

Aus dem Institut für Technische Petrographie und Mineralogie der Technischen Universität Graz

Die Verteilung von Ti, Sr, Y und Zr in spilitischen Gesteinen der Steiermark

Von Hans KOLMER

Mit 5 Abbildungen und 2 Tabellen (im Text)

Eingelangt am 31. Jänner 1978

Zusammenfassung

Von über 70 paläozoischen Spilitproben aus den Passailer Phylliten, den Oberen Schiefen, dem Hochlantsch-Devon, dem Rannach-Devon, dem Murauer Paläozoikum und 6 Geröllen aus der Kainacher Gosau werden die Ti-, Sr-, Y- und Zr-Gehalte bestimmt. Die Konzentrationen sind in Übereinstimmung mit Durchschnittswerten rezenter Basalte. Zwischen den einzelnen Bereichen ergeben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede. Verknüpft man die Ti-, Y- und Zr-Werte in Dreiecks-Diagrammen, fallen über 90% aller Proben in ein Feld, welches für rezente Insel- bzw. Kontinental-Basalte charakteristisch ist.

Einleitung

Die vorliegende Publikation bringt erste Ergebnisse eines zur Zeit gemeinsam mit Univ.-Prof. H. W. FLÜGEL und Univ.-Prof. H. HERITSCH durchgeführten Untersuchungsprogrammes zur besseren Beurteilung des paläozoischen Vulkanismus, die Problematik in bezug auf seine zeitliche Einteilung und seine Stellung im ostalpinen Raum.

Im folgenden wird dem Ausdruck „Spilit“ bzw. „spilitisch“ der Vorzug gegenüber dem in vielen Ländern Europas lange Zeit üblicheren Gesteinsnamen „Diabas“ gegeben, um mögliche Verwechslungen mit dem im englischen Sprachraum gebräuchlichen Begriffsinhalt von Diabas (= basaltisches Gestein, im wesentlichen aus Labradorit und augitischem Pyroxen bestehend, mit ophitischer Textur) zu vermeiden. Unter Spilit werden hier vergrünte basaltische Gesteine mit Albit, Chlorit und Quarz, z. T. mit Amphibol-Mineralen, Epidot und Calcit verstanden. Überlegungen zu den verschiedenen Möglichkeiten der Spilit-Genese etwa im Sinne der Zusammenstellung bei AMSTUTZ 1968 bzw. Unterscheidungen verschiedener Typen (ANGEL 1932) werden bewußt nicht getroffen, sie bleiben einer späteren Veröffentlichung vorbehalten.

Ziel der Untersuchung ist es, sich anhand von mehr als 70 Proben einen Überblick über die Verteilung der Elemente Titan, Strontium, Yttrium und Zirkonium in den metamorphen Abkömmlingen dieser paläozoischen Basalte zu verschaffen.

Nach PEARCE & CANN 1971, 1973 gestatten es die vier oben genannten Elemente auch, Rückschlüsse auf den ursprünglichen Magmentyp, trotz der in der Grünschiefer-Fazies erfolgten metamorphen Umprägung, zu ziehen.

Probenauswahl und Methodik

Die in diesem Rahmen untersuchten Proben wurden z. T. vom Verfasser aufgesammelt, z. T. von Univ.-Prof. H.W. FLÜGEL bzw. Univ.-Doz. W. GRÄF zur Verfügung gestellt. Ein Verzeichnis der Fundpunkte findet sich im Anhang II. Die Proben teilen sich wie folgt auf verschiedene Bereiche auf:

Passailer Phyllite, Obere Schiefer	39
Devon Hochlantsch	10
Devon Rannach	4
Murauer Paläozoikum	11
Gerölle der Kainacher Gosau	6
übrige	3
	<hr/> 73

Die drei „übrigen“ Proben stammen aus dem Sausalgebiet (K 33), aus der Ebriach-Klamm/Eisenkappel (F E) und aus Nötsch/Villach (B 3).

Die Bestimmung der Konzentration der untersuchten Elemente erfolgte mittels RFA; dazu wurde eine größere Menge (500 bis 1000 g) der Probe mit dem Backenbrecher auf < 5 mm gebrochen; unter Verwendung eines automatischen Probenteilers wurden ca. 50–100 g herausgesplittert. Dieses Probengut wurde anschließend mittels Culatti- bzw. Kugelmühle auf Analysenfeinheit gemahlen.

Die Eichung erfolgte unter Verwendung mehrerer internationaler Referenz-Gesteine (Tab. 1). Von einem Teil der Proben liegen Hauptelementanalysen vor, welche vom CRPG/Nancy ausgeführt wurden.

Ergebnisse

a) Die Verteilung der Elemente

Die in Anhang I nach Faziesgebieten geordnet zusammengestellten Einzelergebnisse der Spurenelementbestimmung an spilitischen Gesteinen der Steiermark schwanken innerhalb sehr weiter Grenzen, wobei sich der größte vom kleinsten Wert bis zu einem Faktor > 40 unterscheiden kann.

Diese großen Schwankungen verleihen den Mittelwerten für einzelne Faziesbereiche keine sehr große Signifikanz, da sie vermuten lassen, daß nicht alle in die Betrachtung miteinbezogenen Proben genetisch wirklich zusammengehören. Unter Umständen können aber solche Mittelwerte zu einem späteren Zeitpunkt in einem größeren Rahmen eine gewisse Bedeutung erlangen, weshalb sie in Tab. 2 zusammengestellt worden sind.

Unternimmt man den Versuch, die Mittelwerte für die verschiedenen Fazien mit statistischen Methoden (t-Test, F-Test) zu vergleichen, erhält man weitestgehend Übereinstimmung. Dies erlaubt, die Proben aus allen Bereichen als eine Gesamtheit zu betrachten und in Häufigkeitsdiagrammen zusammengefaßt darzustellen.

	Ti %	Sr ppm	Y ppm	Zr ppm
Mittelwert (n = 73)	1,83	334	22	226
Bereich	0,23–4,00	26–1300	9–43	36–650

Tab. 1: Analysen geochemischer Standardproben

Referenz-Gestein		TiO ₂ %	Sr ppm	Y ppm	Zr ppm
Basalt BR	empfohlener Wert ¹⁾	2,60	1320	30	250
CRPG/Nancy	diese Analyse	2,67±0,05	1400 ± 50	28 ± 3	245 ± 20
Diorit DR-N	empfohlener Wert ²⁾	1,11	400	20	153
CRPG/Nancy	diese Analyse	1,16±0,05	410±14	18±3	160±14
Andesit AGV-1	empfohlener Wert ³⁾	1,04	657	21,3	225
U. S. Geol. Surv.	diese Analyse	1,00±0,05	680±25	24±3	235±15

1) GOVINDARAJU & de la ROCHE (1977);

2) de la ROCHE & GOVINDARAJU (1971);

3) FLANAGAN (1973).

Tab. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen von Ti, Sr, Y und Zr in splitischen Gesteinen der Steiermark; geordnet nach Faziesbereichen.

	n	Ti %	Sr ppm	Y ppm	Zr ppm
Passailer Phyllite Obere Schiefer	39	\bar{x} 1,98 s 0,857	369 313,94	23 6,75	242 115,42
Devon Hochlantsch	10	\bar{x} 2,01 s 0,829	245 244,17	22 6,81	234 110,63
Devon Rannach	4	\bar{x} 1,85 s 0,404	211 87,78	23 6,07	161 35,68
Murauer Paläozoikum	11	\bar{x} 1,49 s 0,423	343 104,14	21 5,97	227 211,13
Kainacher Gosau	6	\bar{x} 1,33 s 0,404	198 151,38	17 4,63	119 60,02

Die Häufigkeitsverteilung von TiO_2 in Basalten zeigt im allgemeinen Fall eine deutlich asymmetrische Form, was bei Eintragung in Wahrscheinlichkeitspapier zu einem geknickten Kurvenverlauf führt (MANSON 1967:246). Trennt man nach Quarz-

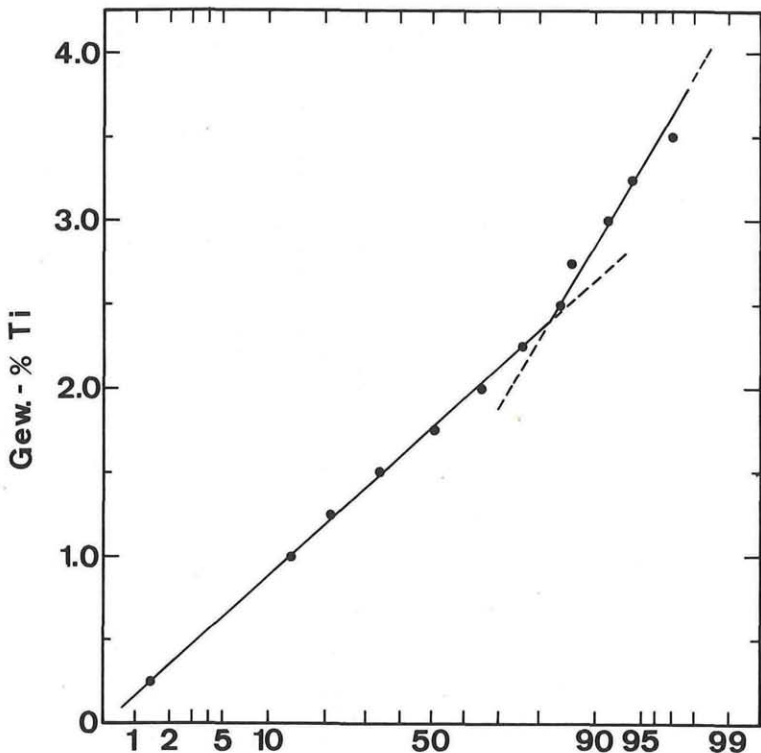


Abb. 1: Verteilung von Ti in splitischen Gesteinen Steiermarks.

normativen, Olivin-Hypersthen-normativen und Nephelin-normativen Basalten, so ergeben erstere eine Gerade, während bei letzteren Typen der geknickte Kurvenverlauf erhalten bleibt. Eine vergleichbare Verteilung scheint sich auch für die hier untersuchten Spilitite anzudeuten (Abb. 1), wenn auch die gegenüber MANSON 1967 wesentlich geringere Probenzahl noch keine endgültige Aussage zuläßt.

Die Verteilung von Sr in basaltischen Gesteinen wurde sehr ausführlich z. B. von TUREKIAN & KULP 1956 untersucht. Als Mittelwert für 244 basaltische Gesteine unter Einschluß basaltischer Andesite und Anorthosite errechnen diese Autoren einen Mittelwert von 467 ppm Sr, wobei sie erhebliche Unterschiede in der regionalen Verteilung feststellten. Das hier gefundene Mittel von 334 ppm ist deutlich kleiner, wofür außer ei-

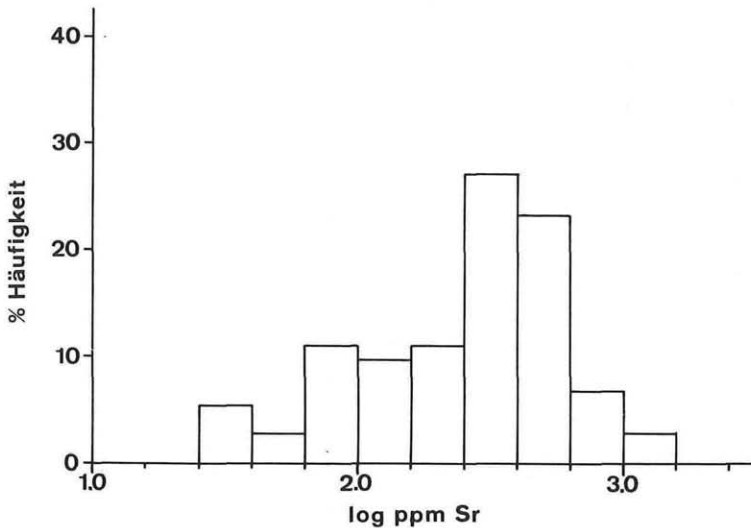


Abb. 2: Histogramm von Sr in spilitischen Gesteinen Steiermarks (log Abszissenmaßstab; Intervall: 0,20 log ppm).

nem primär vorhandenen Unterschied noch eine mögliche Stoffabfuhr im Zuge der Spilitisierung verantwortlich sein kann. Die Darstellung in Abb. 2 ist vergleichbar jener bei TUREKIAN & KULP 1956:266, wenn auch der log-normale Charakter der Verteilung nicht so deutlich zu sehen ist. Ein Zusammenhang zwischen der Sr-Konzentration und dem Calcit-Gehalt ist nicht festzustellen.

Die in der Literatur für Y in basaltischen Gesteinen angegebenen Mittelwerte liegen in relativ engen Grenzen, so z. B. 21 ppm (TUREKIAN & WEDEPOHL 1961), 25 ppm (HASKIN et al. 1966), 28–31 ppm (PRINZ 1967). In 13 nordwestdeutschen Spilitproben fanden HERRMANN & WEDEPOHL 1970 Y-Gehalte zwischen 12–23 ppm. Das hier gefundene Mittel von 22 ppm liegt ohne weiteres in diesem Schwankungsbereich. Die log-normale Verteilung von Y in den untersuchten Proben geht aus Abb. 3 sehr deutlich hervor. Als verhältnismäßig hoch müssen die in den vorliegenden Spilitproben gefundenen Zr-Gehalte angesehen werden. So finden z. B. TUREKIAN & WEDEPOHL 1961 nur 140 ppm und PRINZ 1967 nur 116 ppm Zr als Mittel für basaltische Gesteine. Hingegen stellten CHAO & FLEISCHER 1960 bei ihrer weltweiten Untersuchung der Zr-Gehalte magmatischer Gesteine große regionale Unterschiede einerseits und eine starke Abhängigkeit vom primären Zr-Gehalt in den jeweiligen Ausgangsmagmen andererseits fest und halten eine Angabe von Durchschnittszahlen über größere Bereiche für von fraglichem Wert.

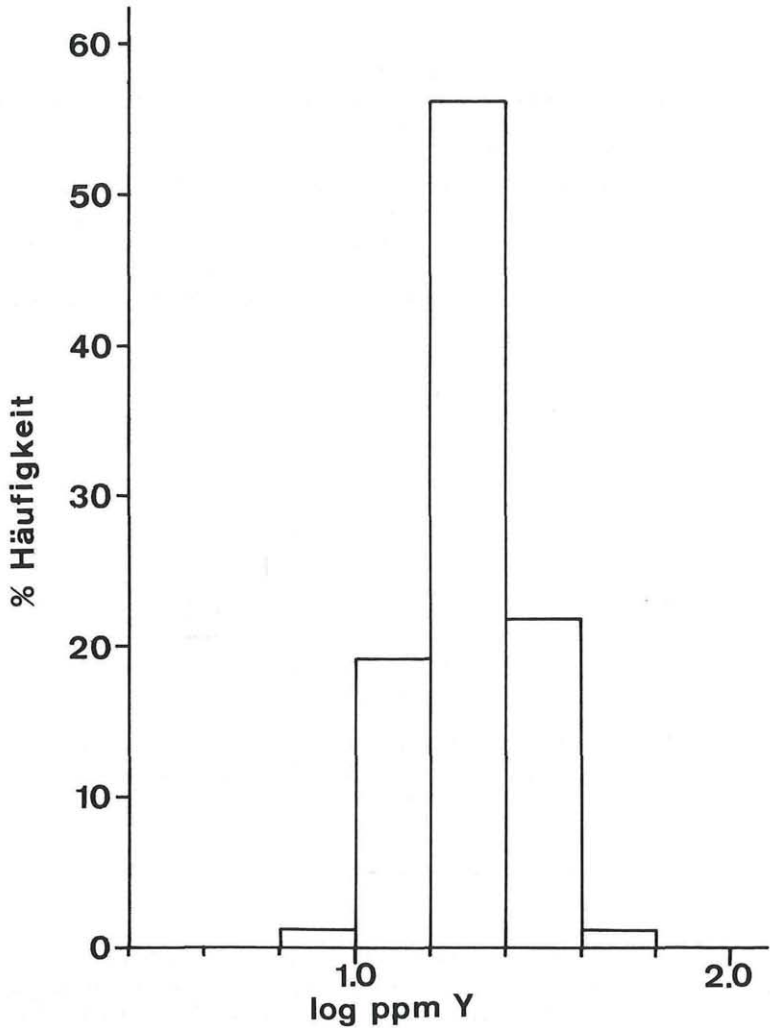


Abb. 3: Histogramm von Y in splitischen Gesteinen Steiermarks (log Abszissenmaßstab; Intervall: 0,20 log ppm).

Mit fortschreitender Magmenentwicklung reichert sich Zr zunehmend an. Um die Variation von Zr darzustellen, wählten CHAO & FLEISCHER 1960 das Verhältnis $\text{CaO}/\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$. Dieses Verhältnis gibt sowohl Aufschluß über die Menge und die Zusammensetzung der Plagioklase in Abhängigkeit vom SiO_2 -Gehalt der Gesteine als auch über das Verhältnis von Plagioklas zu K-Feldspat, einem Hauptkriterium für die Klassifikation der Gesteine. Der Kalk/Alkali-Index führt zum selben Ergebnis wie der modifizierte Larsen-Index $(\frac{1}{3} \text{Si} + \text{K}) - (\text{Ca} + \text{Mg})$.

Abb. 4 bringt den Versuch einer solchen Darstellung für einige Spilit-Proben aus dem Grazer Paläozoikum für die bereits Hauptelementanalysen vorliegen. Es wäre noch zu früh, an dieser Stelle weiterreichende Schlußfolgerungen daraus ziehen zu wollen, bedeutsam erscheint immerhin, daß die auf glatten Kurven liegenden Proben geographisch nicht sehr weit voneinander getrennt liegen und somit auch genetisch als nahe zusammengehörig gedeutet werden könnten.

$\frac{\text{CaO}}{\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}$

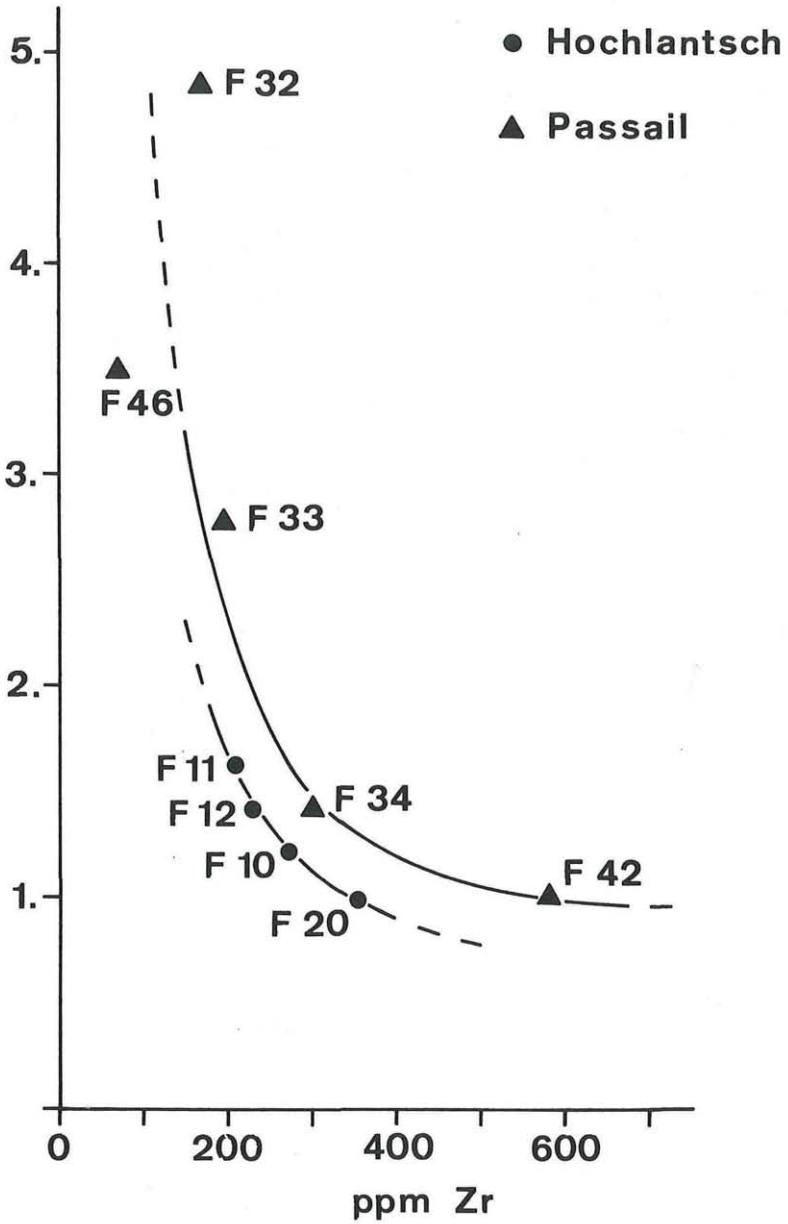


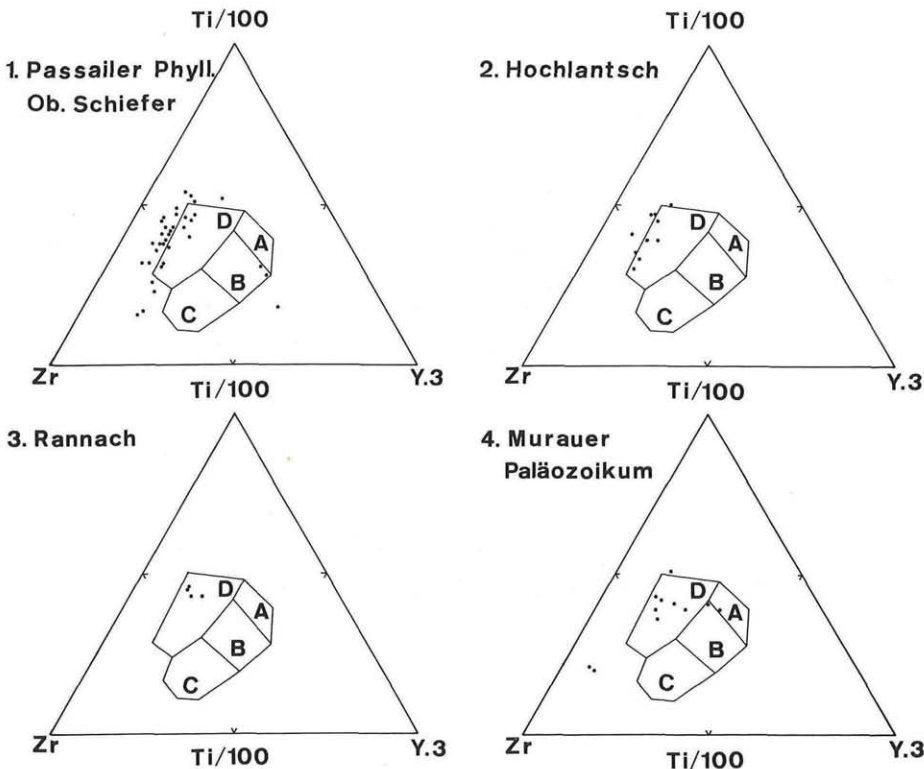
Abb. 4: Variation der Zr-Gehalte in einigen Spilit-Proben in Abhängigkeit vom Ca- und Alkali-Gehalt.

FLOYD & WINCHESTER 1975 schlagen ein Diagramm $Zr-P_2O_5$ bzw. TiO_2-Zr/P_2O_5 zur Unterscheidung von Alkali-Basalten und tholeiitischen Basalten vor. Trägt man die Analysendaten jener Proben, von welchen bisher P_2O_5 -Daten vorliegen, in die entsprechenden Diagramme ein, fallen mit Ausnahme der Probe B 3 (Nötsch) alle in das Feld der Alkali-Basalte. Die Punkteverteilung im Diagramm P_2O_5-Zr ist ident mit jener, die LOESCHKE 1977:199 für Paläo-Vulkanite aus dem Kärntner Raum gefunden hat.

b) Untersuchungen zum Magmentyp

Versuche, anhand von Analysen ausgewählter Haupt- bzw. Spurenelemente bestimmte Magmentypen zu unterscheiden, sind in den letzten Jahrzehnten mehrfach unternommen worden. Eine der Hauptforderungen, welche diese Elemente erfüllen müssen, ist, daß die Variation der Konzentration zwischen Proben verschiedener Magmentypen größer sein muß als zwischen Proben desselben Magmentyps. Eine Zusammenstellung der bisher untersuchten Elementkombinationen bzw. Verknüpfungen von verschiedenen Magmentypen findet sich bei WEDEPOHL 1975. Bei der Anwendung auf Proben, welche durch Metamorphose eine Veränderung erfahren haben, tritt noch die Forderung hinzu, daß die für eine Unterscheidung verschiedener Magmen herangezogenen Elemente durch solche Vorgänge gar nicht oder nur sehr gering beeinflusst werden dürfen. Dies ist für die Elemente Ti, Y und Zr der Fall, z. B. HERRMANN & WEDEPOHL 1970, PEARCE & CANN 1973.

In der bekannten Dreiecks-Projektion $Ti/100 : Zr : Y \cdot 3$ nach PEARCE & CANN 1973 ist es möglich, Basalte der Ozeanböden, low K-Tholeiite, Kalk-Alkali-Basalte und Platten-Basalte voneinander zu unterscheiden. Wendet man diese Projektion auf das



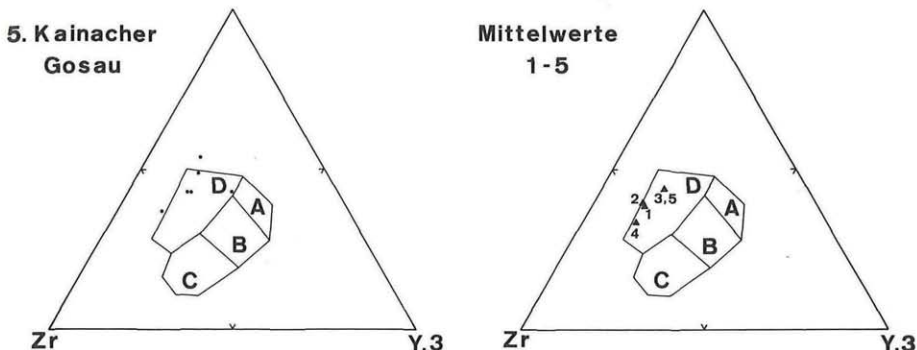


Abb. 5: Projektion der Ti, Zr, Y, Gehalte in spilitischen Gesteinen Steiermarks getrennt nach Fazies-Bereichen. Felderteilung und Felderbenennung nach PEARCE & CANN (1973): A = low potassium tholeiites; B = ocean floor basalts; C = calc-alkali basalts; D = within plate basalts (ocean island or continental basalts).

vorliegende Probenmaterial an, kann gezeigt werden, daß über 90% der Proben in das Feld D bzw. an dessen Peripherie fallen (Abb.5). Der Ausgangscharakter der jetzt als Spilite vorliegenden Gesteine wäre somit als „within plate“-basalts, d.h. Insel- oder Kontinental-Basalte, zu definieren. Die Tatsache, daß nicht alle Projektionspunkte innerhalb der vorgegebenen Felder zu liegen kommen, ist kaum überraschend, denn die Abgrenzung wurde anhand von altersmäßig wesentlich jüngeren Gesteinen, welche noch nicht durch Metamorphose verändert waren, getroffen. Mittelte über alle Proben eines Faziesbereiches, liegen diese Schwerpunkte klar innerhalb des Feldes D.

Schlußfolgerungen

Anhand der vorliegenden Ergebnisse einer Untersuchung über den Spurenelementgehalt steirischer Spilite gelangt man zu den folgenden Aussagen:

- Die Verteilung der Elemente Ti, Sr, Y und Zr in den untersuchten Proben entspricht im weiteren Sinn jener basaltischer Gesteine.
- Ein statistischer Vergleich der Durchschnittswerte von altersmäßig und lithofaziell unterschiedlichen Bereichen führt zu einem Ergebnis, welches die Annahme zuläßt, daß die verglichenen Proben demselben Probenkollektiv entstammen.
- Dies führt mit Einschränkungen im Hinblick auf eine z.T. noch geringe Probenzahl zu der weiteren Annahme, daß in diesem Bereich der Ostalpen im Paläozoikum ein und dieselbe Magmenentwicklung über geologisch längere Zeit – vom Ordoviciem (Obere Schiefer) bis in das Devon (Rannach, Hochlantsch) – wirksam gewesen ist. Die abseits davon liegende Probe B 3 (Nötsch/Ktn.) stammt aus dem Unterkarbon, FLÜGEL 1977.
- Einige regional nahe zusammenliegende Proben innerhalb einzelner Faziesbereiche könnten aufgrund ihrer Variation im $\text{CaO}/\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ -Zr-Diagramm auseinandergerissen ist“, diskutiert.
- Der Versuch, die geotektonische Position dieses ehemaligen Vulkanismus anhand der Diagramme nach PEARCE & CANN 1973, FLOYD & WINCHESTER 1975 zu klären, ergibt einheitlich „Plattenbasalte“, d. s. Insel- bzw. Kontinental-Basalte, wovon die Mehrzahl alkali-basaltisch gewesen sein sollte.

Damit können aber die hier untersuchten Proben nicht als eine Fortsetzung jener paläozoischen Vulkanite in Kärnten gedacht werden, die LOESCHKE 1977 als „Reste eines Inselbogens...“, der durch alpidische Deckenbewegungen auseinandergerissen ist“, diskutiert.

Die Publikation entstand im Rahmen des Hochschulschwerpunktes „Geologischer Tiefbau der Ostalpen“ mit Unterstützung des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt 2778/S). Publikationsnummer 36.

Anhang I

Elementkonzentrationen in steirischen Spilit-Proben

Probe Nr.	Ti (%)	Sr (ppm)	Y (ppm)	Zr (ppm)
Passailer Phyllit, Obere Schiefer				
K 1	,80	260	36	70
K 2	2,80	40	29	350
K 3	,81	330	43	75
K 4	2,01	135	23	350
K 5	3,00	62	29	310
K 6	,23	440	22	36
K 7	2,30	53	37	400
K 8	1,70	74	21	300
K 9	,95	103	31	400
K 10	2,85	780	17	195
K 11	1,89	480	14	125
K 12	1,94	510	19	210
K 16	2,25	560	21	150
K 21	1,70	130	18	250
K 22	1,50	380	17	145
K 23	1,40	215	21	145
K 24	1,20	320	12	140
K 25	1,15	270	28	300
K 26	,85	390	30	340
K 27	1,33	1200	15	105
K 28	2,60	580	20	290
K 29	3,25	110	25	360
K 30	3,80	85	23	380
K 31	2,40	230	20	290
F 2	3,40	300	23	290
F 3	2,35	360	19	210
F 5	2,50	480	15	265
F 6/1	1,70	330	16	230
F 6/2	1,55	125	25	260
F 31/A	,81	80	16	185
F 32	1,95	1000	23	170
F 33	1,50	90	16	195
F 34/A	2,25	730	28	300
F 34/C	2,90	550	23	410
F 35	3,50	1300	22	230
F 36/A	1,85	600	19	160
F 36/B	1,90	550	24	180
F 42/C	3,10	285	30	580
F 46/C	1,36	460	18	70

Probe Nr.	Ti (%)	Sr (ppm)	Y (ppm)	Zr (ppm)
Devon Hochlantsch				
K 14	2,30	30	20	195
K 15	1,48	270	15	105
F 9	2,25	650	18	200
F 10	1,80	330	23	270
F 11	1,70	660	20	210
F 12	2,05	290	29	230
F 18	,82	90	13	150
F 19	1,55	260	16	145
F 20	2,20	26	34	350
F 23	4,00	40	28	480
Devon Rannach				
K 17	1,60	245	21	150
K 18	1,50	260	16	125
K 19	2,40	80	26	210
K 20	1,90	260	30	160
Murauer Paläozoikum				
MP 1	,95	230	23	70
MP 2	,90	500	25	65
MP 3	1,20	270	25	115
MP 4	1,04	250	17	100
MP 5	1,60	240	18	160
MP 6	1,75	400	23	175
MP 7	1,55	330	21	180
MP 8	2,22	490	20	150
MP 9	1,83	430	27	640
MP 10	1,50	240	25	190
MP 11	1,85	400	22	650
Diabas-Gerölle Kainacher Gosau				
KG 1	,82	70	9	58
KG 2	1,12	110	15	105
KG 3	1,90	330	16	115
KG 4	1,60	90	17	225
KG 5	1,52	145	19	140
KG 6	1,05	440	23	70
Proben anderer Herkunft				
K 33	1,65	440	15	180
F E	2,05	200	33	510
B 3	1,45	300	21	185

Anhang II

Probe Nr.	Ö.K. 1:50.000	Fundpunktverzeichnis Spilite, Steiermark
K 1	134	Gaasgraben, bei „e“ von Gaasgrab, „e“n
K 2	134	Fahrweg Gaulhof-Gaas, ca. 4 mm S von „f“ in Gaulho, „f“
K 3	134	Fahrweg Gaulhof-Gaas, ca. 2 mm N von „a“ in Ga, „a“s
K 4	134	Fahrweg Gaas-Auen
K 5	134	Fahrweg Gaas-Auen, Weggabel N von Auen
K 6	134	Fahrweg Wieden-Passail, ca. 3 mm S von „W“ in „W“ieden
K 7	134	Passail, Sattlerei Trieb
K 8	134	Passail, ca. 300 m W der Kirche
K 9	134	Passail, Schießhüttenwald
K 10	134	Eismühle, ca. 60 m S Straßengabel Passail-Fladnitz-Frohnleiten
K 11	134	Wöllinggraben, Bachbett, „n“ in Wöll, „n“g-Bach

Probe Nr.	Ö.K. 1:50.000	
K 12	134	Arzberg, Steinbruch bei Auffahrt z. Ruine Stubegg
K 14	134	Teichalm, 500 m NW Teichwirt
K 15	134	Straße Teichalm-Sommeralm, Kerschbaumeralm
K 16	134	Straße Passail-Arzberg (Raabtal) bei Hechtl
K 17	134	Hochtrötsch, Fahrweg am W-Hang des Hochtrötsch, ca. 3 mm NW Pkt. 1041, Rinnweberkogel
K 18	134	Hochtrötsch, Fahrweg am W-Hang des Hochtrötsch, ca. 100 m N Sendemast
K 19	163	Eggenfeld, ca. 150 m N der Kapelle
K 20	164	Haritz-Bach Graben
K 21	164	Hiening, Straße Friesach-Semriach, ca. 200 m E Kapelle bei Gehöft Reicher
K 22	164	Hiening, Straße Friesach-Semriach, Gehöft Jost
K 23	164	Hiening, Straße Friesach-Semriach, Fahrweg zu Gehöft Heschl, ca. 100 m W Pkt. 762
K 24	164	Schöckel Nord, Gehöft Taucher
K 25	164	Rettenbachklamm
K 26	164	Rettenbachklamm
K 27	164	Rettenbachklamm
K 28	164	Kroisbach, Janischhof-Weg
K 29	164	Kroisbach, Straßenbahntrasse
K 30	163	Kher, Wegweiser ca. 250 m E Pkt. 670
K 31	163	Kher, Wegweiser ca. 250 m E Pkt. 670
K 33	190	Wiesberg, NW Leibnitz, ca. 2 mm N „W“ in „Wiesberg
F 2	134	Passail, Gradwohl-Kogel, Südseite
F 3	134	Passail, südlich Fladnitz/Tober
F 5	134	Straße Passail-Arzberg, gleicher Pkt. wie Probe K 12
F 6	134	Passail, Lindenberg
F 9	134	Weg Hochlantsch-Teichalm, Breitalm, Sh. ca. 1400 m
F 10	134	Weg Hochlantsch-Teichalm, Breitalm, Sh. ca. 1400 m
F 11	134	Weg Hochlantsch-Teichalm, Breitalm, Sh. ca. 1400 m
F 12	134	Weg Hochlantsch-Teichalm, Breitalm, Sh. ca. 1400 m
F 18	134	Frießkogel, Russenstraße, Sh. ca. 1250 m
F 19	134	Frießkogel, Russenstraße, Sh. ca. 500 m N Pkt. 1491
F 20	134	Forstweg Düreggergraben, Brücke, Sh. 960 m
F 23	134	Forstweg Düreggergraben, Wegkehre, Sh. ca. 1100 m
F 31	135	Pommes Berg, ca. 400 m N Skihl. Brunnauer, Sh. 1200 m
F 32	135	Eibisberg, Fußweg Eibisberg-Achsenbauer, Sh. ca. 1100m
F 33	135	Brandlucken, Weggabel 2 mm S „d“ in Bran, d“lucken
F 34	135	Feichteck, ca. 250 m NW Pkt. 1242, Sh. ca. 1200 m
F 35	135	Feichteck, ca. 250 m NW Pkt. 1242, Sh. ca. 1200 m
F 36	135	Innerer Naintschgraben, S Kreuzwirt
F 42	135	Weizbachgraben, ca. 500 m NE Gehöft Granitzer
F 46	135	Straße Brandlucken-Anger, Heilbrunn, Sh. ca. 1020 m
F E	135	Diabassteinbruch Ebriachklamm/Eisenkappel, Ktn.
F B 3	199	Nötsch, Ktn., Steinbruch Jakomini
MP 1	159	Murau, Frauenalm, Pkt. 1997
MP 2	159	Murau, Frauenalm, Pkt. 1997
MP 3	159	Murau, Frauenalm-Murau, bei „B“ von „B“ernhard-Fest-Hütte, Sh. ca. 1970
MP 4	159	Murau, Frauenalm, Weg Frauenalm-Murau, bei „B“ von „B“ernhard-Fest-Hütte, Sh. ca. 1970
MP 5	159	Murau, Moosalmkogel, Weg Dienst-Htt.-Moos-Htt., Sh. ca. 1500 m
MP 6	159	Murau, Moosalmkogel, Weg Dienst-Htt.-Moos-Htt., Sh. ca. 1500 m
MP 7	159	Murau, Moosalmkogel, Weg Dienst-Htt.-Moos-Htt., Sh. ca. 1500 m
MP 8	159	Murau, Moosalmkogel, Weg Dienst-Htt.-Moos-Htt., Sh. ca. 1420 m
MP 9	159	Murau, Moosalmkogel, Weg Dienst-Htt.-Moos-Htt., Sh. ca. 1420 m
MP 10	159	SW Murau, Rothofer Graben, Wegkehre ca. 200 m E Pkt. 1109, Sh. ca. 1130 m
MP 11	159	SW Murau, Rothofer Graben, Wegkehre ca. 200 m E Pkt. 1109, Sh. ca. 1130 m
KG 1	163	Geistthal, ca. 300 m SW der Ortsmitte
KG 2	163	Geistthal, ca. 300 m SW der Ortsmitte
KG 3	163	Geistthal, ca. 300 m SW der Ortsmitte
KG 4	163	Geistthal, ca. 300 m SW der Ortsmitte
KG 5	163	Geistthal, Römaskogel, ca. 3 km W Geistthal
KG 6	162	Graden, Gradenbach-Tal, ca. 1,5 km N Graden, Sh. ca. 880 m

Literatur

- AMSTUTZ G. C. 1968. Spilites and spilitic rocks. – In: HESS H. H. & POLDERVAART A. Basalts, 737-753. – Interscience Publ., New York.
- ANGEL F. 1932. Diabase und deren Abkömmlinge in den österreichischen Ostalpen. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 69, 5-24.
- CHAO E. C. T. & FLEISCHER M. 1960. Abundance of zirkonium in igneous rocks. – XXI. Internat. Geol. Congr. Norden, Pt. I:106-131.
- FLANAGAN F. J. 1973. 1972 values for international geochemical reference samples. – Geochim. Cosmochim. Acta 37:1189-1200.
- FLOYD P. & WINCHESTER J. 1975. Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements. – Earth Planet. Sci. Lett. 27:211-218.
- FLÜGEL H. W. 1977. Paläogeographie und Tektonik des alpinen Variszikums. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 1977:659-674.
- GOVINDARAJU K. & ROCHE H. de la 1977. Rapport (1966-1976) sur les éléments en traces dans trois roches standard géochimiques du CRPG: basalte BR et granites, GA et GH. – Geostandards Newsletter, 1:67-100.
- HASKIN L. A., FREY F. A., SCHMITT R. A. & SMITH R. H. 1966. Meteoritic, solar and terrestrial rare-earth distributions. – Physics and chemistry of the earth, VII:167-319.
- HERRMANN A. G. & WEDEPOHL K. H. 1970. Untersuchungen an spilitischen Gesteinen der variskischen Geosynklina in Nordwestdeutschland. – Contr. Mineral. Petrol. 29:255-274.
- LOESCHKE J. 1977. Kaledonischer eugeosynklinaler Vulkanismus Norwegens und der Ostalpen im Vergleich mit rezentem Vulkanismus unterschiedlicher geotektonischer Positionen: Eine Arbeitshypothese. – Z. dt. geol. Ges. 128:185-207.
- MANSON V. 1967. Geochemistry of basaltic rocks: Major elements. – In HESS H. H. & POLDERVAART A., Basalts, 215-269, Interscience Publ., New York.
- PEARCE J. A. & CANN J. R. 1971. Ophiolite origin investigated by discriminant analysis using Ti, Zr and Y. – Earth Planet. Sci. Lett. 12:339-349.
1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. – Earth Planet. Sci. Lett. 19:290-300.
- PRINZ M. 1967. Geochemistry of basaltic rocks: Trace elements. – In HESS H. H. & POLDERVAART A. Basalts, 271-323, Interscience Publ., New York.
- ROCHE H. de la & GOVINDARAJU K. 1971. Tables of recommended or proposed values (major, minor and trace elements) for the ten geochemical standards of the Centre de Recherches Petrographiques et Géochimiques of the Association Nationale de la Recherche Technique. – Revue du GAMS 7:314-322.
- TUREKIAN K. K. & KULP J. L. 1956. The geochemistry of strontium. – Geochim. Cosmochim. Acta 10, 245-296.
- & WEDEPOHL K. H. 1961. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. – Geol. Soc. Amer. Bull. 72:175-192.
- WEDEPOHL K. H. 1975. The contribution of chemical data to assumptions about the origin of magmas from the mantle. – Fortschr. Miner. 52:141-172.

Anschrift des Verfassers: Univ.-Doz. Dr. Hans KOLMER, Technische Universität Graz, Institut für Technische Petrographie und Mineralogie, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz.