1983.

POLDERVAART, A.: Zirkon in rocks. 1. Sedimentary rocks. – Amer. Journ. Sci., **253**, 433–461, New Haven 1955.

RATSCHBACHER, L.: Geologische Untersuchungen in hohen ostalpinen Decken (Obersteiermark – Österreich). – Unv. Diss. Univ. Graz, 1–306, Graz 1983 a.

RATSCHBACHER, L.: Ein Modell zur alpidischen Deckgebirgsdeformation im Ostabschnitt der Ostalpen basierend auf einer vollständigen Gefügeanalyse: ein Vorbericht. – Anz. Österr. Akad. Wiss., math. naturw. Kl., Wien (im Druck).

RATSCHBACHER, L.: Beitrag zur Neugliederung der Veitscher Decke (Grauwackenzone) in ihrem Westabschnitt (Obersteiermark – Österreich). – Jb. Geol. B.-A., Wien (im Druck).

SHELL STANDARD LEGEND. – The Hague 1958.

STATTEGGER, K.: Schwermineraluntersuchungen im Paläozoikum der Ost- und Zentralpyrenäen. – Unv. Diss. Univ. Graz, 1–121, Graz 1976.

STATTEGGER, K.: Schwermineraluntersuchungen in der Östlichen Grauwackenzone (Steiermark/Österreich) und deren statistische Auswertung. – Verh. Geol. B.-A., **1982**, 107–121, Wien 1982.

STUBICAN, V. & ROY, R.: Boron in synthetic micas and clay. – Amer. Mineral., **47**, 1166–1173, Washington 1962.

THUM, I. & NABHOLZ, W.: Zur Sedimentologie und Metamorphose der Penninischen Flysch- und Schieferabfolgen im Gebiet Prättigau – Lenzerheide – Oberhalbstein. – Beitr. Geol. Karte Schweiz, N. F., **144**, 55 S., Bern 1972.

VOLL, G.: Klastische Mineralien aus den Sedimentserien der Schottischen Highlands und ihr Schicksal bei aufsteigender Regional- und Kontaktmetamorphose. – Habilschrift TU Berlin, 226 S., Berlin 1969.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 26. April 1984.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Tafel 1

Fig. 1: Deformationsbedingtes Zerbrechen von Zirkon. Beachte dextralen Zerscherungssinn und die weite rechtssinnige Verdriftung der Teile (Pfeile). Schnitt parallel der alpidischen Streckung. Tuffogene Metaquarzite aus der Norischen Decke des Raumes Trieben.

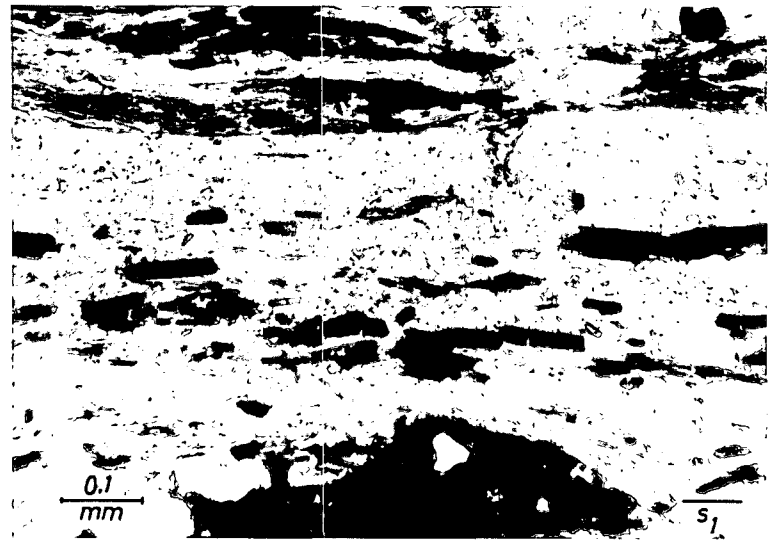
Fig. 2: Turmalinneubildung und -deformation. Aktive Turmalinneubildung ist auf phyllosilikatreiche Lagen beschränkt. Schnitt parallel der Streckung. Zentralalpiner Verrucano, Lorenzergraben, Raum Trieben.

Fig. 3: Asymmetrischer Anwachssaum an klastischem Turmalin. Kern (0,14 mm), erste, einseitige, in der ersten alpidischen Streckung gelängte Fortwachszone mit länglichen Glimmereinschlüssen (Länge des Saumes 0,15 mm) und zweite, durch opazitische Einschlüsse abgesetzte, schmale (0,04 mm), unregelmäßige, aber allseitige, daher stress-frei gewachsene Anwachszone. V.D. (SF), Raum Trieben.

Fig. 4: Idiomorphe, bereits wieder angerundete Aufwachsung an Zirkon. SF, Raum Trieben.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

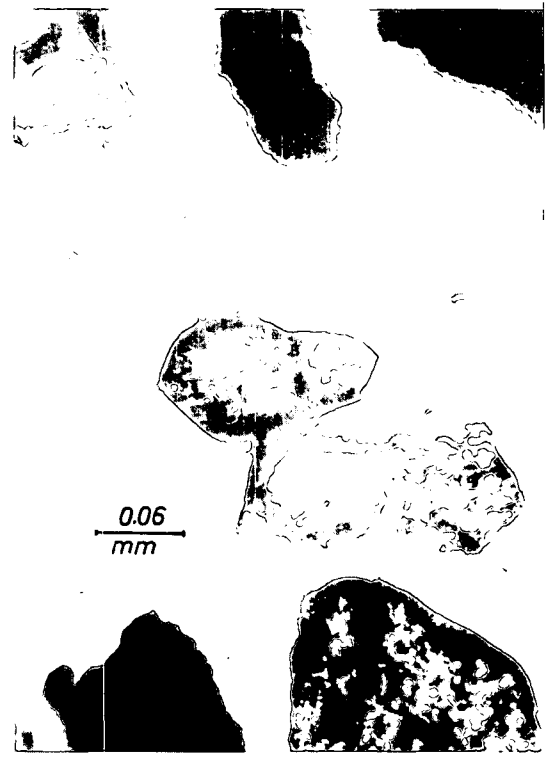
1



2

3

4



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: 127

Autor(en)/Author(s): Ratschbacher Lothar, Nievoll Josef

Artikel/Article: Die Aussagekraft von Schwermineraldaten aus der Veitscher Decke (Steiermark, Österreich) 455