Verh. Geol. B.-A.	ISSN 0016–7819	Jahrgang 1982	Heft 2	S. 107–121	Wien, April 1982

Schwermineraluntersuchungen in der Östlichen Grauwackenzone (Steiermark/Österreich) und deren statistische Auswertung*)

Von KARL STATTEGGER**)

Mit 5 Abbildungen und 3 Tabellen

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 100, 101, 102, 103, 104, 105
130, 131, 132, 133, 134

Project

Prevariscic and variscic events of the alpine mediterranean mountain belts

Grauwackenzone
Schwerminerale
Diskriminanzanalyse
Lithostratigraphie
Liefergebiete

Inhalt

Seite
Zusammenfassung . . . 107
Summary . . . 108
1. Einleitung . . . 108
2. Methodik . . . 109
3. Schwermineraldaten . . . 109
3.1. Gerichtsgrabengruppe . . . 110
3.2. Polster Quarzite . . . 110
3.3. Eisenerzer Schichten . . . 110
3.4. Karbon der Veitscher Decke . . . 112
3.5. Salberg Brekzie . . . 113
3.6. Präbichl Schichten Basis . . . 113
4. Statistische Auswertung . . . 114
4.1. Allgemeines . . . 114
4.2. Ergebnisse . . . 114
4.3. Interpretation . . . 117
5. Schlußfolgerungen . . . 117
Literatur . . . 120

Zusammenfassung

Schwermineraluntersuchungen in klastischen Formationen der östlichen Grauwackenzone (Steiermark/Österreich) wurden mit Diskriminanzanalysen statistisch ausgewertet. Daraus ergibt sich eine klare Trennung von Ordovizium und Jungpaläozoikum (Karbon/Perm) durch niedrige bzw. hohe Apatitge-

*) Publikation im Rahmen des IGCP-Projektes 5: Prevariscic and variscic events of the alpine mediterranean mountain belts.

**) Anschrift des Verfassers: Dr. KARL STATTEGGER, Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Graz, Heinrichstraße 26, A-8010 GRAZ, Österreich.

halte. Weitere Unterscheidungsmöglichkeiten bieten im Ordovizium Turmalin und Granat, im Jungpaläozoikum ZTR-Minerale und Turmalin. Im oberen Ordovizium weist das Einsetzen von Schüttungen aus einem metamorphen Liefergebiet auf ein kaledonisches Ereignis im Hinterland hin. Eine weitere Umgestaltung der sedimentanliefernden Räumen zeigt die starke Apatitschüttung im Karbon an. Die Ergebnisse werden in einem größeren regionalen Zusammenhang diskutiert.

Summary

Heavy mineral investigations carried out in clastic formations of the Eastern Greywacke Zone (Styria/Austria) were examined statistically by discriminant analyses. Hence results a clear distinction between Ordovician and Upper Paleozoic (Carboniferous/Permian) rocks trough a low apatite content of the older respectively a high apatite content of the younger formations. Other criteria of discrimination are tourmaline and garnet within the Ordovician and ZTR-minerals and tourmaline within the Upper Paleozoic. A strong influx out of a metamorphic source area points at a Caledonian event in the hinterland during Upper Ordovician times. The high amount of apatite found out within the Carboniferous clastics indicates a new reactivation of the hinterland. The results are discussed in a broader regional framework.

1. Einleitung

Im Paläozoikum der östlichen Grauwackenzone sind klastische Sedimente weit verbreitet. Da in diesen Gesteinsserien bislang nur wenige biostratigraphische Alterseinstufungen möglich waren, wurde der Versuch unternommen, mit Schwermineralanalysen Unterschiede zwischen verschiedenen klastischen Formationen festzustellen, für die es Altershinweise gibt, und damit eine lithostratigraphische Gliederung durchzuführen. Dabei mußte allerdings der Zeitraum Silur-Devon wegen des Fehlens altersmäßig gesicherter Vorkommen sandsteinführender Klastika unberücksichtigt bleiben. Der Erfolg hängt dabei vor allem von Veränderungen im sedimentanliefernden Hinterland und der postsedimentären Geschichte des untersuchten Sedimentes ab. Der erste Punkt kann erst während der Bearbeitung geklärt werden, für den zweiten wirkt sich die häufige bereits niedriggradig metamorphe Umprägung der Gesteine in der Grauwackenzone störend aus. Daher fand auch die Veränderung von Schwermineralspektren bei beginnender Metamorphose Beachtung.

In die Untersuchungen wurden Sand- und Grobsiltsteine aus folgenden Formationen einbezogen (siehe Abb. 1):

Bereich der Norischen Decke: Klastika im Liegenden des Blasseneckporphyroids („Gerichtsgrabengruppe"), Polster Quarzite, Eisenerzer Schichten, sowie Salberg Brekzie und Basisanteile der Präbichl Schichten, wobei die Probenpunkte in der Umgebung der Typuslokalität liegen.

Das klastische Karbon der Veitscher Decke wurde in einem größeren Bereich zwischen St. Michael und Trieben untersucht.

Die Liste der Probenpunkte umfaßt folgende Einheiten:

Gerichtsgrabengruppe: Seitengräben an der Nordrampe der Präbichlstraße, Krempelgraben.

Polster Quarzit: Polster, Rotschütt, Himmelkogel, Oberer Tullgraben.

Eisenerzer Schichten: Gehänge zwischen Schlingerweg und Lackenriedel.

Karbon der Veitscher Decke: Windischbachgraben/Hartlgraben, Pressnitzgraben-Wurmalpe, Madstein, Mautern-Süd, Gaisgraben, Höllgraben und Kurze Teichen, Wald-Nordost, Vorwald-Süd, Sunk/Trieben.

Salberg Brekzie: Südgehänge des Salberg/Liezen.

Präbichl Schichten Basis: Polster, oberer Tullgraben.

Die Geländebegehungen und das zur Abtrennung der Schwerminerale benötigte Tetrabromäthan wurden in dankenswerter Weise über das IGCP-Projekt 5: Prevariscic and variscic events of the alpine mediterranean mountain belts finanziert.

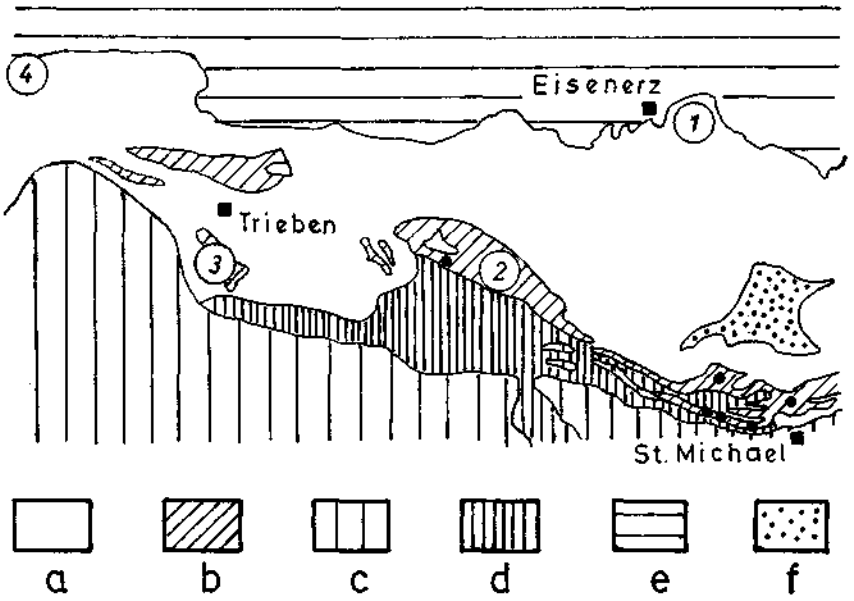


Abb. 1: Vereinfachte geologische Übersichtskarte des Zentralteils der Östlichen Grauwackenzone mit Angabe der beprobten Areale. 1 = Raum Eisenerz, 2 = Höllgraben/Kurze Teichen, 3 = Sunk b. Trieben, 4 = Salberg b. Liezen, ● = Einzelproben aus dem Karbon der Veitscher Decke; a = Norische Decke, b = Veitscher Decke, c = Mittelostalpines Kristallin, d = Rannachserie, e = Nördliche Kalkalpen, f = Tertiärbecken von Trofaiach.

2. Methodik

Die Gewinnung der Schwermineralfraktion erfolgte nach dem üblichen Verfahren mittels Schweretrennung mit Tetrabromäthan als Schwereflüssigkeit im Korngrößenbereich zwischen 400 und 45 Mikron. Aus den Schwermineralkonzentraten wurden Streupräparate hergestellt und mineraloptisch ausgewertet.Nach Möglichkeit wurden 200 bis 250 durchsichtige Schwermineralkörner pro Probe ausgezählt, das untere Limit für eine statistische Auswertung lag bei 100 Körnern, und daraus Kornprozentwerte ermittelt.

3. Schwermineraldaten

Insgesamt wurden 233 Proben bearbeitet, davon führten 51 Proben nur opake oder keine Schwerminerale, 28 Proben hatten auf Grund der Metamorphose ein sekundär metamorphes Spektrum, 154 Proben, das sind etwa zwei Drittel, konnten ausgewertet werden. Dabei ergab sich für die verschiedenen Formationen eine sehr unterschiedliche Zahl an auswertbaren Proben (vgl. Tab. 1). Während in den Polster Quarziten über 90 Prozent aller Proben sich als brauchbar erwiesen, lag dieser Wert in den Eisenerzer Schichten und im Karbon der Veitscher Decke unter 50 %. Die geringe auswertbare Probenzahl kann in den Eisenerzer Schichten mit primärer Schwermineralarmut und Verwitterungseinflüssen erklärt werden, im Karbon der Veitscher Decke spielt wahrscheinlich die Metamorphose eine entscheidende

Tab. 1: Verhältnis zwischen untersuchter und für die statistische Auswertung brauchbarer Probenzahl der Klastika aus der Östlichen Grauwackenzone.
Abkürzungen: n = untersuchte Probenzahl; dsM = Zahl der Proben mit genügend durchsichtigen Schwermineralien für eine statistische Auswertung; met = sekundär metamorph veränderte Spektren; op = nur opake bzw. keine oder zu wenige durchsichtige Schwerminerale; %ausgew. = Prozentzahlen der statistisch ausgewerteten Proben.

Formation	n	dsM	met	op	%ausgew.
Gerichtsgrabengruppe	29	19	–	10	66
Polster Quarzit	59	55	–	4	93
Eisenerzer Schichten	21	8	–	13	38
Karbon Veitscher Decke	79	39	22	18	49
Salberg Brekzie	34	25	6	3	74
Präbichl-Schichten Basis	11	8	–	3	73
Gesamt	233	154	28	51	66

Rolle, obwohl bei der Probennahme auf eine möglichst geringe metamorphe Beeinflussung des Gesteins geachtet wurde. Im folgenden werden die Ergebnisse aus den einzelnen Formationen kurz dargestellt (vgl. dazu Tab. 2, Abb. 2):

3.1. Gerichtsgrabengruppe

Die Klastika im Liegenden des Blasseneckporphyroids zwischen Eisenerz undf Präbichl wurden von FLAJS & SCHÖNLAUB(1976) als Gerichtsgrabengruppe bezeichnet. Kalklinsen im hangenden Teil dieser Schichtfolge ermöglichten eine conodontenstratigraphische Altersseinstufung in das obere Ordovizium.

Die Schwermineralverteilung zeigt ein reifes Spektrum aus Zirkon, Turmalin und Rutil mit knapp 95 % Anteil am Gesamtspektrum. Untergeordnet kommen Apatit, Titanit, Brookit-Leukoxen und Epidot vor. Gegen das Hangende tritt dazu ein zunehmender Granatgehalt, der in der Nähe des Blasseneckporphyroids fast 40 % erreichen kann, sowie ein etwas über 1 % liegender Hornblendeanteil. Diese Unterschiede ermöglichen eine Untergliederung in einen liegenden (Proben aus dem Krempelgraben) und einen hangenden Bereich (Proben im Bereich der Präbichlstraße in der Umgebung der conodontenführenden Kalklinsen).

3.2. Polster Quarzit

Für diese Schichtfolge, die lokal im Hangenden des Blasseneckporphyroids auftritt, wurde von FLAJS & SCHÖNLAUB (1976) ein Ashgill-Alter als wahrscheinlich erachtet.

Schwermineralanalysen sind in STATTEGGER (1980) publiziert. Hier überwiegt ebenfalls ein reifes ZTR-Spektrum (der Minerale Zirkon, Turmalin und Rutil) mit durchschnittlich 85 %, wobei ein hoher Gehalt an braun bis rosa gefärbten Zirkonen (32 % im Mittel) hervorzuheben ist. Weiters fällt der 5 %ige Epidotanteil auf. Akzessorisch sind Apatit, Titanit und Brookit-Leukoxen vorhanden.

3.3. Eisenerzer Schichten

Aus den Eisenerzer Schichten wurden von SCHÖNLAUB (1977) und SCHÖNLAUB et al. (1980) Conodonten des Visé bekannt gemacht. Die eigenen Proben stammen aus dem Gebiet südlich des Schlingerweges südwestlich von Eisenerz.

Für das Schwermineralspektrum ist ein erhöhter Apatitgehalt von durchschnittlich 20% charakteristisch. Entsprechend geht der Anteil an ZTR-Mineralien auf 70% zurück. Der Rest besteht aus Granat und Epidot sowie Brookit-Leukoxen.

Tab. 2: Schwermineralverteilungen in der Östlichen Grauwackenzone. Die Zahlen bedeuten Mittelwerte, darunter stehen die Standardabweichungen von Kornzahlprozenten für die einzelnen angeführten Formationen.
x = Häufigkeiten unter 0,5%; ap = Apatit; zr = Zirkon gesamt; zid = idiomorpher Zirkon (in % von zr); zibr = braun-rosa gefärbter Zirkon (in % von zr); tur = Turmalin; rut = Rutil; tit = Titanit; brl = Brookit-Leukoxen; an = Anatas; gr = Granat; epi = Epidot; hb = Hornblende; cr = Chromspinell; op = opake Minerale; met = metamorphe Neubildungen; n = Probenzahl. Durchsichtige Minerale + op = 100 %, Summe der durchsichtigen Minerale (ohne zid und zibr) = 100 %.

	ap	zr	zid	zibr	tur	rut	tit	brl	an	gr	epi	hb	cr	op	met
Gerichtsgrabengruppe	3,3	50,3	6,7	12,7	31,2	12,7	1,3				0,5			62,6	
Liegend (n = 10)	1,2	14,3	2,6	10,4	10,7	5,4	1,1	x	x	x	0,6			18,2	
Gerichtsgrabengruppe	4,8	57,7	20,8	6,2	13,2	6,7	1,7	0,9		12,6	1,1	1,4		65,0	
Hangend (n = 9)	3,2	12,8	22,4	4,5	5,4	4,3	1,7	1,2		15,4	1,3	2,4		17,1	
Polster Quarzit	5,7	70,2	29,0	31,8	7,8	6,8	1,6	2,0	0,6		5,0			82,3	
(n = 55)	7,1	12,9	14,0	12,7	6,3	7,2	2,1	3,7	1,4	x	5,2	x		11,0	
Eisenerzer Schichten	26,1	43,8	15,2	10,0	10,0	16,3	0,9	0,7		1,7	0,5			84,0	
(n = 8)	11,1	18,3	5,6	8,9	5,9	17,3	1,0	1,0		2,3	0,5			10,8	
Karbon d. Veitscher Decke,	40,9	28,8	10,7	10,4	24,3	2,6	0,4	1,5		1,0				81,8	2,5
Liegend (n = 13)	15,0	15,2	7,0	10,4	15,4	4,1	0,4	1,6	x	0,9			x	7,5	2,8
Karbon d. Veitscher Decke,	15,0	34,9	13,0	5,6	40,0	3,6	1,1	1,8		3,6				78,9	3,7
Hangend (n = 12)	10,0	18,1	6,3	4,8	20,5	5,2	1,0	1,9		3,9				9,1	3,0
Karbon der Veitscher Decke,	1,1	81,7	13,7	10,5	11,9	1,7		3,4						31,9	65,9
metamorph (n = 5)	2,5	21,2	6,8	14,8	21,8	1,1	x	3,2						7,9	7,5
Salberg Brekzie	55,5	20,8	22,9	25,8	9,9	8,2	0,3	3,3			1,6			68,5	
(n = 25)	18,3	6,6	15,2	11,5	6,0	9,1	0,3	3,1			1,4	x	x	23,4	x
Präbichl Schichten	30,0	38,8	17,0	14,2	11,9	17,3	1,7							96,3	
Basis (n = 8)	9,9	3,1	2,4	10,2	7,6	2,8	1,0							5,8	

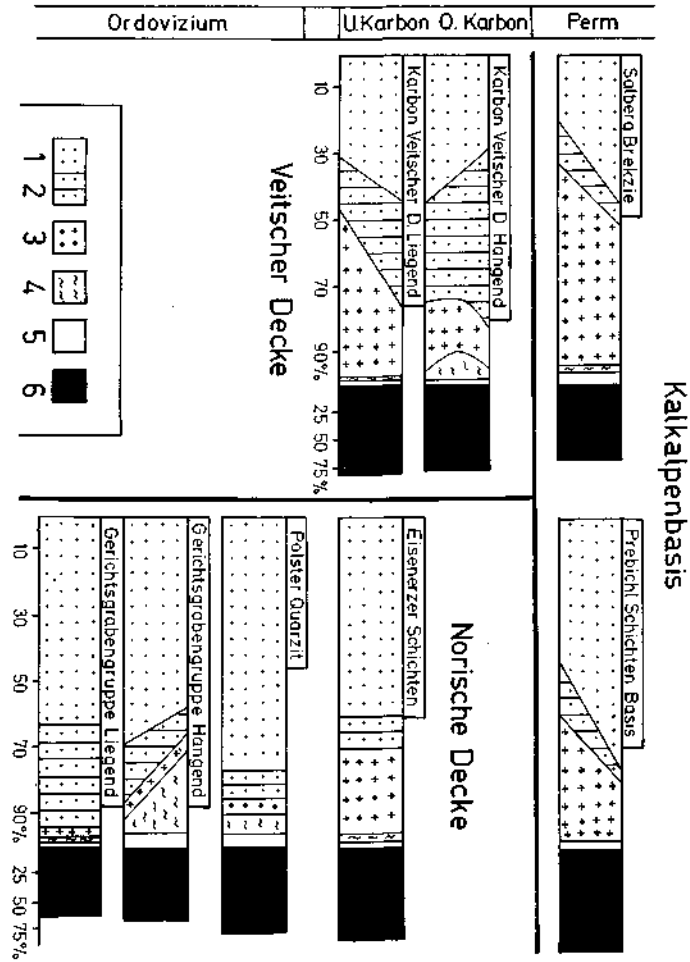


Abb. 2: Schwermineralspektren aus der Östlichen Grauwackenzone. 1 = stabile ZTR-Minerale (Zirkon-Turmalin-Rutil), 2 = Turmalin, 3 = „Metamorphose"-Minerale (Granat, Epidot, Chloritoid), 4 = Apatit, 5 = Rest der durchsichtigen Minerale, 6 = opake Minerale.

3.4. Karbon der Veitscher Decke

Vom Karbon der Veitscher Decke, für das es Altershinweise von Unter- und Oberkarbon gibt, (vgl. AMERON & BOERSMA, 1975; SIEGL & FELSER, 1973), wurden nach den Beschreibungen von METZ (1938, 1940, 1953) zwischen St. Michael und Trieben Proben aufgesammelt. Als erschwerend erwies sich bei den Untersuchungen die niedriggradige Metamorphose der Gesteine. Für zwei Bereiche, Sunk bei Trieben und Höllgraben bzw. Kurze Teichen, gelang es, eine größere Probenzahl mit weitgehender Erhaltung des ursprünglichen sedimentären Schwermineralspektrums zu analysieren.

Die dominierenden Minerale sind Apatit, Zirkon und Turmalin. Daneben kommen in kleineren Prozentzahlen Rutil, Granat, Brookit-Leukoxen und Titanit vor, in drei Proben auch einige Chromitkörner. Bei Turmalin wurden als Besonderheit einige Körner Dravit neben der Haupt-

masse aus Schörl festgestellt. In beiden Bereichen zeigt sich ein Trend, nach dem Apatit im Liegenden vorherrscht und gegen das Hangende auf Kosten von Turmalin zurücktritt. Als liegend werden hier Proben in der Nähe von Triebensteinkalkvorkommen bzw. aus der Position in Profilen nach METZ (1940, 1953) bezeichnet. Auf diese Weise konnte eine Liegend- und eine Hangendgruppe voneinander unterschieden werden, wobei im Liegenden Apatit (bis 56 % der durchsichtigen Schwerminerale) und im Hangenden Turmalin (bis 54 %) das Leitmineral stellt. Ein weiterer Unterschied liegt in einem erhöhten Gehalt an Granat (bis 8 %) in der Hangendgruppe. Wie weit mit dieser Untergliederung eine Trennung von Unter- und Oberkarbon möglich ist, kann vorerst nur zur Diskussion gestellt werden.

Zur Bestimmung des Metamorphoseeinflusses wurden Proben mit metamorphen oder Mischspektren untersucht. Die metamorphen Spektren bestehen fast ausschließlich aus neu gebildetem Klinozoisit-Epidot und Chloritoid. Neubildungen von Biotit und Granat wurden nicht beobachtet, d.h. die oberen Bereiche der niedergradigen Metamorphose wurde nicht erreicht (vgl. WINKLER, 1974). Als sedimentäre Relikte sind vereinzelt Zirkon- und Turmalinkörner vorhanden, so daß kaum Rückschlüsse über sukzessive Veränderungen bei der Metamorphose zu erhalten sind, da die Neubildungen das sedimentäre Spektrum fast vollständig verdrängen. Aussagekräftiger scheinen die Mischspektren zu sein, deren Mittelwerte in Tab. 2 angeführt sind. Der metamorphe Anteil an Neubildungen der beiden oben genannten Mineralgruppen macht zwischen 54 und 70 % aus, von den „sedimentären" Schwermineralien bleibt ein Restspektrum übrig. Dieses besteht zu über 80 % aus Zirkon, dessen Anteile an idiomorphen und gefärbten Körnern unverändert bleiben. Turmalin nimmt auf etwa 12 % ab, wobei verstärkte Neubildungen zu beobachten sind (bis zu 20 %). Apatit fehlt fast vollständig, nur in einer Probe wurden noch 6 % beobachtet. Das Verschwinden von Apatit bei zunehmender Metamorphose wird als Zeichen für detritäre Natur dieses Minerals in den nicht metamorph beeinflußten Spektren gedeutet (vgl. dagegen THUM & NABHOLZ, 1972 bzw. VOLL, 1969).

3.5. Salberg Brekzie

Die Altersstellung der in der Literatur unter dem Namen Salberg Brekzie bekannten Klastika im Raum Rottenmann-Liezen war lange umstritten, in neueren Arbeiten überwiegen Deutungen als Jungpaläozoikum (vgl. CLAR, 1972). Conodontenstratigraphische Untersuchungen brachten keine Ergebnisse (BUCHROITHNER, 1978). Die untersuchten Sandstein- bzw. Feinkonglomeratproben stammen von der Umgebung von Grobklastika im Südgehänge des Salbergs (siehe HIESSLEITNER, 1958:65).

Im Schwermineralspektrum herrscht Apatit mit durchschnittlich über 50 % aller durchsichtigen Schwerminerale vor. Es besteht allerdings der Verdacht, daß ein Teil davon auf Grund der Ausbildung (dünnplattig bzw. idiomorphe kleine Körner), nach vorsichtigen Schätzungen max. ein Drittel, als Neubildungen anzusehen ist. Den Rest bilden ZTR-Minerale, Brookit-Leukoxen sowie etwas Epidot (detritär), Titanit, grüne Hornblende und Orthit. Gegen das Hangende gehen Apatit und Turmalin etwas zurück.

3.6. Präbichl Schichten Basis

Die Präbichl Schichten haben nach vorwiegend lithostratigraphischen Untersuchungen ein permisches Alter (vgl. TOLLMANN, 1976 cum lit.). Zu Vergleichszwecken wurden einige Proben aus den liegenden Anteilen am Polster und im oberen Tullgraben entnommen.

Die häufigsten Schwerminerale sind Zirkon (39 %) und Apatit (30 %). Darnach folgen Rutil (17 %) und Turmalin (12 %), untergeordnet tritt Titanit auf. Zum Hangenden vollzieht sich eine rasche Abnahme des Apatitgehaltes, auch Turmalin tritt weitgehend zurück, dafür nehmen Zirkon und Rutil zu.

4. Statistische Auswertung

4.1. Allgemeines

Nach der Berechnung von Mittelwerten mit zugehöriger Standardabweichung der verschiedenen Schwerminerale zur Typisierung der einzelnen Formationen erschien es wünschenswert, möglichst differenzierte Unterscheidungskriterien für die einzelnen, nach ihrer lithostratigraphischen Position abgegrenzte Probengruppen zu finden. Bei derartigem Fragestellungen bietet die Diskriminanzannalyse gute Einsatzmöglichkeiten, da sie eine optimale Trennung von zwei oder mehreren Probengruppen vollzieht (zur Methodik vgl. DEMINA, 1970; DAVIS, 1973; JENNRICH, 1977).

Die Berechnungen wurden mit einem Programm der BMDP Biomedical Computer Programs 1979 durchgeführt. Dieses Programm verwendet die Methode der schrittweisen Diskriminanzanalyse (s. JENNRICH, 1977). Dabei gehen die Variablen in der Reihenfolge abnehmender Diskriminationsfähigkeit über Kovarianzberechnungen mit Testhilfen schrittweise in die Analyse ein. Die so errechneten Klassifikationsfunktionen dienen der Zuordnung der Proben in verschiedene Gruppen. Damit werden eine F-Matrix der Gruppen und F-Werte der Variablen zur Signifikanzprüfung der Diskriminationen sowie eine Klassifikationsmatrix mit den Prozentwerten der korrekt klassifizierten Proben erstellt. Größere F-Werte geben größere Unterschiede zwischen Gruppen bzw. eine größere Diskriminationsfähigkeit der Variablen an. Anschließend werden Eigenvektoren und Eigenwerte der Kovarianzmatrix über die Probengruppen-Mittelwerte errechnet und daraus die kanonische Diskriminanzfunktion mit den Koeffizienten für die einzelnen Variablen. Die erste kanonische Variable ist jene lineare Kombination der Variablen, welche am besten zwischen den Gruppen diskriminiert, die zweite kanonische Variable berschreibt die nächstbeste lineare Variablenkombination, orthogonal zur ersten, usw..

In die Analysen gingen als Variablen Apatit, idiomorpher Zirkon, ZTR-Minerale, Turmalin, Granat und Epidot ein. Idiomorpher Zirkon, sowie Turmalin wurden zusätzlich zur Gesamtheit der ZTR-Minerale einbezogen, da idiomorpher Zirkon auf ein anderes Liefergebiet hinweisen kann, Turmalin sehr verschiedene Prozentsätze in den einzelnen Proben aufweist und durch diese Erweiterung des geschlossenen Prozentsystems negative Scheinkorrelationen sich zumindest verringern lassen. Alle ausgewerteten Proben der Gerichtsgrabengruppe, der Eisenerzer Schichten und Präbichl Schichten wurden berücksichtigt, aus dem umfangreicheren Datenmaterial der Polster Quarzite und Salberg Brekzie wurden 15 Zufallsproben gewählt, um ähnliche Probenzahlen für die einzelnen Gruppen zu erhalten. Aus diesem Grunde beschränkten sich auch die Proben zur Diskrimination in der Veitscher Decke auf die Bereiche Sunk/Trieben und Höllgraben/Kurze Teichen.

4.2. Ergebnisse

Die wesentlichen Ergebnisse sämtlicher Einzelanalysen zeigt die Zusammenstellung in Tabelle 3.

Die hauptsächlichen Unterscheidungskriterien lieferten 4 Analysen:

1. Gesamtanalyse zur Unterscheidung von Ordovizium und Jungpaläozoikum
2. Ordovizium zur Unterscheidung der Gruppen Gerichtsgrabengruppe Liegend, Gerichtsgrabengruppe Hangend, Polster Quarzit.
3. Jungpaläozoikum zur Unterscheidung der Gruppen Eisenerzer Schichten, Karbon der Veitscher Decke Liegend, Karbon der Veitscher Decken Hangend, Salberg Brekzie, Präbichl Schichten/Basis.
4. Karbon der Veitscher Decke zur Unterscheidung von Liegend- und Hangendanteil und Metamorphoseeinflüssen.

Für jede Analyse folgt eine Zusammenstellung der diskriminanten Variablen, über welche die Unterscheidungen zwischen den Probengruppen getroffen wurden. In Klammern stehen jene Variablen, die wegen ihrer hohen Diskriminationsfähigkeit zuerst in die Analyse eingingen, später jedoch durch die Hinzunahme weiterer Variablen eliminiert wurden, bedingt durch negative Scheinkovarianzen. Als Maß der Trennung von Gruppen kann die F-Matrix zur Diskrimination der einzelnen Gruppen gelten, wobei größere F-Werte auf größere Unterschiede hinweisen, als Gütemaß der Klassifikation bei der Probenzuordnung in verschiedene Gruppen die Prozentwerte der korrekt klassifizierten Proben. Gleicherweise sind die F-Werte der diskriminanten Variablen ein Maß der Diskriminationsfähigkeit. Schließlich dokumentieren die kanonischen Diskriminanzfunktionen das Rechenmaß für die Probenzuordnung.

Die Analysen erbrachten folgende Ergebnisse:

Gesamtanalyse

Das wichtigste Unterscheidungsmaterial zwischen Ordovizium und und Jungpaläozoikum ist Apatit mit niedrigen Gehalten im Alt- und hohen im Jungpaläozoikum, daneben sind auch die ZTR-Minerale und Epidot von Bedeutung, Granat fällt wegen negativer Scheinkovarianz mit Epidot heraus. Die Trennung der Gruppen ist mit einem F-Wert von 63.57 hochsignifikant. Alle ordovizischen Proben sind richtig klassifiziert. Im Jungpaläozoikum liegt der Fehler mit 10 % recht niedrig, die Ausreißer stammen aus den Eisenerzer Schichten und dem Hangendteil des Karbon der Veitscher Decke, wo Apatit gegenüber ZTR-Minerale etwas zurücktritt. Bei der noch altersfraglichen Salberg Brekzie ergibt sich eine eindeutige Zuordnung in das Jungpaläozoikum.

Ordovizium

Im Ordovizium können Unterscheidungen am besten mit Turmalin und Granat getroffen werden. Bei der F-Matrix zur Diskrimination der Gruppen ist die Trennung von Gerichtsgrabengruppe Liegend und Gerichtsgrabengruppe Hangend besser als die Trennung von Gerichtsgrabengruppe Hangend und Polster Quarzit. Die Erklärung dafür liegt in den Metamorphosemineralen des Schwermineralspektrums bei den beiden jüngeren Einheiten, in dem aber Epidot wegen negativer Scheinkorrelation mit Granat aus der Analyse ausgeschieden wurde. Die Probenklassifikation fällt für den Hangendteil der Gerichtsgrabengruppe mit etwa zwei Drittel richtig klassifizierter Proben im Gegensatz zu den beiden anderen Gruppen relativ schlecht aus, was aus der allmählichen Granatzunahme abgeleitet werden kann, wodurch eine Abtrennung von der Liegendgruppe nicht immer gelingt.

Jungpaläozoikum

Bei den jungpaläozoischen Formationen erfolgt die Unterscheidung durch ZTR-Minerale und Turmalin. Alle Gruppentrennungen sind bis auf das Paar Eisenerzer-Schichten – Präbichl-Schichten Basis signifikant. Insgesamt wurden über 80 % der Proben richtig klassifiziert. Zieht man in Betracht, daß der hohe Apatitgehalt der Salberg Brekzie teilweise in situ entstanden sein könnte, der ursprüngliche Gehalt also niedriger war, so ist eine Unterscheidung von der Basis der Präbichl Schichten und von den Eisenerzer Schichten nicht mehr möglich, wobei eine größere Ähnlichkeit mit den Präbichl Schichten besteht.

Karbon der Veitscher Decke

Die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale der liegenden, hangenden und metamorphen Probengruppe bilden wiederum ZTR-Minerale und Turmalin, allerdings wurde Apatit wegen der hohen negativen Scheinkorrelation zu den ZTR-Mineralen eliminiert. Daneben kommt noch der unterschiedliche Granatgehalt in Liegend- und Hangendanteilen zur Geltung. Die Abtrennung der Gruppen ist signifikant, die Probenklassifikation mit über 80 % richtigen Zuordnungen zufriedenstellend. Auch die „metamorphen" Proben können

Tab. 3: Ergebnisse der Diskriminanzanalysen, nähere Erläuterungen im Text. Abkürzungen der Variablen: ap = Apatit, ztr = Zirkon-Turmalin-Rutil, tur = Turmalin, gr = Granat, epi = Epidot. F-Matrix: df = Freiheitsgrade; ORDOV = Ordovizium, JUNGPAL = Jungpaläozoikum, POQU = Polster Quarzit, GEGRHA = Gerichtsgrabengruppe Hangend, GEGRLI = Gerichtsgrabengruppe Liegend, EIS = Eisenerzer Schichten, KVDL = Karbon der Veitscher Decke Liegend, KVDH = Karbon der Veitscher Decke Hangend, SABR = Salberg Brekzie, PRÄS = Präbichl Schichten Basis, MET = metamorph, LIEG = Liegend, HANG = Hangend. Diskriminanzfunktionen: $f_{(1)}$ = 1. kanonische Diskriminanzfunktion, $f_{(2)}$ = 2. kanonische Diskriminanzfunktion.

	Gesamt		Altpaläozoikum			Jungpaläozoikum					Karbon Veitscher D.	
Probengruppen	Ordovizium, Jungpaläozoikum (2 Gruppen)		Gerichtsgrabengruppe Liegend, Gerichtsgrabengruppe Hangend, Polsterquarzit (3 Gruppen)			Eisenerzer Sch., Karb. Veitscher D. Liegend, Karb. Veitscher D. Hangend, Salberg Brekzie, Präbichl Schichten Basis (5 Gruppen)					Liegend, Hangend Metamorph (3 Gruppen)	
diskriminante Var.	ap, ztr, epi, (gr)		tur, gr, (epi)			ztr, tur					ztr, tur, gr, (ap)	
F-Matrix zur Diskrimination der Gruppen	df = 2,100	ORDOV	df = 2,30	POQU	GEGRHA	df = 2,50	EIS	KVDL	KVDH	SABR	df = 3,25	MET	LIEG
	JUNGPAL	63,57	GEGRHA	9,60		KVDL	14,01						
			GEGRLI	33,36	18,79	KVDH	17,81	16,06			LIEG	17,55	
						SABR	29,85	9,01	49,96		HANG	11,43	11,41
						PRÄS	0,02	13,58	16,64	29,93			
Prozentzahlen der korrekt klassifizierten Proben	Gruppe	% korr.	Gruppe		% korr.	Gruppe			% korr.		Gruppe	% korr.	
	Altpaläoz.	100	Gerichtsgr. Lieg.		93,3	Eisenerzer Sch.			75,0		Liegend	84,6	
	Jungpal.	89,3	Gerichtsgr. Hang.		66,7	Karbon Veitscher D. Lieg.			76,9		Hangend	91,7	
	total	93,3	Polster Quarzit		93,3	Karbon Veitscher D. Hang.			83,3		Metam.	80,0	
			total		85,3	Salberg Brekzie			93,3		total	86,7	
						Präbichl Sch. Basis			87,5				
						total			83,9				
F-Werte der diskriminanten Variablen	ap 90,87		tur 14,18			ztr 29,29					ztr 23,60		
	ztr 18,35	df = 2,100	gr 9,51		df = 2,30	tur 12,75			df = 2,50		tur 14,96	df = 3,25	
	epi 6,95										gr 12,74		
kanonische Diskriminanzfunktionen	$f_{(1)} = 1{,}921 - 0{,}067\,ap - 0{,}029\,ztr + 0{,}138\,epi$		$f_{(1)} = 2{,}310 - 0{,}143\,tur - 0{,}007\,gr$ $f_{(2)} = 0{,}628 + 0{,}010\,tur + 0{,}159\,gr$			$f_{(1)} = 4{,}320 - 0{,}084\,ztr + 0{,}009\,tur$ $f_{(2)} = 0{,}727 - 0{,}043\,ztr + 0{,}093\,tur$					$f_{(1)} = -5{,}547 + 0{,}089\,ztr - 0{,}029\,tur + 0{,}044\,gr$ $f_{(2)} = 2{,}055 - 0{,}004\,ztr - 0{,}038\,tur - 0{,}389\,gr$		

durch ihr Restspektrum abgetrennt werden und bilden eine eigene Gruppe.

Die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale nach den Ergebnissen der Diskriminanzanalysen sind in Abb. 3 zusammengefaßt. Insgesamt betrachtet bietet vor allem Apatit eine ausgezeichnete Unterscheidungsmöglichkeit zwischen Ordovizium und Jungpaläozoikum. Im Ordovizium erfolgt die weitere Untergliederung durch Turmalin, Granat und Epidot, im Jungpaläozoikum durch ZTR-Minerale und Turmalin.

4.3. Interpretation

Aus den Diskriminanzanalysen ergeben sich verschiedene Schwermineralassoziationen, die auf Schüttungen aus verschiedenen Liefergebieten beruhen. Um diese Änderungen zu erfassen, wurden aus der kanonischen Diskriminanzfunktion der Gesamtanalyse die Positionen der multivariablen Gruppenmittelwerte ermittelt. Auf diese Weise lassen sich die Veränderungen in bezug auf Apatit, ZTR-Minerale und Metamorphose-Minerale (Epidot, da Granat wegen der negativen Scheinkovarianz dazu eliminiert wurde) als die wesentlichen Diskriminatoren feststellen. Dies ist vor allem für Apatit und Metamorphose-Minerale von Bedeutung, da auch Wechsel in Relation zu einem lithologisch definierbaren reinen Ausgangspektrum dieser Minerale bestimmt werden können. Nach der kanonischen Diskriminanzfunktion bilden Apatit und Granat zwei Gegenpole,während die ZTR-Minerale eine mittlere Position einnehmen, was eine genetische Interpretation nach dem Ausgangsgestein erleichtert: 100 % Apatit ergeben einen Zahlenwert von – 4,779; 100 % Metamorphose-Minerale 15,721 und 100 % ZTR-Minerale – 0,979.

Die Darstellung in Abb. 4 zeigt, daß die Änderungen durch Schüttungen aus einem metamorphen Hinterland im Ordovizium weniger stark ausgeprägt sind als durch die Schüttungen von Apatit aus der Abtragung von vermutlich sauer plutonischen Gesteinen im Karbon. Ein Verlust von Epidot und Granat wegen der geringeren Stabilität gegenüber den ZTR-Mineralen ist dabei nicht auszuschließen. Wenn Apatit nicht durch die Instabilität anderer Minerale angereichert ist, was aber nach den Schwermineraldaten unwahrscheinlich erscheint, könnte daraus auf eine proximale Position der Karbon Klastika, besonders in Liegendteil der Veitscher Decke, zu dem Plutonitareal geschlossen werden.

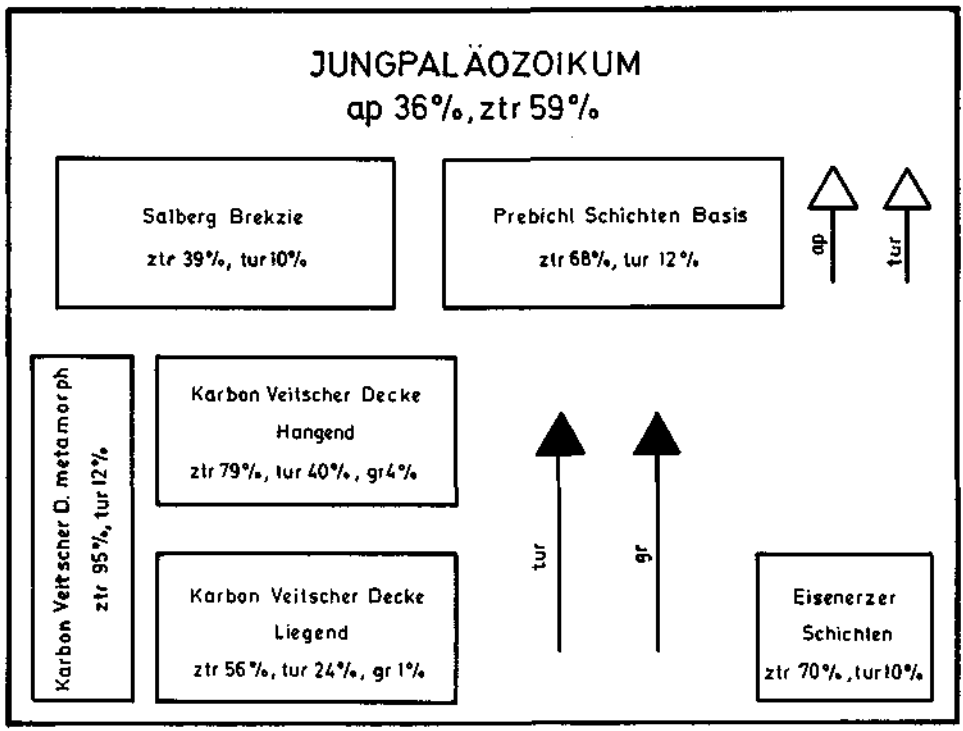
5. Schlußfolgerungen

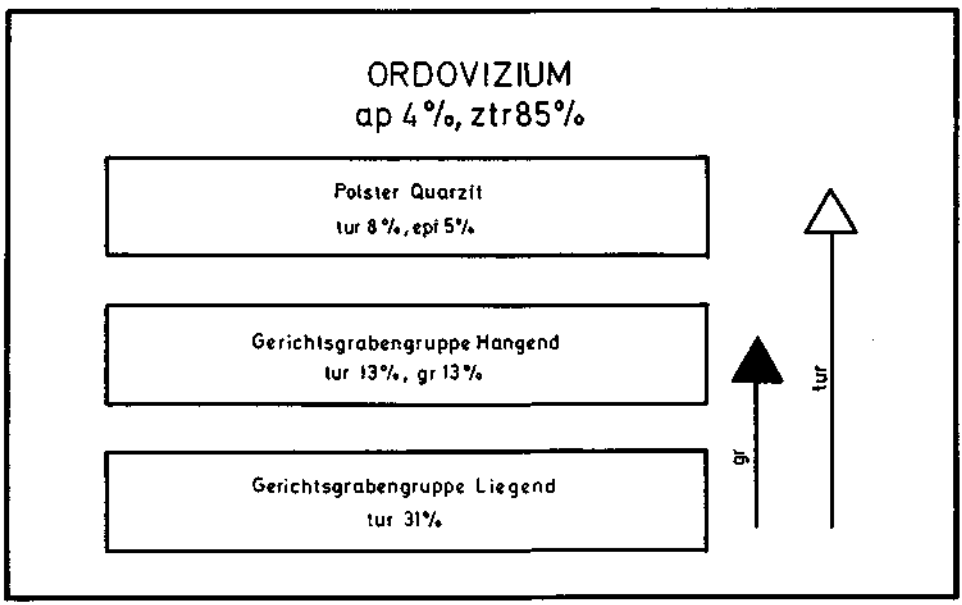
Die Schwermineralspektren der verschiedenen klastischen Formationen in der östlichen Grauwackenzone dokumentieren Veränderungen im Hinterland des Ablagerungsraumes.

Im Ordovizium wurde in den liegenden Anteilen der Gerichtsgrabengruppe vorwiegend reifer Detritus mit einem hohen Turmalingehalt sedimentiert. Danach kam es zu einer Umgestaltung des Hinterlandes mit verstärkter Freilegung metamorpher Liefergebiete, die zuerst Granat (hangende Anteile der Gerichtsgrabengruppe) und später Epidot (Polster Quarzit) in die Grauwackenzone schütteten. Dies könnte im Zuge eines kaledonischen Ereignisses geschehen sein. In diesem Zusammenhang sei auf die Orthogneis-Komponenten im Kalkwanger Gneiskonglomerat (DAURER & SCHÖNLAUB, 1978) hingewiesen.

Im Karbon zeigt der hohe Apatitgehalt eine neuerliche Veränderung im Hinterland an. Die starke Apatitführung findet sich ungeachtet der jetzigen tektonischen Position sowohl in der Norischen als auch in der Veitscher Decke und dürfte für beide tektonische Komplexe vermutlich aus einem sauer plutonischen Liefergebiet stammen.

In der Veitscher Decke tritt in den hangenden Anteilen des Karbon Apatit gegenüber Turmalin zurück, was durch eine kontinuierliche Turmalinzunahme geschieht. Dieser Trend könnte zeitlich den Grenzbereich Unter/Oberkarbon umfassen, im Oberkarbon überwiegt dann ein turmalinreiches Spektrum, für das kein konkretes Liefergebiet angegeben werden kann, einige Prozente Granat sprechen für eine Beteiligung von metamorphen Gesteinen.


JUNGPALÄOZOIKUM
ap 36%, ztr 59%
Salberg Brekzie
ztr 39%, tur 10%
Prebichl Schichten Basis
ztr 68%, tur 12%
ap
tur
Karbon Veitscher D. metamorph
ztr 95%, tur 12%
Karbon Veitscher Decke
Hangend
ztr 79%, tur 40%, gr 4%
Karbon Veitscher Decke
Liegend
ztr 56%, tur 24%, gr 1%
tur
gr
Eisenerzer
Schichten
ztr 70%, tur 10%


ORDOVIZIUM
ap 4%, ztr 85%
Polster Quarzit
tur 8%, epi 5%
Gerichtsgrabengruppe Hangend
tur 13%, gr 13%
Gerichtsgrabengruppe Liegend
tur 31%
gr
tur

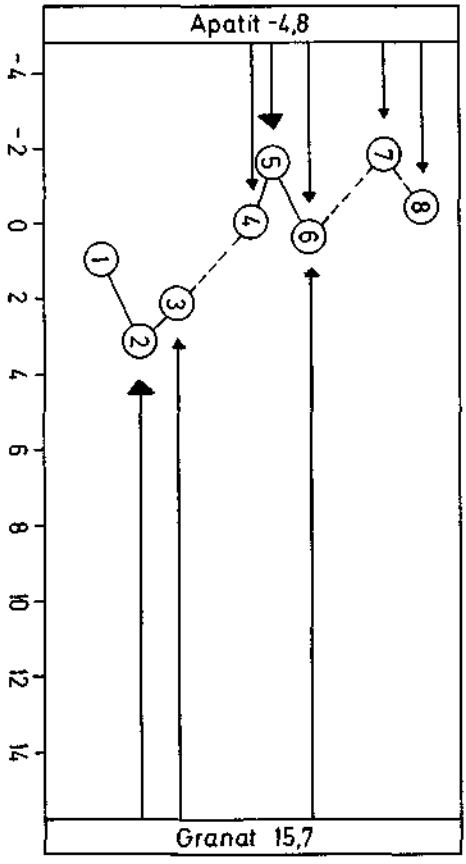


Abb. 4: Änderungen der Schwermineralassoziationen in den verschiedenen klastischen Formationen an Apatit und Granat-Epidot als Leitminerale für sauer plutonische bzw. metamorphe Liefergebiete aus der Diskriminanzanalyse. 1 = Gerichtsgrabengruppe Liegend, 2 = Gerichtsgrabengruppe Hangend, 3 = Polster Quarzit, 4 = Eisenerzer Schichten, 5 = Karbon der Veitscher Decke Liegend, 6 = Karbon der Veitscher Decke Hangend, 7 = Salberg Brekzie, 8 = Präbichl Schichten Basis.

*An der Basis der Präbichl Schichten und in der Salberg Brekzie sind wieder höhere Apatit*werte vorhanden, die aber gegen das Hangende, vor allem in den Präbichl Schichten, rasch abnehmen.

Vergleiche mit den Karnischen Alpen (BUGGISCH, 1978; FENNINGER & STATTEGGER, 1977; SCHNABEL, 1976; TIETZ, 1975) lassen vor der variszischen Orogenese einige Gemeinsamkeiten erkennen. So ist im Grenzbereich Ordovizium/Silur in den Karnischen Alpen ein wenn auch schwacher Einfluß von Metamorphiten nachzuweisen. Im Hochwipfelflysch dominiert in

---

Abb. 3: Lithostratigraphisches Modell der untersuchten klastischen Formationen in der Östlichen Grauwackenzone nach den Ergebnissen der Diskriminanzanalysen. Bei den einzelnen Probengruppen sind die Mittelwerte der für die signifikante Unterscheidung wichtigsten Schwerminerale angegeben. ↑ = zunehmender Trend, ↑ = abnehmender Trend. Abkürzungen: Ap = Apatit, ztr = Zirkon-Turmalin-Rutil, tur = Turmalin, gr = Granat, epi = Epidot.

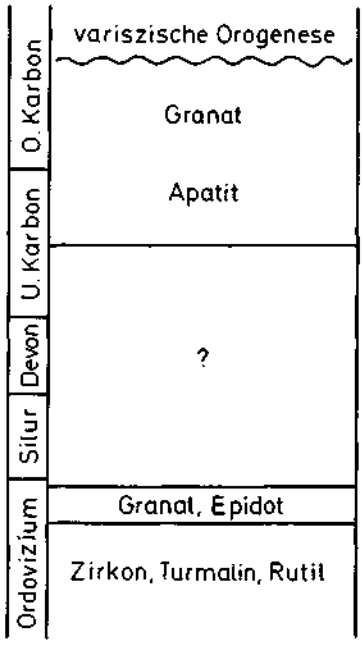


Abb. 5: Gemeinsamkeiten von etwa zeitgleichen Schwermineralspektren aus der östlichen Grauwakkenzone und den Karnischen Alpen.

den liegenden Partien Apatit, der im Hangenden teilweise von Granat und Epidot verdrängt wird. Auch in der Pölland-Gruppe des Karbon von Nötsch kommt nach KODSI & FLÜGEL (1970) Granat häufig vor. Nach der variszischen Orogenese hingegen überwiegt ein reifes Spektrum, zu dem noch Metamorphose-Minerale treten.

Die markanten Einschnitte im oberen Ordovizium (Granat, Epidot), vor Beginn der klastischen Sedimentation im Karbon (Apatit) und im Oberkarbon (Granat) scheinen also eine größere regionale Verbreitung zu besitzen (vgl. Abb. 5). Zumindest dürfte zeitweise für östliche Grauwackenzone und Karnische Alpen ein gemeinsames Hinterland vorhanden sein, was für die primäre Anordnung der Ablagerungsräume von Bedeutung ist (vgl. FLÜGEL, 1980 cum lit.; SCHÖNLAUB, 1979). Die postvariszisch verschiedene Entwicklung beider Räume läßt sich ebenfalls anhand der Schwermineralführung belegen.

Das vorgelegte Modell stellt den Versuch einer lithostratigraphischen Gliederung dar, seine Bestätigung muß es erst durch regional breit gestreute Bearbeitung erfahren, wodurch auch die stratigraphische Lücke im Silur und Devon geschlossen werden könnte.

Literatur

AMEROM, H.W.J. van & BOERSMA, M.: Vorläufige Untersuchungsergebnisse an älteren und neu aufgesammelten, jungpaläozoischen Pflanzenfunden der Ostalpen (Österreich). – Carinthia II, **164/84**, 9–15, Klagenfurt 1975.

BMDP Biomedical Computer Programs, P-series 1979. – 880 S., Los Angeles, University of California Press, 1979.

BUCHROITHNER, M.F.: Biostratigraphische Untersuchungen im Paläozoikum der Steiermark. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, **108**, 77–94, Graz 1978.

BUGGISCH, W.: Die Grödener Schichten (Perm, Südalpen). Sedimentologische und geochemische Untersuchungen zur Unterscheidung mariner und kontinentaler Sedimente. – Geol. Rdsch., **67**, 149–180, Stuttgart 1978.

CLAR, E.: Anmerkung über weitere Vorkommen von Präbichl Schichten. – Verh. Geol. B.-A., **1972**, 123–125, Wien 1972.

DAURER, A. & SCHÖNLAUB, H.P.: Anmerkungen zur Basis der Nördlichen Grauwackenzone. – Mitt. österr. geol. Ges., **69**, 77–88, Wien 1973.

DAVIS, J.C.: Statistics and data analysis in geology. – 550 S., New York (Wiley) 1973.

DEMINA, M.E.: Transport directions for clastic material of Aptian-Cenomanian deposits in Western Turkmenia. – Journ. Math. Geol., **2**, 4, 349–363, New York 1970.

FENNINGER, A. & STATTEGGER, K.: Schwermineraluntersuchungen in den oberkarbonen Auernig-Schichten des Garnitzenprofiles (Naßfeld, Karnische Alpen). – Verh. Geol. B.-A., **1977**, 367–374, Wien 1977.

FLAJS & SCHÖNLAUB, H.P.: Die biostratigraphische Gliederung des Altpaläozoikums am Polster bei Eisenerz (Nördliche Grauwackenzone, Österreich). – Verh. Geol. B.-A., **1976**, 257–310, Wien 1976.

HIESSLEITNER, G.: Zur Geologie der Erz führenden Grauwackenzone zwischen Admont-Selztal-Liezen. – Jb. Geol. B.-A., **101**, 35–78, Wien 1958.

JENNRICH, R.I.: Stepwise discriminent analysis. – In: ENSLEIN, K. etal. Hrsg.: Statistical methods for digital computers, New York (Wiley) 1977.

KODSI, M.G. & FLÜGEL, H.W.: Lithofazies und Gliederung des Karbons von Nötsch. – Carinthia II, **160/80**, 7–17, Klagenfurt 1970.

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. Reichsst. 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.

SCHNABEL, W.: Schwermineraluntersuchungen im Variszikum der Karnischen Alpen (Österreich und Italien). – Verh. Geol. B.-A., **1976**, 191–206, Wien 1976.

SCHÖNLAUB, H.P.: Die Grauwackenzone in den Eisenerzer Alpen und im Palten-Liesingtal. – In: Exk. Führer Nördl. Grauwackenzone (Eisenerzer Alpen), 13–24, Wien (Geol. B.-A.) 1977.

SCHÖNLAUB, H.P.: Das Paläozoikum in Österreich. – Abh. Geol. B.-A., **33**, 124, S., Wien 1979.

SCHÖNLAUB, H.P. et al.: Conodontenstratigraphie am Steirischen Erzberg (Nördliche Grauwackenzone). – Jahrb. Geol. B.-A., **123**, 169–229, Wien 1980.

SIEGL, W. & FELSER, K.O.: Der Kokardendolomit und seine Stellung im Magnesit von Hohentauern (Sunk bei Trieben). – Berg- u. Hüttenm. Mh., **118**, 251–256, Wien 1973.

STATTEGGER, K.: Sedimentgeologische Untersuchungen in den Polster Quarziten (Östliche Grauwakkenzone, Österreich). – Verh. Geol. B.-A., **1980**, 333–363, Wien 1980.

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

TIETZ, G.F.: Die Schwermineralgehalte in den Grenzlandbänken (Unterperm der Karnischen Alpen, Standardprofil (Rattendorfer Sattel). – Carinthia II, **164/84**, 115–124, Klagenfurt 1975.

TOLLMANN, A.: Monographie der Nördlichen Kalkalpen, Teil II: Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. – 580 S., Wien (Deuticke) 1976.

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

WINKLER, H.G.F.: Petrogenesis of metamorphic rocks. – 320 S., Berlin-Heidelberg-New York (Springer) 1974.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 10. Juni 1981.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: 1982

Autor(en)/Author(s): Stattegger Karl

Artikel/Article: Schwermineraluntersuchungen in der östlichen Grauwackenzone (Steiermark, Österreich) und deren statistische Auswertung 107-121