

BOHUSLAV CAMEL, LADISLAV KAMENICKÝ*

ZIRKONIUM IN DEN BASISCHEN GESTEINEN DER WESTKARPATEN

(Abb. 1—46)

Kurzfassung: In dieser Arbeit werden die Ergebnisse der geochemischen Forschung über den basischen und ultrabasischen Magmatismus der Westkarpaten und dies hauptsächlich im Hinblick auf den Zirkoniumgehalt wiedergegeben. Erforscht werden auch die Korrelationsverhältnisse von Zirkonium zu Nickel und Vanadin, als auch zu Si, Ti, Fe, dem mafischen und felsitischen Index und zum modifizierten Larsenschen Index. Das Studium wurde mit Rücksicht auf natürliche genetische Gesteinsgruppen, im Hinblick auf deren extrusiven und intrusiven Charakter, stratigraphische Stellung und regionale Verteilung durchgeführt. Die Vergleiche der einzelnen Gruppen wurde tabellarisch und graphisch bewerkstelligt.

Es zeigt sich, dass sich im Gebiet der Gemeriden, die Zirkoniummenge in basischen Gesteinen mit normalem Chemismus mit dem Alter des Gesteine verhältnismässig unausgeprägt verringert (siehe Tabelle der Durchschnittswerte Nr. 5). Diese Menge schwankt sehr in Abhängigkeit von der Basizität des Gesteins (der Differentiationsstufe), ist aber für gewisse Gesteinsgruppen charakteristisch (Diabase, Gabbros, Basanite usw.). Basische Gesteine extrusiven Charakters haben höhere Zirkoniumwerte als intrusive, dem selben magmatisch-orogenen Zyklus angehörende Gesteine. Die Zirkoniumgehalte einiger basischer Gesteine des Zips-Gömörer Erzgebirges (Spišsko-gemerské rudohorie) sind typisch und spezifisch, z. B. in den Basiten des Gebietes Jaloviči vrch bei Mníšek, wo sie überaus hoch sind.

Einführung

Die Autoren verarbeiten z. Z. die Ergebnisse von ungefähr 700 Analysen basischer Gesteine hauptsächlich aus dem Gebiet der Gemeriden. Die Gemeriden sind im Gebiete der Westkarpaten eine spezifisch geologische und tektonische Einheit mit intensivem Erscheinen von geosynklinalem Magmatismus. Im Kambrosilur dieses Gebietes des Zips-Gömörer Erzgebirges trat in erhöhtem Ausmass porphyrischer Vulkanismus (Gelnica-Porphyröiden-Serie) und weniger intensiv basischer Magmatismus in Erscheinung. Im Devon bis unteren Karbon war der basische geosynklinale Magmatismus des Zips-Gömörer Erzgebirges am umfangreichsten und deshalb wurde diese Schichtengruppe als Phyllit-Diabas-Serie bezeichnet. Im oberen Karbon, im Perm und im Mesozoikum dieses Gebietes erreicht der basische Magmatismus keine solche Intensität.

Die paläozoischen basischen Effusivgesteine des Zips-Gömörer Erzgebirges sind in höchstem Masse epizonal metamorphosiert (Metadiabase, Phyllite). Bei kleinerem Intrusivgestein des Devons und Karbons ist diese Metamorphose weniger ausgeprägt.

Die Autoren haben bereits einige Ergebnisse ihrer geochemischen Forschungsarbeit über basische Gesteine veröffentlicht (B. C a m e l, L. K a m e n i c k ý 1967). In den Tabellen dieser Publikation sind sowohl die Durchschnittsgehalte an Mikroelementen der einzelnen Gruppen basischen Gesteins des Gebietes des Zips-Gömörer Erzgebirges, als auch die der Basika-Gruppen und deren Metamorphite (Amphibolite) des übrigen Gebietes der Westkarpaten angeführt. In dieser Abhandlung wird die Studie des Zirkoniums in basischen Gesteinen der Westkarpaten wiedergegeben.

* Univ.-Prof. RNDr. B. C a m e l, Dr. Sc., RNDr. L. K a m e n i c k ý, Geologisches Institut der Slowakischen Akademie der Wissenschaften, Bratislava, Štefánikova ul. 41.

Kriterien der Gruppengliederung der basischen Gesteine und Auswahl der Proben

Die basischen magmatogenen Gesteine der Gemeriden wurden einerseits nach stratigraphischer Gliederung, andererseits je nach dem, ob es sich um extrusive oder tiefenmässige (intrusive) Erscheinungen handelt, in Gruppen eingeteilt. Im Rahmen der angegebenen Gruppen wurden die Analysen je nach Differentiationskriterium eingereiht. Die Basizitätsstufe der gegebenen Durchschnittsanalyse ist durch Buchstaben gekennzeichnet,¹ was in den Erläuterungen unterhalb der Tabellen angeführt ist.

Die durchschnittlichen Werte des Chemismus der Amphibolite, die die Produkte des basischen Magmatismus in den Kerngebirgen repräsentieren sind nach regionalen Kriterien d. i. nach den einzelnen Gebirgszügen geordnet und nicht nach der hier unklaren stratigraphischen Anordnung.

Die Autoren zielten neben einer Analysierung von originalen, von ihnen selbst ausgesuchten Proben, welche die Grundtypen der basischen Gesteine repräsentieren, auf solche, sich bei verschiedenen Autoren und in Dokumentationszentren von Instituten befindliche ab, von welchen bereits Silikatanalysen vorliegen. Nach Möglichkeit wurde bei den analysierten Proben mittels planimetrischer Analyse die Mineralzusammensetzung bestimmt. Bei jenen Proben, welche bloss spektrochemisch aber nicht silikatchemisch analysiert wurden, wurde die chemische Zusammensetzung anhand planimetrischer Analysen berechnet. Die weiteren, ergänzenden Proben wurden bloss spektral analysiert.

Bei den Amphiboliten der Kerngebirge wurde nur ein Teil der Analysen von Mikroelementen jener Proben durchgeführt, von denen schon Silikatanalysen angefertigt worden sind. Ausserdem sind in den Tabellen auch Durchschnitte von Silikatanalysen solcher Proben angeführt, von denen keine spektrochemischen Analysen gemacht worden sind. Deshalb ist ein Teil der durchschnittlichen Silikatanalysen, unabhängig von den Spektralanalysen berechnet worden.

Es verdient der Erwähnung, dass die geochemischen Angaben der Gesteine der Gemeriden noch unvollständig und nur vorläufig sind und fortlaufend ergänzt werden; aus diesem Grunde sind sie nur zum Vergleichszweck angeführt. Der stratigraphische Gesichtspunkt ist in dieser Gruppe von Amphiboliten der Kerngebirge nicht bequem anwendbar, da ausser in den Kleinen Karpaten, wo das paläozoische Alter des Schiefer-Kristallinikums mittels Palynologie und Paläontologie bewiesen werden kann, bislang solche Beweise fehlen.

Die basischen Gesteine des Zips-Gömörer Erzgebirges und der weiteren Gebiete der Westkarpaten wurden folgendermassen gegliedert:

Kambrosilurische basische Gesteine ² (Porphyroid-Gelnica-Serie)	— Extrusivgestein, Diabase und Tuffe (Typen n. I.)
	— Intrusivgestein (Type n.)
Devonische bis unterkarbonische basische Gesteine der Phyllit-Diabas-(Rakovce-)Serie	— Extrusive Diabase und deren Tuffe (Typen m. n. I.)
	— Kleine subvulkanische Intrusivkörper (Typen n. I.)

¹ u = Ultrabasite, m = melanokrate Differentiate mit weniger als 45 % SiO_2 , n = normal basische Gesteine mit SiO_2 zwischen 45 und 50 %, l = schwach leukokrate Differentiate mit 50–55 % SiO_2 , el = extrem leukokrate Differentiate mit über 55 % SiO_2 .

² Die stratigraphische Eingliederung ist nicht immer eindeutig. Zumal die im Kambrosilur befindlichen Intrusivgesteine können zum Teil auch jüngerer, devonischen Alters sein, was ein übereinstimmender Chemismus und Mikrochemismus dieser Gesteine bestätigt.

Grössere variszische Intrusivkörper basische Magmatite (Banská Belá), oder Metamorphite und Metasomatite älterer basischer Gesteine der Gemeriden die unter dem Einfluss variszischen Plutonismus geformt wurden (Dobšiná)	Grössere intrusive Körper von Gabbros und Gabbrodioriten (Banská Belá, Typen u. m. n. el.)
	Körper von Gabbros, Gabbrodioriten und Dioriten bei Dobšiná (Typen n. l. el.)
Oberkarbonische basische-Gesteine	Extrusive Diabase (Typen n. l. el.)
	Intrusive Gabbrodiorite und Serpentine (Typen u. n.)
	Extrusive Diabase (Typen n. l.)
Mesozoische basische Gesteine in den Gemeriden und in weiteren Gebieten der Slowakei	Glaukophanite (Typen u. l.) Tschiniten des Gebietes Mähren und Schlesien (Typen u. m. n. l.)
	Augitite (Type m.)
	Serpentine (Typen u. n.)
Neogene extrusive basische Gesteine Amphibolite und basische Magmatite der einzelnen Kerngebirge mit Gliederung nach geologischen Auftreten der Basizität.	Basanite der Mittelslowakei (Typ u.)

Analytische Methode und Absicht der Arbeit

Die Analyse und Verarbeitung der Proben wurden im Spektrallaboratorium der Slowakischen Akademie der Wissenschaften (SAV) mittels spektrochemischer Analysen durchgeführt. Ausführender der Analysen war T. Slezák. Zu diesem Zwecke verwendete der Genannte den Gitterspektrographen PGS 2. Es wurde mit Gleichstrom einer Intensität von 5 bis 9 A. erzeugt mit dem Generator ABR 3. gearbeitet. Die Methodik wurde von G. Kupčo (in B. C a m b e l, G. K u p č o 1965) ausgearbeitet. Quantitativ wurden folgende Elemente bestimmt: Ca, Cr, V, Ni, Co, Cu, Zr, Sc, Y, Sr, Ba, Rb, Li, Pb, La.

Die bisherige geochemische Erforschung basischer Gesteine, über die von den Autoren bereits eine grundsätzliche Information veröffentlicht wurde (B. C a m b e l, L. K a m e n i c k ý 1968) weist darauf hin, dass das Zirkonium eines jener Elemente ist, das obzwar von inhaltlich relativer Variabilität (erkennbar selbst im Rahmen engerer Gesteinsgruppen), dennoch als geochemisch bedeutsames Element, das den Magmatismus bestimmter Gebiete charakterisiert, verwendet werden kann.

Die vorliegende Arbeit ermöglicht es, die Erkenntnisse über die Gesetzmässigkeit der Distribution von Zirkonium in basischen Gesteinen, zumal aber in den Metabasiten verschiedenen Alters, weiters die Gesetzmässigkeiten verschiedenen geologischen Auftretens, verschiedener Differentiationsstufe und verschiedener regionaler Zugehörigkeit zu ergänzen. Es werden die Korrelationsbeziehungen der Zirkoniumgehalte in den einzelnen Gesteins-Grundgruppen zu einigen Makro- und Mikroelementen erläutert (z. B. Zr/V, Zr/Ni, Zr/Fe, Zr/Ti, Zr/Si). Auch die Beziehungen der Zirkoniumgehalte zu den Differentiationsindexen z. B. zum felsitischen

mafischen
$$\left(\frac{\sum \text{Fe}}{\sum \text{Fe} + \text{Mg}} \right) \quad \left(\frac{\text{Na} + \text{K} \cdot 100}{\text{Na} + \text{K} + \text{Ca}} \right) \quad \text{oder zum}$$

zum modifizierten Larsenschen Index $\frac{1}{3}(\text{Si} + \text{K}) - (\text{Ca} + \text{Mg})$, bzw. zur Summe $\text{Fe} + \text{Al} + \text{Mg} + \text{Ca}$ werden gelöst. Eine solche verschiedene Skala der Korrelation von

Zirkonium mit verschiedenen Indexen, deren Werte von der Differenzierungsstufe abhängig sind wurde aus dem Grunde angewendet, damit ermittelt werden konnte, welcher Index zur Erforschung der Korrelationsbeziehungen bei verhältnismässig wenig differenziertem basischem Vulkanismus am geeignetsten ist.

Die geochemische Erforschung des Zirkoniums in basischen Gesteinen im Schrifttum

In der geochemischen Literatur befassten sich bisher viele Autoren mit dem Zirkoniumgehalt in Gesteinen. Der Grossteil dieser Autoren betrieb aber diese Forschung neben der Erforschung anderer Elemente. Eine in grösserem Ausmass das Zirkonium betreffende, orientiert geochemische Forschung, betrieben schon früher A. Hevesy und G. Würstlin (1934), H. Degenhardt (1957), E. Chao und M. Fleischer (1960), K. H. Wedepohl (1960). Von den sowjetischen Autoren bearbeiteten die Geochemie des Zirkoniums: I. P. Tichonenko und R. P. Tichonenkova (1964) in der Edition *Geochimija redkich elementov*, Bd. 1. Mehrere Autoren gaben einen Überblick von der Vertretung des Zirkoniums in Gesteinen verschiedener Basizität oder von dessen durchschnittlicher Vertretung (Clark) in der Erdrinde wider. Von diesen Angaben werden am meisten die Tabellen von K. Rankama, G. Sahama (1950), V. M. Goldschmidt (1954), M. Fleischer (1957), K. K. Turekian und K. H. Wedepohl (1961), A. P. Vinogradov (1962), S. R. Taylor (1964) usw., zitiert.

Über mehrere Mikroelemente in basischen Gesteinen gewährten schon zahlreiche Autoren, deren Namen im Verlaufe dieser Arbeit genannt werden sollen, zusammenfassende Übersichten. Die Durchschnittswerte ihrer Analysen sind teilweise in den Tabellen dieser Abhandlung angeführt. Sehr gute Vergleichsdaten bieten die Analysen der internationalen Standarde.

H. Degenhardt (1957) brachte nicht nur eine grosse Anzahl von Analysen über Zirkoniumgehalte in Mineralen und Gesteinen (magmatischen und sedimentären) heraus, sondern er schenkte auch der Migration des Zr im Verwitterungsprozess ein Augenmerk. Er bestätigte, dass sich das Zirkonium in basischen Gesteinen, hauptsächlich in Pyroxenen und Amphibolen, in welchen es Werte von etwas über 100 ppm erreicht, konzentriert. Er stellte fest, dass sich das Zirkonium in hohem Ausmass im Rutil, Titanit, Titano-Magnetit, Ilmenit und Apatit konzentriert. Diese Minerale enthalten oft Zirkonium von Werten etwas über 1000 ppm. Die höchsten Zirkoniumgehalte sind im Aegirin wo diese bis zu 5000 ppm erreichen. In alkalischen Gesteinen kommen bis zu 680 ppm, in Syeniten 310 ppm, in Essexiten 200 ppm und im Gabbro bis zu 110 ppm vor.

H. Degenhardt fand zwischen den Zirkoniumgehalten von Tiefen- und extrusiven Gesteinen keinen wesentlichen Unterschied. Den Durchschnittsgehalt der Erdrinde setzt er mit 156 ppm fest und konstatiert, dass der Mittelwert des Zirkoniums im eruptiven und sedimentären Gestein ungefähr gleich ist. In Tabelle 1 sind die Durchschnittswerte an Zirkonium in den Grundtypen der extrusiven und intrusiven Gesteine angegeben.

H. Degenhardt bemerkte eine schwache Löslichkeit des Minerals Zirkon in einer Lösung von Kalziumbikarbonat, was eine Lösung und Korrosion dieses Minerals im Bauxit, sowie bei der Verwitterung der Gesteine die Migration dieses Minerals dergestalt ermöglicht, dass es sich z. B. in Eisen konkretion konzentrieren kann.

Im metamorphen Prozess ändert sich der Gehalt an Zirkonium gegenüber den primären Gesteinen, laut Degenhardt nicht. Er setzt eine Isomorphie von Zirkonium, Eisen und Titan voraus und deshalb sammelt sich, laut zitiertem Autor, das Zirkonium in den

Tabelle 1. Durchschnittliche Zirkoniumgehalte verschiedener Typen intrusiver und extrusiver Gesteine, nach H. Degenhardt (1957).

Intrusivgesteine	Zr ppm	Ergussgesteine	Zr ppm
Pyroxene + Peridotite	45	Basalte	110
Gabbro, Anortosite	110	Andesite	120
Granodiorite und		Liparite	150
Diorite	140	Alkalische Basalte	150
Granite	175	Trachyte	500
Alkalischer Gabbro	200	Phonolite	600
Syenite	310		
Nephelinische Syenite	680		

Gittern jener Minerale an, die diese Elemente enthalten. Er lässt eine Isomorphie der Gruppen NaFe^{+4} und Zr^{+4} in alkalischen Gesteine zu, zumal aber im NaFe^{+4} der Pyroxene. Im Mineral Zirkon setzt er eine Vertretung des Zirkoniums durch Titan und Seltenerden, wie U und Th, voraus.

Die geochemische Rolle des Zirkoniums im magmatischen Prozess charakterisiert H. Degenhardt folgendermassen:

In der Protokristallisation tritt das Zirkonium in den Olivin, Magnetit, Ilmenit und Chromit. Der Olivin übernimmt vom Gesamtvorrat nur wenig (40 ppm), während Magnetit und Ilmenit bereits mehr Zirkonium (400 ppm) übernehmen. Noch vor Beginn der Hauptkristallisation treten erhöhte Mengen Zirkoniums in Apatite oder fixieren sich als selbständiges Mineral Zirkon. Während der Hauptkristallisation ziehen Pyroxene, Amphibole und Biotite das meiste Zirkonium an sich. Die hellen Minerale binden bloss 30–40 ppm Zirkoniums, während die Pyroxene und Amphibole bis zu 140 ppm Zirkonium binden. In magmatischen Restlösungen verbleiben die Hauptanteile des Zirkoniums, welche zumal in Pegmatiten unter Mitwirkung von Alkalien und Pneumogentia das Mineral Zirkon oder in Gegenwart von Titan, Titanit mit hohem Gehalt an Zirkonium und Seltenerden bilden. Bei einem Überschuss an Natrium und Eisen und der Bildung von Fe-Na-Pyroxenen kann das Zirkonium Konzentrationen bis zu 0,5 % erreichen. Es muss noch erwähnt werden, dass das Zirkonium nicht nur in den Mineralen Zirkon, Katapleit, Eudialit, Wehlerit und Astrophyllit, sondern auch in Mineralen, die vor allem Eisen und Titan enthalten, vorkommt.

Die Zirkoniumgehalte einiger unserer Arbeit nahestehender Minerale und Gesteine entnehmen wir der Arbeit H. Degenhardts und führen sie in der separaten Tabelle 2 an.

Die zweite Arbeit, in welcher sich die Autoren nur mit dem Problem der Zirkoniumkonzentration in Gesteinen befassen ist jene von E. Chao und M. Fleischer (1960). Ihre Forschung betrifft nur magmatische Gesteine. Sie verfolgen hauptsächlich das Verhältnis der Zirkoniumgehalte zur allmählichen Differentiation des Magmas, wobei genannte Autoren als Kriterium der Differentiationsstufe bei der graphischen Auswertung den Koeffizienten $\frac{\text{CaO}}{\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}$ anwenden. Die Autoren verfolgen die einzelnen magmatischen Differentiationsreihen der Vulkanite. Sie konstatieren Unterschiedlichkeiten der Zirkoniumgehalte in Basalten und Andesiten, nach regionalen Faktoren. Als Beispiel der Zirkoniumgehalte in Basalten führen sie folgende analytische Angaben an: die tholeitischen Basalte der Insel Palau enthalten 10 ppm, von Guam 10 ppm, Japans

Tabelle 2. Zirkoniumgehalte in gesteinsbildenden Mineralen und basischen Gesteinen, nach H. Degenhardt (1957).

	Zr ppm
1. Orthoklas — S. Piera auf Elba	14
2. Orthoklas — Tröstau bei Wunsiedel, Fichtelgebirge	15
3. Sanidin — Drachenfels Siebengeb., Bonn	45
4. Albit — Tümmelbachtal, Prägaten, Ost-Tirol	16
5. Albit — Wurmberg — Granit, Braunlage, Harz	23
6. Albit — Radautal bei Harzburg	39
7. Oligoklas — Ytterby; Schweden	12
8. Labradorfels — Aurlandsfjord, Norwegen	15
9. Leuzit — Vesuv, Eruption aus d. J. 1855	11
10. Nephelin — Katzenbuckel, Odenwald	50
15. Muskovit — Pegmatit-Steinbruch, Spittal, Kärnten	18
16. Muskovit aus grobkörnigem Granit — Aabelvik, Arendal, Norwegen	52
17. Biotit aus Pegmatit-Gneis — Haslach, Schwarzwald	33
18. Biotit aus Eklogit — Selje, Nordfjord	35
19. Biotit — Arendal, Norwegen	56
20. Biotit aus amphibol. Granit — Teufelsberg, Odenwald	112
21. Biotit aus Königskopf-Granit — Harz	463
22. Diopsid — Schwarzenstein, Tirol	27
23. Diallag — Prato, Florenz	39
24. Diallag aus Gabbro — Oberhalbstein, Graubünden	120
25. Pyroxen aus Basalt — Firmerich, Eifel	12
26. Pyroxen — Mussa, Alpen, Piemont (Spaltenmineral)	34
27. Pyroxen aus Basalt — Böhmen	50
28. Pyroxen — Monte Rossa, Atna	120
29. Pyroxen aus Phonolith-Tuff — Hegau	123
30. Pyroxen aus Plagioklas-Basalt — Naurod, Wiesbaden	133
31. Jadeit — Schwarzenberg	27
32. Omphasit aus Eklogit — Selje, Nordfjord	30
33. Ägirin — Eikarholmen, Norwegen	1500
34. Ägirin — Barkevikscheeren, Brevik, Norwegen	3700
35. Ägirin — Caldas de Monchique, Portugal	5750
36. Bronzit — Peterlestein, Kupferberg, Bayern	18
37. Hypersten — Paulsinsel, Labradorstrand	19
38. Amphibol — Apatit-Lagerstätte, Kragerö	26
40. Amphibol aus Andesit — Stenzelberg, Siebengebirge	110
41. Amphibol aus amphibol. Granit — Teufelsberg, Odenwald	113
42. Basaltischer Amphibol — Litoměřice, Böhmen	140
45. Glaukophanit — Moccie, Susatal, Italien	54
46. Glaukophan — Piemont	302
49. Olivin aus melilithischem Basalt, Westberg bei Hofgeismar	40
50. Olivin aus Basalt — Hirsstein, Kassel	43
51. Olivin — Mysäter, Kjölsdal, Nordfjord, Oslo	40
52. Eisen-Aluminium-Granat — Haibach bei Aschaffenburg, Bayern	28
53. Granat aus Eklogit — Selje, Nordfjord	29
54. Pyrop — Kapnik, Rumänien	38
55. Pyrop — Meronice bei Bilin, Böhmen	43
56. Eisen-Aluminium-Granat — Simplan	139
59. Titanit — Huensisches Gebirge, Ural	1500
60. Titanit — Chibina-Gebirge, UdSSR	2000
62. Turmalin — Alabaskhka, Ural	11
63. Turmalin — Tangen, Kragerö	18
67. Magnetit — Kirunavaara, Lappland	34

	Zr ppm
68. Magnetit aus Diorit — Elvas, Portugal	69
69. Magnetit aus phonolithischem Tuff — Hegau	73
70. Chromit — Jugoslawien	42
71. Titanomagnetit aus Basalt — Bramburg bei Göttingen	119
72. Titanomagnetit aus Basalt — Backenberg	418
73. Ilmenit — Chester, Massachusetts	155
74. Ilmenit aus Basalt — Scheidsberg bei Remagen	200
75. Ilmenit — Snarum	213
79. Rutil — Binn, Schweiz	1700
80. Rutil — Arendal, Norwegen	1750
85. Apatit — Katzenbuckel, Michelsberg	100
89. Baryt — Iberg, Harz	2
114. Diorit — Gisna-Brücke, Opdal, Norwegen	35
115. Diorit — Neuntelstein, Vogesen	52
116. Amphibol-Diorit — Schriesheim bei Heidelberg	76
117. Diorit — Teiskola, Teisko, Finnland	108
118. Diorit — Reichenbach, Odenwald	111
119. Quarzdiorit, (Tonalit) — Adamello, Süd-Tirol	113
120. Diorit — Leuthenberg, Bayern	132
121. Granodiorit, (Opdalit) — Ulsberg, Norwegen	142
122. Sechs Andesite — Aegine (durchsn. Mischung v. Engelhardt, 1936)	101
123. Vierzehn Andesite — Methana (durchschnittliche Probenmischung) H. von Engelhardt 1936	118
124. Augit-Andesit — Tokay, Ungarn	156
125. Amphibol-Andesit — Stenzelberg, Siebengebirge	342
126. Gabbro — Tampadel, Zobten	25
127. Gabbro — Radautal, Harz	116
128. Diabas — Langelsheim, Nordharz	70
129. Diabas — Centreville, Virginia (W-F)	85
130. Diabas — Remblinghausen, Sauerland	102
131. Diabas — Wallenstein, Wallen	129
132. Diabas — Heringhausen, südl. Bestwig	138
133. Diabas — Hennetalsperre, Meschede	171
135. Plagioklas-Basalt — Druseltal bei Kassel	71
136. Plagioklas-Basalt — Hoher Hagen bei Göttingen	128
137. Plagioklas-Basalt — Bramburg bei Göttingen	168
139. Nephelinit — Rossberg bei Darmstadt	58
142. Essexit — Salem Neck, Massachusetts	200
143. Peridotit — Lherz-Teich, Pyrenäen	49

50–60 ppm, der Aläuten 50 ppm und der Britischen Inseln 90 ppm. Die Zirkoniumwerte bewegen sich somit innerhalb der Grenzen zwischen 10 und 90 ppm. Der Durchschnittsgehalt an Zirkonium in den tholeiitischen Basalten der Hawaii-Inseln beträgt 170 ppm, was fast den doppelten Wert jenes der Britischen Inseln ausmacht.

Die übrigen vulkanischen Gesteine der Reihe Dazit-Trachyt haben folgenden Zirkoniumgehalt: Dazit 50–250 ppm, Latit 40–600 ppm, Rhyolit 50–700 ppm und Trachyt von 300 bis zu mehr als 1000 ppm. Der Gehalt an Zirkonium steigt mit dem Anwachsen der Alkalien und dies weniger intensiv in der Reihe Andesit, Dazit, Rhyolit als in der Reihe Basalt, Trachyt; am meisten nimmt der Zirkoniumgehalt in der Reihe Basalt-Andesit-Trachyt-Phonolith zu.

Die Autoren weisen, zum Unterschied von H. Degenhardt darauf hin, dass plutonische Gesteine einen niedrigeren Zirkoniumgehalt aufweisen als extrusive der selben Basizität. Diese Feststellung steht im Einklang mit den Schlussfolgerungen der Verfasser dieser Arbeit. In Gabbros beträgt der Gehalt an Zirkonium weniger als 100 ppm, in Dioriten und Granodioriten 50–200 ppm und in Quarz-Monsoniten und Graniten 50–700 ppm. Die Autoren stellen aber eine Unterschiedlichkeit zwischen Rhyoliten und Monsoniten fest, da Rhyolite oder Quarz-Monsonite weniger Zirkonium (unter 200 ppm) enthalten als Tiefen-Aequivalente dieser Gesteine (300–500 ppm).

Die hydriden Gesteine unterscheiden sich in der Zirkoniummenge von der Differenzierungsreihe der kalzium(H)-alkalischen Gesteine nicht, aber es liesse sich nach E. Chao, M. Fleischer erwarten, dass Rhyolite, die doch Differentiate basischen Magmas sind, einen verhältnismässig hohen Gehalt an Ba, Sr, Rb und Zr aufweisen gegenüber jenen, die durch Regeneration sialischer Materialien entstanden sind.

Dem Vergleich der Zirkoniumgehalte in Gesteinen und Mineralen dient Tabelle 3, in der Angaben verschiedener Autoren über basische Gesteine angeführt sind. In dieser Tabelle sind auch mehrere Angaben der Autoren E. Chao, M. Fleischer.

Interessant im Hinblick auf unsere Forschung sind die Ergebnisse, welche die Arbeit von E. G. Schultze (1967) bietet. Genannter Autor führte die geochemische Erforschung von Kuhl-*Diabasen* des nördlichen Teiles des Oberen Harzes durch. Es handelt sich hierbei um ähnliche basische Gesteine intrusiven und extrusiven, z. T. submarinen Charakters, wie sie im Gebiet des Zips-Gömörer Erzgebirges vorkommen. Es zeigte sich, dass in diesen *Diabasen* ein hoher Gehalt an Zirkonium — 450 ppm (Durchschnitt von 47 *Diabas*-Analysen) vorherrscht. Die Werte bewegen sich innerhalb der Grenzen zwischen 100 und 800 ppm. Es ist dies, im Vergleich mit den Bestimmung dieses Elements in der Erdkruste, ein verhältnismässig hoher Zirkoniumgehalt (A. P. Vinogradov 100 ppm, K. K. Turekian und K. H. Wedepohl 140 ppm, S. R. Taylor 150 ppm). Die Amphibolite der Kleinen Karpaten mit hohem Amphibolgehalt beinhalten 169 ppm und der Durchschnittsgehalt an Zirkonium in allen Amphibolit-Typen der Kleinen Karpaten beträgt 137 ppm. E. Schultze nimmt an, dass der hohe Zirkoniumwert durch Einschlüsse des Minerals Zirkon in gesteinsbildenden Mineralen verursacht werden; es spielt hier aber auch die isomorphe Vertretung von Fe^{2+} und Fe^{3+} durch Zr^{4+} in dunklen Mineralen (Pyroxen, Amphibol, Chlorit) eine Rolle. Der Autor beruft sich auf die Ansicht von L. R. Wager und R. L. Mitchell (1951), wonach sich Zirkon als Mineral im Gestein bei einem Zirkoniumgehalt von 300–400 ppm, bei dem das Magma den Sättigungspunkt für Zirkonium erreicht, bildet. E. Schultze verweist auf den engen positiven Zusammenhang von Zirkonium und Vanadin in *Diabasen* des Oberen Harzes. Die Forschungen der Autoren vorliegender Arbeit bestätigen einen solchen Zusammenhang nur bei *Diabas*-Gesteinen.

Von den sowjetischen Autoren befassten sich mit der Erforschung des Zirkoniums I. P. Tichonenko und R. P. Tichonenkova (1964), die eine Gesamtabhandlung über die Geochemie des Zirkoniums in *Geochimija redkich elementov*, 1964 Bd. I, S. 284–320 erarbeiteten.

Genannte Autoren betonen die Isomorphie von Zirkonium mit Hf, Ti, Ta, Tr, Sn, Fe und Ca. Bei den beiden ersten Elementen handelt es sich um isovalente, bei den übrigen um heterovalente Isomorphie. Hafnium (HfO_2) erreicht in den Mineralen des Zirkoniums Werte von 0,5 bis 31 %; eine isomorphe Vertretung von Hafnium und Zirkonium ist in Gesteinen und Mineralen auch dort zu bemerken, wo das Zirkonium bloss als isomorphe Beimengung ohne eigenes Mineral vorkommt. Zum Unterschied von Degenhardt setzen A. A. Kucharenko et al. (1960) anstatt einer Isomorphie von

Tabelle 3. Zirkoniumgehalte gesteinsbildender Minerale und basischer bzw. ultrabasischer Gesteine, nach Literaturangaben verschiedener Autoren.

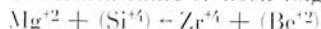
Autor:	Gestein, Lokalität	Zr ppm
T. G. Sahama 1945	7 ultrabasische Gesteine Lapp- land (Laplandie, Tab. 2)	unter dem Limit der Bestimmbarkeit
P. Hahn, A. Weinheimer 1959	2 Kimberlite des Münchener Massivs	detto
P. Hahn, A. Weinheimer 1959	30 ultrabasische Gesteine des Münchener Massivs	3
P. Hahn, A. Weinheimer 1959	7 Paläopikrite des Münchber- ger Massivs	41
G. Cioffica et al. 1966	7 Serpentine des Gebirges Persani (Trias)	unt. d. Lim. d. Bestimmbarkeit
Z. Maksimovič 1961	4 ultrabasische Gesteine von Crna Trnava	5
Z. Maksimovič 1961	20 Harzburgite der inneren Di- narid-Zone, Serbien	10
Z. Maksimovič 1962	6 ultrabasische Gesteine aus Avala und Nord-Pedina	13,5
W. H. Pinson, L. H. Ahrens, M. L. Frank 1953	13 ultrabasische Gesteine	55
S. R. Nockolds, R. Mitchell 1948	7 ultrabasische u. basische Ge- steine, West-Schottland	91
G. Hevesy, K. Würstlin 1934	12 Peridotite, Eklogite, Dunite (Durchschnittsprobe)	60
E. Chao, M. Fleischer 1960	7 Olivin-Gabbros, Skaergaard, Grönland, Tertiär	26
E. Chao, M. Fleischer 1960	7 Gabbros, San Marcos, obere Kreide, Süd-Kalifornien	40
E. Chao, M. Fleischer 1960	3 Gabbros, Kreide, Tertiär- Graham, Antarktis	55
L. Wager, R. Mitchell 1943	1 Skaergaardener Gabbro, Grönland	30
L. Wager, R. Mitchell 1943	1 Gabbro, Randfazies, Grön- land	50
H. Degenhardt 1957	2 Gabbros (Tabelle I)	25 u. 116
B. Cambel, G. Kupčo 1965	12 amphibolische Gabbros und Gabbrodiorite, Kl. Karpaten	81
G. Cioffica et al. 1966	2 Gabbro, Gabbrodolerit, Per- sani, Rumänien, Trias	80
W. H. Pinson, L. Ahrens, M. Frank 1953	13 ultrabasische Gesteine	55
S. Nockolds, R. Mitchell 1948	7 Ultrabasische u. basische Gesteine, West-Schottland	91
E. Paterson 1951	6 Olivin-Basalte, Irland	180
E. Chao, M. Fleischer 1960	8 Olivin-Basalte, Pleistozän, Snake River, Idaho Heger- man-Gebiet	240
E. Chao, M. Fleischer 1960	6 Basalte, Nord-Kaskaden, Oregon, Columbia River	110
E. Chao, M. Fleischer 1960	4 Basalte d. Inseln Palau u. Guam	10

Autor:	Gestein, Lokalität	Zr (ppm)
E. Chao, M. Fleischer 1960	8 Basalte, Aläuten	50
E. Chao, M. Fleischer 1960	12 basalt-tholeitische Laven, Hachone, Japan	50–60
E. Chao, M. Fleischer 1960	Basalte der Britischen Inseln	90
E. Chao, M. Fleischer 1960	6 Basalte, Nord-Kaskaden, Oregon, Columbia River	110
E. Chao, M. Fleischer 1960	Durchschnitt von 5 Basaltgruppen, 16 Analysen, wie vordem	120
E. Chao, M. Fleischer 1960	44 basalt-tholeitische Laven, Hawaii-Inseln	170
E. Chao, M. Fleischer 1960	Durchschnitt von 4 Gruppen jung. Basalte, zus. 23 Anal., wie vordem	197
E. Chao, M. Fleischer 1960	8 Basalte, oberes Pliozän, wie vordem	300
G. Gioffica et al. 1966	2 Basalte des Gebirges Persani, Rumänien, Trias	132
G. Gioffica et al. 1966	2 Dolerite des Gebirges Persani, Rumänien, Trias	186
L. Wager, R. Mitchell 1953	7 Basalte rezenter Proben, Hawaii-Inseln	90
W. Engelhardt 1936	9 indische Basalte	192
E. Chao, M. Fleischer 1960	4 Karoo-Dolerite, mesozoisch, Afrika	60
E. Chao, M. Fleischer 1960	Durchschnitt von 6 Gruppen Dolerits, zus. 13 Analysen, ebendort	85
K. Wedepohl 1954	1 trachyt-doleritischer Basalt, Backenberg	106
S. Nockolds, R. Allen 1954	20 alkalische Basalte	150
E. Chao, M. Fleischer 1960	alkalisch-olivinische Basalte	250
E. Chao, M. Fleischer 1960	Gehaltsgrenze für Tschinitze von Süd — Wales	175–300
W. Engelhardt 1936	10 böhmische Phonolite (Durchschnittsprobe)	655
E. Chao, M. Fleischer 1960	4 Diabase aus Dillburg-Schottd. Durchschnitt v. 2 Gruppen zu je 2 Analysen	65
G. W. De Vore 1955	14 Diabase	65
H. Fairbairn et al. 1953	57 vorkambische Diabase, Ontario	100
H. Degenhardt 1957	6 Diabase (aus Tab. 1)	119
E. Chao, M. Fleischer 1960	5 granophyrische Diabase (Durchschnitt aus 3 Gruppen)	180
E. Chao, M. Fleischer 1960	7 Olivin-Gabbros, Skaergaarden, Grönland, Tertiär	26
E. Schulze 1967	47 Diabase aus Kulm, Karz	450
S. Taylor 1955	4 grüne Schiefer	0
Z. Maksimović 1961	4 chloritische Schiefer des Ultrabasil-Gebietes Serbiens	102
T. G. Sahama 1945	2 grüne Schiefer, Kittija (Finnland, Tab. 10)	148
O. Janda, E. Schroll, M. Sedláček 1965	3 chloritische Schiefer	458

Autor:	Gestein, Lokalität	Zr (ppm)
T. G. Sahama 1945	5 amphibolische Gesteine, Süd-Lappland (Tab. 27)	0
T. G. Sahama 1945	Amphibolit (Tab. 11)	74
O. Janda, E. Schroll, M. Sedlaček 1965	3 Gabbro-Amphibolite	37
O. Janda, E. Schroll, M. Sedlaček 1965	5 Amphibolite in Kalksteinen	84
O. Janda, E. Schroll, M. Sedlaček 1965	2 Flecken-Amphibolite	103
O. Janda, E. Schroll, M. Sedlaček 1965	15 Amphibolite (Waldviertel und Ost-Alpen)	148
A. Herz, B. Dutra 1960	epidot-amphibolisches Gestein	100
B. Cambel, G. Kupčo 1965	15 Amphibolite, Kl. Karpaten	107
B. Cambel, G. Kupčo 1965	17 Gabbro-Amphibolite, Kl. Karpaten	115
B. Cambel, G. Kupčo 1965	58 Amphibolite der Kl. Karpaten	137
B. Cambel, G. Kupčo 1965	26 mafische Amphibolite, Kl. Karpaten	169
O. Janda, E. Schroll, M. Sedlaček 1965	8 Granat-Amphibolite (Waldviertel und Ost-Alpen)	167
W. Engelhardt 1936	10 böhm. Phonolite (Durchschnittsprobe)	655
R. Stevens et al. 1960	Diabas-Standard W_1	100
K. Turekian, K. H. Wedepohl 1961	Durchschnitt für Basalt-Gesteine i. d. Lithosphäre	140
A. Vinogradov 1962	basische Gesteine der Lithosphäre	100
S. Taylor 1964	basische Gesteine der Lithosphäre	150
R. W. Clarke, H. S. Washington 1924	Durchschnitt i. d. Lithosphäre	230
A. E. Fersman 1933—1939	Durchschnitt i. d. Lithosphäre	250
W. M. Goldschmidt 1937	Durchschnitt i. d. Lithosphäre	220
B. Mason 1958	Durchschnitt i. d. Lithosphäre	160
A. Vinogradov 1962	Durchschnitt i. d. Lithosphäre	170
S. Taylor 1964	Durchschnitt i. d. Lithosphäre	165

NaFe^{+3} und Zr^{+4} in alkalischen Pyroxenen und Amphibolen folgende Isomorphie voraus:
 $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + (\text{Si}^{+4}) \leftrightarrow \text{Na} + \text{Zr}^{+4} + (\text{Al Fe}^{+3})$

ausserdem führt er noch folgende Variante an:



In genannter Arbeit sind in den Tabellen mehrere analytische Angaben über Zirkonium in Mineralen und Gesteinen angeführt aus welchen Tabellen die Autoren vorliegender Abhandlung in der separaten Tabelle 4 jene Angaben verwerten, die ultrabasische und basische Gesteine und in ihnen vorkommende Minerale betreffen. Die Autoren schenken den Gesteinen metasomatischer Genese, die besonders zirkoniumreich sind, ein besonderes Augenmerk. Es handelt sich hierbei um alkalische Gesteine (Oligoklasite, Mikroklinite, Albitite), wie auch um verchiedene albitisierte Gesteine (Granite, Syenite und andere alkalische Gesteine). Die Zirkoniumwerte dieser Gesteine sind hoch

Tabelle 4. Zirkoniumgehalte basischer und ultrabasischer Gesteine der UdSSR und die der Minerale dieser Gesteine: nach Angaben aus dem Buch „Geochimija redkich elementov“ Bd. I, Moskau, 1964.

Autor	Mineral	Lagerstätte	Zr ppm
Aus Pyroxeniten der normalen Reihe			
A. A. Kucharenko, Ja. M. Kravcov (1960)	Pyroxene (Durchschnitt)	Halbinsel Kola	510
H. F. Čeluščev, IMGRE	Bronzit	Halbinsel Kola Monče-Tundra	0–29
H. F. Čeluščev, IMGRE	Hypersten	detto	69
	Granat	detto	70
Aus Pyroxeniten alkalisch-ultrabasischer Massive			
A. A. Kucharenko, Ja. M. Kravcov (1960)	Biotite u. Phlogotite (Durchschnitt)	Halbinsel Kola	110
I. P. Tichonenko, IMGRE	Biotite	Halbinsel Kola Afrikanda	36–73
I. P. Tichonenko, IMGRE	Biotit	sekundär, nach Aegirin aus Aegiri- nit, Halbinsel Kola, Gremiacha, Vyrnes.	14
L. S. Borodin, IMGRE	Glimmer	Fuli, Anabar	180
L. S. Borodin, IMGRE	Glimmer	Odiehinč, Anabar	150
L. S. Borodin, IMGRE	Glimmer	Kugda, Anabar	153
L. S. Borodin, IMGRE	Glimmer	Vuori-Jarvi Halbinsel Kola	87–100
L. S. Borodin, IMGRE	Glimmer	Arbarastach, Aldan	73–80
A. A. Kucharenko, Ja. M. Kravcov (1960)	Pyroxene (Durchschnitt)	Halbinsel Kola	600
A. A. Kucharenko, Ja. M. Kravcov (1960)	Pyroxen	Guli-Anabar	160–180
A. A. Kucharenko, Ja. M. Kravcov (1960)	Pyroxen	Arbarastach, Aldan	350
I. P. Tichonenko, IMGRE	Pyroxen	Ukraine	100–180
I. P. Tichonenko, IMGRE	Diopsid	Halbinsel Kola Afrikanda	150–540
L. S. Borodin, IMGRE	Diopsid	Halbinsel Kola Vuori-Jarvi	400
J. P. Tichonenko, I. P. Tichonenko, IMGRE	Aegirin	detto	8400
	Aegirin	Halbinsel Kola Gremiacha-Vyrnes	200
L. S. Borodin, IMGRE	Amphibol	Arbarastach, Aldan	80
A. A. Kucharenko, Ja. M. Kravcov (1960)	Amphibol	Halbinsel Kola	1160
I. P. Tichonenko, IMGRE	alkalischer Amphibol	Halbinsel Kola Afrikanda	2100–5300
I. P. Tichonenko, IMGRE	alkalischer Amphibol	Halbinsel Kola Afrikanda	450
L. S. Borodin, IMGRE	Granat	Halbinsel Kola Afrikanda	730
S. F. Sobolev, IMGRE	Dunit	Raj-Iz, Ural	81
S. F. Sobolev, IMGRE	Peridotit	Raj-Iz, Ural	37–51
S. M. Kravčenko, IMGRE	Peridotit	Aldan	199
S. F. Sobolev, IMGRE	serpentinisierter Peridotit	Raj-Iz, Ural	111–148
S. F. Sobolev, IMGRE	Hornblendit	Sobský-Massiv, Ural	44–51
S. F. Sobolev, IMGRE	Hornblendit	Revdisky-Massiv Ural	14–148

S. F. Sobolev, IMGRE	Harzburgit	Sobsky-Massiv Ural	37
S. F. Sobolev, IMGRE	Diallagit	Kačkanar, Ural	148
S. F. Sobolev, IMGRE	Diallagit	Chabarny, Ural	296
S. F. Sobolev, IMGRE	Pyroxenit	Raj-Iz, Ural	51
S. F. Sobolev, IMGRE	pegmatoider Pyroxenit	Taligo-Barančinsky- Massiv, Ural	296
K. A. Žuk-Počekutov, IMGRE	Pikrit	Mejmeča, Taimir	44–74
K. A. Žuk-Počekutov, IMGRE	pikritischer Porphyrit	Mejmeča, Taimir	103–155
S. F. Sobolev, IMGRE	Gabbro	Polar- und Nord- ural	222
B. P. Zolotarev, IMGRE	Gabbro	Taligo-Barančinsky- Massiv	296
V. N. Chrjukin, S. P. Gavri- lovova, IMGRE	Gabbro	R. Burga, Sangilen, Tuva	1480
V. N. Chrjukin, S. P. Gavri- lovova, IMGRE	Gabbro	R. Kačik, Sangilen, Tuva	296
S. F. Sobolev, IMGRE	Gabbro-Norit	Sobsky-Massiv, Ural	370–444
S. F. Sobolev	Gabbro-Amphibolit	Revdivsky-Massiv, Ural	222
S. F. Sobolev, IMGRE	Gabbro-Amphibolit	Sobsky-Massiv, Ural	518
S. F. Sobolev, IMGRE	Gabbro (Gang im Peridotit)	Raj-Iz, Ural	669
S. F. Sobolev, B. P. Zolota- rev, IMGRE	Gabbro-Pegmatit	Taligo-Barančinsky- Massiv, Ural	148
S. F. Sobolev, IMGRE	Gabbro-Pegmatit	Sobsky-Massiv,	1482
K. A. Žuk-Počekutov, IMGRE	Basalt	Mejmeča, Taimir	222

und erreichen bis zu 3,38 % ZrO_2 . Am häufigsten sind Werte in zehntel Prozent und dies unter 0,4 %. Der Durchschnittswert aus den Gesteinen in Tabelle 161 der zitierten Arbeit beträgt 0,5361 % ZrO_2 . Dies stellt einen Durchschnitt von ungefähr 29 Analysen dar.

Die Autoren führen an, dass sich Zirkonium und Hafnium in praktisch nutzbarem Ausmass nur in spezifischen Gesteinen, und zwar in Gesteinen der Agpait-Reihe konzentrierten. Der Pegmatit-Prozess akkumuliert, ausgenommen die alkalischen (Agpait-) Magmen, auch keine grösseren Zirkoniummengen. Der hydrothermale Prozess konzentriert auch kein Zirkonium, obzwar zu dessen Beginn eine erhöhte Akkumulation festgestellt werden kann. Die postmagmatischen, metasomatischen Prozesse (Syenitisation, Feldspatisierung) sind die einzig wirksamen Prozesse in deren Verlauf Zirkonium intensiv konzentriert wird. Auch exogene Prozesse — Entstehung von Konkretionen — können ein Loslösen von Zirkonium, dessen Migration und Akkumulation in ökonomisch bedeutendem Ausmass bewirken.

Auswertung der Ergebnisse

In dieser Arbeit werden aus Platzmangel nicht die Zirkoniumgehalte der einzelnen Proben, sondern nur die Durchschnittswerte von Zirkonium und anderer Elemente in den einzelnen Gesteinsgruppen und die zugehörigen Durchschnittswerte der Korrelationsindizes angeführt. Diese Durchschnittswerte befinden sich in Tabelle 5. In einigen

graphischen Auswertungen jedoch, wurden aber Analysen einzelner Proben verwendet. Vollständige Tabellen der Makro- und Mikroelemente von basischen Gesteinen der Westkarpaten werden monographisch veröffentlicht.

Bei der Auswertung der analytischen Ergebnisse wurde zumal das Verhältnis der Zirkoniumgehalte zum Differentiationsverlauf der basischen Gesteine verfolgt. Von Interesse für die Verfasser war, welcher Differentiationsindex in Korrelation mit den Gehalten an Zirkonium, die besten Ergebnisse zeitigt, von welchen geochemischen und geologischen Faktoren die Distribution der Elemente abhängig ist, und die konkreten Unterschiede der Zirkoniumgehalte in den einzelnen Differentiationsreihen. Zu diesem Zwecke wurde der modifizierte Larsensche Index, der felsitische Index, der mafische Index, der Si-Gehalt, die Summe Fe + Mn + Mg + Ca probeweise benutzt. Dabei zeigte es sich; dass in den verschiedenen Gesteinsgruppen die verschiedenen Indizes engere oder weitere Verhältnisse aufweisen; dies bedeutet, dass bei den variablen Gruppen von Gesteinen mit unterschiedlicher Genese, Stratigraphie, und je nach geographischem Vorkommen und geologischem Auftreten (Effusiv- und Intrusivgesteinen), die Distribution durch verschiedene Faktoren beeinflusst wird.

Zur Konstruierung der graphischen Darstellungen wurden je nach Bedarf normale, semilogarithmische bzw. logarithmische Koordinatennetze verwendet. In vorliegender

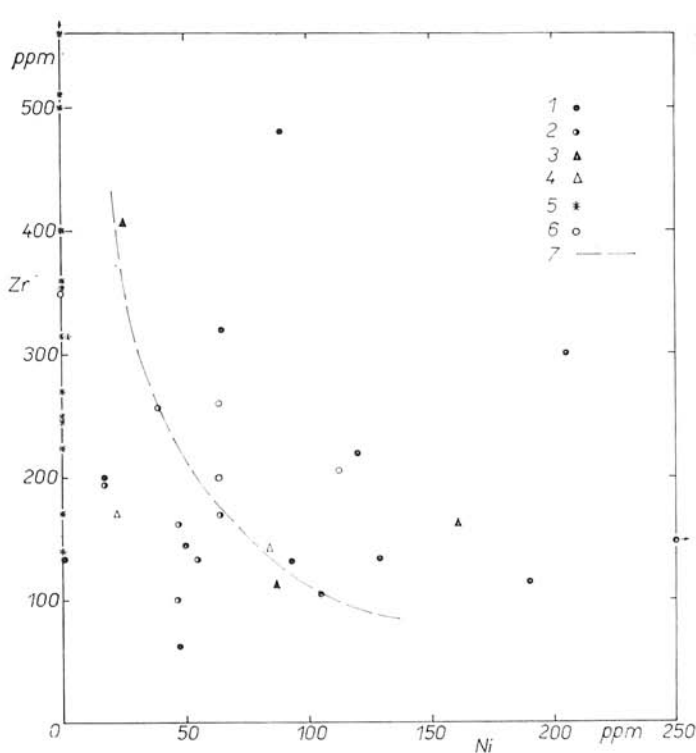


Abb. 1: Schaubild der Korrelation von Zirkonium und Nickel bei basischen Extrusivgesteinen des Kambrosilurs der Gemeriden. Die Punkte an der senkrechten Achse gehören den tuffogenen und extrusiven Gesteinen des Gebietes des Jalovičů vrch bei Mněšek an, bei welchen die hydrothermalen Veränderungen zur Beseitigung des Nickels führten, die Zirkoniumgehalte jedoch unverändert blieben.

Erläuterungen: 1 — basische Extrusivgesteine normaler Basizität des Kambrosilurs der Gemeriden; 2 — extrem saure Differentiate von Extrusivgesteinen; 3 — Tuffe basischer Extrusivgesteine; 4 — Tuffite basischer Extrusivgesteine; 5 — pyrogene basische Extrusivgesteine des Gebietes Jalovičů vrch bei Mněšek; 6 — Gesteine strittiger Zugehörigkeit; 7 — Verbindungslinie der Durchschnittswerte der Untergruppen;

Arbeit können nicht alle konstruierten Schaubilder angeführt werden, doch sollen im Verlaufe der Abhandlung auch jene Resultate veröffentlicht werden, die aus den von den Verfassern konstruierten, aber in dieser Publikation nicht aufscheinenden graphischen Darstellungen, gezogen werden können.

Die Korrelation der Zirkonium- und Nickelgehalte

Die graphische Darstellung der Korrelation von Zirkonium und Nickel deutet an, dass bei den Vulkaniten des Kambrosilurs der Gemeriden, die eine breitere Spannweite

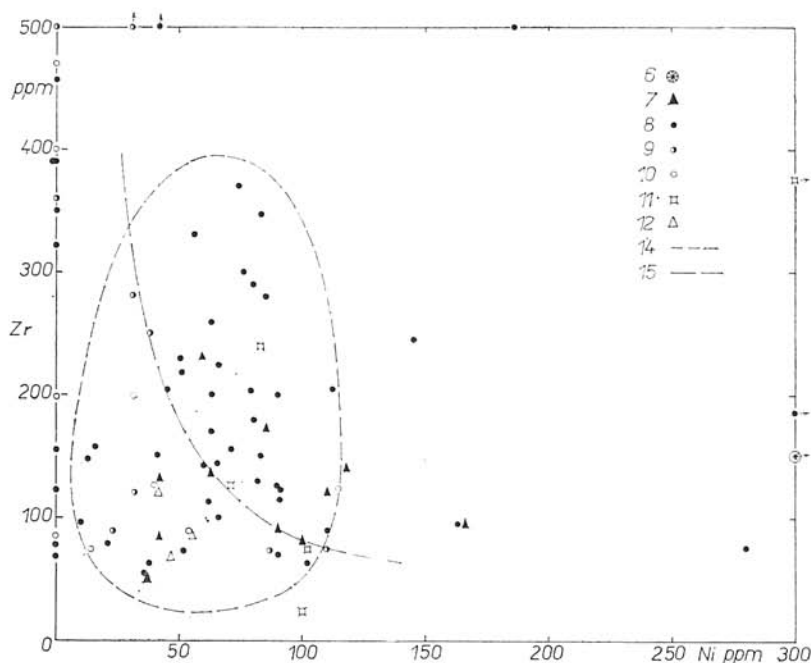


Abb. 2: Schaubild der Korrelationen von Zirkonium und Nickel in basischen Vulkaniten des Devons. Die Kurve deutet die Stellung der Durchschnittswerte der Gesteinsuntergruppen an; sie nimmt den Verlauf negativer Korrelation, jedoch bestätigt das die maximale Gruppierung umgrenzende Feld eine solche Korrelation nicht.

Erläuterungen: 1 — normal basische Extrusivgesteine des Kambrosilurs der Gemeriden; 2 — extrem leukokrate Differentiate von Kambrosilur-Extrusivgestein der Gemeriden; 3 — Tuffe Kambrosilur-Extrusivgesteins; 4 — Tuffite basischer Extrusivgesteine des Kambrosilurs; 5 — pyrogene, hydrothermal umgewandelte Gesteine des Gebietes Jalovič vrch bei Mušek; 6 — ultrabasische Differentiate basischen Extrusivgesteins des Devons der Gemeriden; 7 — melanokrate Differentiate basischer Extrusivgesteine des Devons; 8 — normal basische Extrusivgesteine des Devons; 9 — leicht leukokrate Differentiate von Extrusivgesteinen des Devons; 10 — extrem leukokrate Differentiate basischer Extrusivgesteine des Devons; 11 — Tuffe basischer Extrusivgesteine des Devons; 12 — Tuffite basischer Extrusivgesteine des Devons; 13 — Umgrenzung des Feldes maximaler Konzentration der Korrelationspunkte der Extrusivgesteine des Kambrosilurs; 14 — Umgrenzung des Feldes maximaler Konzentration von Korrelationspunkten der Extrusivgesteine des Devons; 15 — Verbindungslinie zwischen den annähernd durchschnittlichen Werten der partiellen Untergruppen von Extrusivgesteinen des Devons; die Schraffur bei Nr. 7, 8, 9 und 10 kennzeichnet die Umgrenzung des Feldes der Korrelationspunkte der jeweiligen Gesteinsuntergruppen.

der Differentiation aufweisen, ein klares negatives Verhältnis beider Elemente, ausgedrückt durch eine regelmässige Linie, vorliegt (Abbildung 1).

Die basischen Vulkanite des Devons (Abb. 2) und ähnlich auch die grossen intrusiven Gesteine der Gabbros des unteren und mittleren Karbons (2b), zeigen eine minimale Abhängigkeit des Zirkoniums vom Nickelgehalt; die Begrenzung der Felder mit maximaler Punktzahl, stellt eine offene, nach unten orientierte Ellipse dar. Bei grossen Intrusivkörpern ist eine unterschiedliche Plazierung der Intrusions-Felder bei Dobšiná und Košická Belá zu bemerken. Es ist dies infolge dessen, dass die Intrusionsgesteine von Dobšiná verhältnismässig weniger Nickel und mehr Zirkonium aufweisen.

Die Korrelationsverhältnisse Zr/Ni bei basischen Gesteinen (Vulkanite und Intrusivgesteine) des oberen Karbons bieten ein ähnliches Bild wie beim Devon (Abb. 3). Die Vulkanite, selbständig beurteilt, haben eine positive Korrelation, was durch die Lage der Ellipse ausgedrückt wird. Jüngere basische Gesteine, die im Perm bis Neogen entstanden sind, weisen gut unterscheidbare Felder der Korrelationspunkte Zr/Ni der einzelnen natürlichen Vulkanitgruppen auf; bei ihnen ist ein deutliches Verhältnis zur Basizität und Alkalität zu bemerken. Die Gruppen der alkalischen Gesteine, einschliesslich der Gruppen der Melaphyre des Perms und der Basanite des Neogens haben, im Verhältniss zu normalen Typen basischer Vulkanite, die Felder zu höheren Zirkoniumgehalten hin verschoben. Im Schaubild lässt sich eine gesamte negative Tendenz der Korrelation, d. i. ein Anwachsen des Zirkoniums bei einer Verringerung des Nickels (Abb. 4) von den ultrabasischen Gesteinen an, bis zu den Porphyriten hin erkennen. Die Verlängerung der Felder der einzelnen Gesteinsgruppen deuten eine positive oder negative, für diese Gruppen gültige Korrelation an.

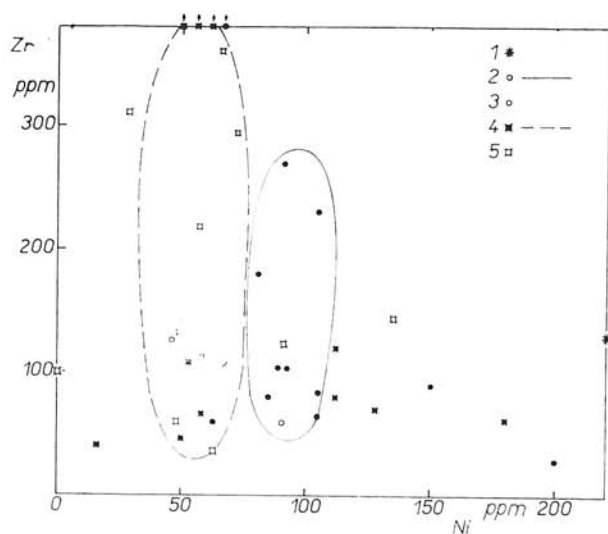


Abb. 2b: Korrelationsdiagramm von Zirkonium und Nickel bei grossen Intrusivkörpern von Gabbros und Dioriten des Gebietes von Košická Belá und Dobšiná.

Erläuterungen: 1 — Serpentin und Körper grösserer Intrusivgesteine des Gabbros des Gebietes von Košická Belá; 2 — Korrelationspunkte und Umgrenzung des Feldes der Gabbros normaler Basizität grösserer Intrusivgesteine des Gebietes von Košická Belá; 3 — Korrelationspunkte extrem leukokrater Differentiate von Gabbros; 4 — Korrelationspunkte und Feldumgrenzungen der Gabbros normaler Basizität grösserer Intrusivgesteine des Gebietes von Dobšiná; 5 — Korrelationspunkte extrem leukokrater Differentiate von Gabbros des Gebietes von Dobšiná; 6 — Korrelationsachse.

Im Korrelationsschaubild der Durchschnittswerte des Verhältnisses Zr zu Ni (Abb. 5) ist eine ausgeprägt negative Abhängigkeit erkennbar; dies bedeutet, dass der Zirkoniumgehalt steigt, während sich der Nickelgehalt verringert. Dabei ist bemerkbar, dass bei den grossen Intrusivgesteinen (11, 12, 13, 14, 15, 16) (Gabbros von Dobšiná und Košická Belá), in den am meisten saueren Differentiaten, der Zirkoniumgehalt sinkt. Bei den alkalischen Gesteinen des Mesozoikums (29, 31) ist ein starkes Ansteigen des Zirkoniumgehaltes sichtbar.

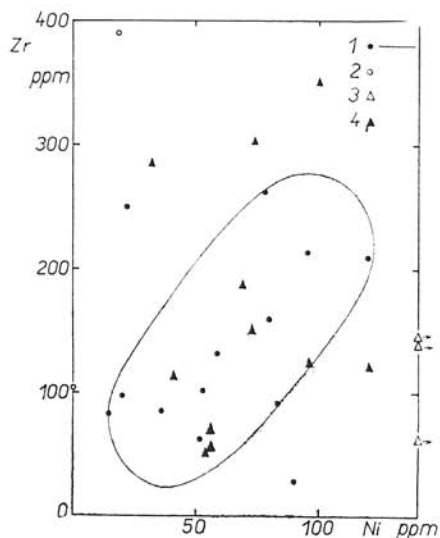


Abb. 3: Schaubild der Korrelation von Zr und Ni bei Extrusiv- und Intrusivgesteinen des oberen Karbons. Das Feld der Extrusivgesteine ist durch eine Ellipse umgrenzt.

Erläuterungen: 1 — Korrelationspunkte und Umgrenzung ihres Feldes normal basischer Extrusivgesteine des oberen Karbons; 2 — Korrelationspunkte extrem saurer Differentiate basischen Extrusivgesteins des oberen Karbons; 3 — Korrelationspunkte von Serpentiniten des oberen Karbons der Gemeriden; 4 — Korrelationspunkte von Gabbros normaler Basizität des oberen Karbons und Umgrenzung ihres Feldes.

Die Korrelation der Zirkonium- und Vanadinglehalte

Die Diabase des Kambrosilurs weisen weder positive noch negative Abhängigkeit des Zirkoniumgehaltes von dem des Vanadins auf.

Die basischen Gesteine des Devons (Abb. 6) haben elliptische Form, was die Anordnung der Korrelationspunkte mit positiver Korrelation betrifft.

Die Korrelationspunkte Zr/V bilden bei den grossen Intrusivgesteinen von Dobšiná und Košická Belá Felder mit niedrigen Zirkoniumgehalten und mit schwach positiver Korrelation (Abb. 7). Über der Ellipsenachse kommen die Werte der saueren Differentiate und unter der Ellipsenachse kommen die der basischeren zu liegen. Der Vanadinglehalt schwankt in breitem Intervall.

Die basischen Gesteine des Karbons (Abb. 8) haben das Feld der Korrelationspunkte in einen extrusiven und einen intrusiven Teil geteilt. Die Korrelation Zr/V ist positiv.

Im Schaubild der Korrelationen Zr/V permischer und neogener Basite (Abb. 9), sind die Felder verschiedener Gesteinsgruppen getrennt sichtbar. Die normalen Diabase des Mesozoikums haben eine ausgeprägt positive Korrelation, die Ultrabasite zeigen keinerlei Beziehungen zwischen Zirkonium und Vanadin und schliesslich haben Porphyrite, Melaphyre und Basalte negative Korrelation. Die Gruppen der alkalischen Gesteine sind gegenüber den normalen Typen basischer Gesteine zu höheren Zirkoniumgehalten hin verschoben. Allgemein lassen sich bei den Feldern der einzelnen Gesteinsgruppen

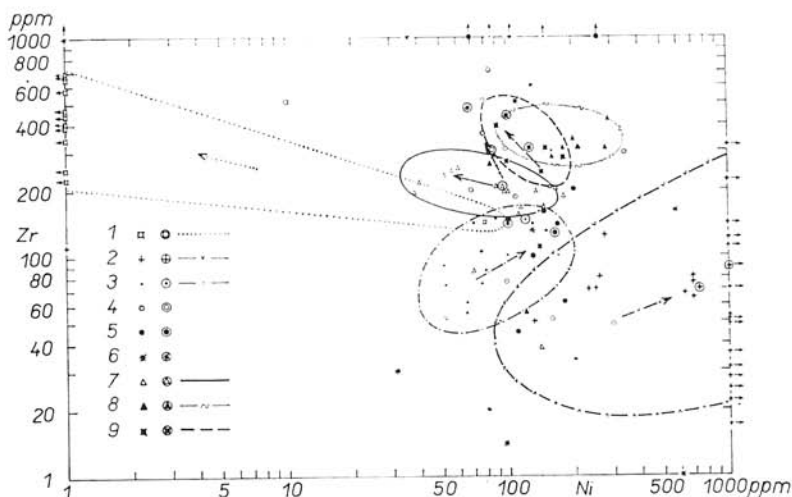


Abb. 4. Schaubild der Korrelation von Zr und Ni basischer Gesteine vom Perm bis Neogen der Westkarpaten. Auf dem logarithmischen Koordinatennetz sind die Felder der Punkte von natürlichen Vulkanitgruppen umgrenzt. Die Orientierung der durch Pfeil gekennzeichneten Ellipse, bestimmt die positive oder negative Korrelation.

Erläuterungen: 1 — Korrelationspunkte, deren Durchschnittswert und Umgrenzung des Feldes der Porphyrite des Perms der Gemeriden; 2 — detto der Serpentinite des Mesozoikums der Gemeriden; 3 — detto der Diabase und Spilite der Trias der Gemeriden; 4 — detto der Glaukophanite der Trias der Gemeride; 5 — detto der Augitite der Tatro-Veporiden und der Klippenzone der West-Karpaten; 6 — detto der Tschinitite der äusseren Zone der West-Karpaten; 7 — detto der Basanitoide und Basanite vom Neogen bis Quartär der Mittel-Slowakei; 8 — detto der Basanitoide und Basanite vom Neogen bis Quartär der Mittel-Slowakei und zwar der Proben ohne Unterlage von Silikatanalysen; 9 — detto der Melaphyre des Perms der West-Karpaten.

zweierlei Korrelationstendenzen feststellen: eine positive und eine negative. Wenn man das Stillesche Schema der Entwicklung des Magmatismus in orogenen Gebieten in Erwägung zieht muss konstatiert werden, dass der finale Magmatismus des studierten Gebietes eine negative, der initiale wiederum eine positive Korrelation Zr/V aufweist.

Im summarischen Schaubild der Korrelationspunkte aller basischen Vulkanite (Abb. 10) ist in erster Reihe das konzentrische Feld der maximalen Anhäufung der Werte sichtbar. Die positive Korrelation ist jedoch, wenn auch unausgeprägt, bemerkbar.

Die Korrelation von Zirkonium und Vanadin ist im Schaubild der Durchschnittswerte bei den einzelnen Gesteinsgruppen unausgeprägt. Einzig bei den basischen Vulkaniten des Mesozoikums und den basischen Intrusivgesteinen von Košická Belá ist sie schwach positiv, währendem sie bei den basischen Gesteinen von Dobšiná sowie bei den Porphyriten negativ ist. Bei den basischen Gesteinen des Karbons haben die Intrusivgesteine eine unausgeprägt positive, und die Effusivgesteine eine unausgeprägt negative Korrelation. Infolge dieses unausgeprägten Verhältnisses, ist das Studium dieser Korrelation für die Lösung genetisch-stratigraphischer Probleme nicht gerade am geeignetsten, und deshalb wird auch das Schaubild der Durchschnittswerte der Korrelation Zr/V , nicht angeführt.

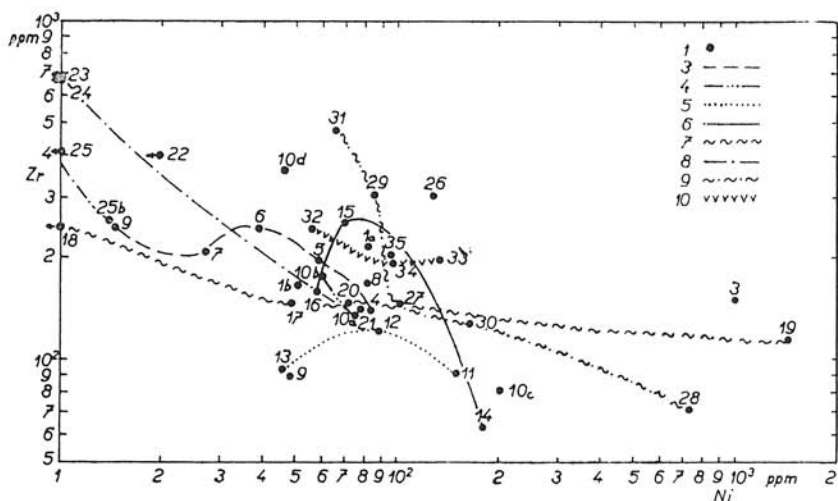


Abb. 5: Korrelationsschaubild der Durchschnittswerte des Verhältnisses von Zirkonium und Nickel der Hauptgruppen basischer Vulkanite der West-Karpaten, ausgeführt auf logarithmischem Koordinatennetz.

Erläuterungen: 1 — Korrelationspunkte der durchschnittlichen Zirkoniumwerte und der zugehörigen Korrelationsfaktoren natürlicher Gesteinsgruppen der West-Karpaten aus Tabelle 4. Die Nummern der Gesteinsgruppen sind die selben; 2 — Verbindungslinie der Untergruppen von Extrusivgesteinen des Kambrosilurs der Gemeriden; 3 — detto des Devons der Gemeriden; 4 — detto kleinerer Intrusivgesteine von Gabbrodioriten des Kambrosilur- und Devon-Gebietes der Gemeriden; 5 — detto grosser Intrusivgesteine von Gabbros und Dioriten des Gebietes von Košická Belá; 6 — detto grosser Intrusivgesteine von Gabbros und Dioriten des Gebietes von Dobšiná; 7 — detto basischer Extrusiv- und Intrusivgesteine des oberen Karbons der Gemeriden; 8 — detto der Porphyrite des Perms der Gemeriden und der Melaphyre des jüngeren Paläozoikums der West-Karpaten; 9 — detto basischer Extrusiv- und Intrusivgesteine des Mesozoikums der West-Karpaten; 10 — detto der Basanitoiden und Basanite vom Neogen bis Quartär der Mittel-Slowakei; 11 — Haupttendenz der Korrelation bezüglich der Differentiation; 12 — Umgrenzung des Feldes der Durchschnittswerte von Untergruppen alkalischer Vulkanite der West-Karpaten mit angedeuteter Korrelation; 13 — Umgrenzung des Feldes der Durchschnittswerte von Untergruppen saurer Differentiate basischer Vulkanite mit angedeuteter Korrelationstendenz; 14 — Umgrenzung des Feldes der Durchschnittswerte von Untergruppen ultrabasischer Gesteine der West-Karpaten; 15 — Umgrenzung des Feldes der Durchschnittswerte von Untergruppen mittelmässig basischer Gesteine der West-Karpaten.

Die Korrelation der Zirkonium- und Titangehalte

Die basischen Effusivgesteine des Devons (Abb. 11) weisen eine ausgeprägt positive Korrelation auf, wobei beim Titan eine grössere Streuung der Werte als beim Zirkonium zu bemerken ist. Die saureren Varietäten haben die Korrelationspunkte über dem elliptischen Feld normaler basischer Diabase situiert. Einen ähnlichen Charakter der Distribution kann auch bei den Gesteinen des Kambrosilurs beobachtet werden, auch wenn hier weniger Angaben zur Verfügung stehen, weshalb auch das diesbezügliche Schaubild nicht angeführt wird.

Im Diagramm der jüngeren Gesteine als Karbon (Abb. 12), hat jede Gruppe seine spezifische Anordnung der Korrelationspunkte Zr/Ti im semilogarithmischen Koordinatennetz. Ohne jede erkennbare positive oder negative Korrelation sind die Serpentine

und Augitite des Mesozoikums; eine klare positive Korrelation haben Diabase, eine unausgeprägte Basanite. Die Porphyrite zeigen, wie gewöhnlich, negative Korrelation.

Die Durchschnittswerte der Korrelation Zr/Ti der einzelnen Gesteinsgruppen bieten keinerlei Möglichkeit, eindeutige Schlüsse für die jeweiligen Gruppen zu ziehen.

Die Korrelation der Zirkonium- und der Gesamteisenwerte

In Abb. 13 sind die Korrelationspunkte Zr/Fe der basischen Gesteine des Kambrosilurs aufgetragen; aus deren Anordnung ist kein direktes Verhältnis der Gehalte an Zr, zu jenen des ΣFe zu erkennen. Die Punkte der mit Kreischen versehenen Gesteine, können dank ihres erhöhten Zirkoniumgehaltes ebenso gut zu den Randfazien der Intrusivgesteine gehören. Die Individualität der Anordnung der Punkte (senkrechte Ellipse) zeugt eher von ihrer Zugehörigkeit zu den Intrusivgesteinen.

Die Korrelationswerte $Zr/\Sigma Fe$ der basischen Effusivgesteine des Devons bilden in Abb. 14 eine breite senkrechte Ellipse. Deshalb steht das Zirkonium weder in positivem, noch in negativem Verhältnis zum Gesamteisen.

Die Korrelationspunkte $Zr/\Sigma Fe$ kleinerer Intrusivgesteine des Silurs und Kambrosilurs der Gemeriden sind in Abb. 15 abgebildet. Der senkrechten Richtung der elliptischen Fläche nach ist zu erkennen, dass bei ihnen ein direktes Verhältnis von Zirkonium zum Gesamteisen nicht existiert.

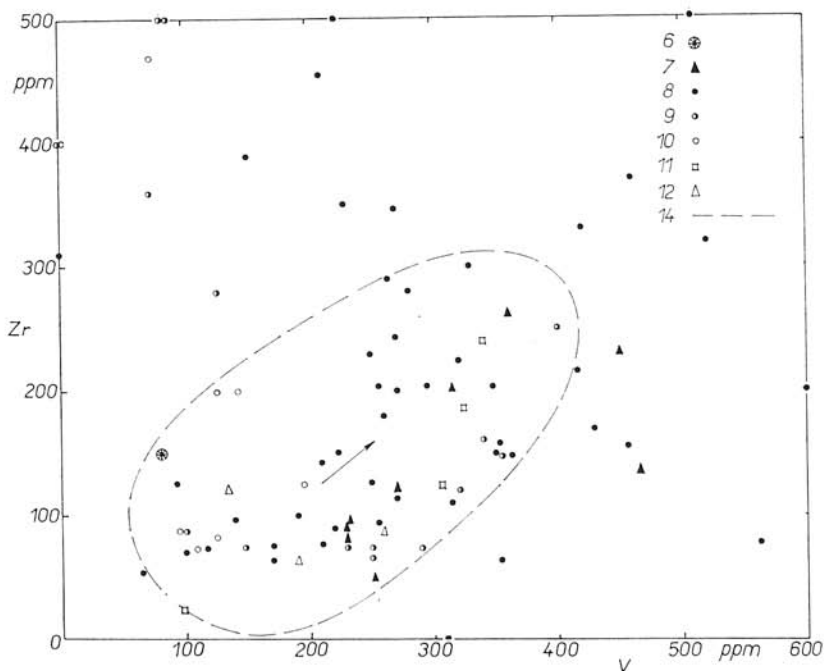


Abb. 6. Korrelationsdiagramm von Zirkonium und Vanadin bei basischen Extrusivgesteinen des Devons.

Erläuterungen: siehe bei Abb. 2.

Bei vom Perm jüngeren Gesteinen (siehe Abb. 16) Diabase und Glaukophanite eine positive Korrelationstendenz. Serpentine zeigen entweder gar keine, oder sehr unausgeprägte Korrelation, bei Basalten und Augititen besteht ausgeprägt weder positive noch negative, während Porphyrite erneut eine deutlich negative Korrelation zeigen.

Im Schaubild der durchschnittlichen Korrelationswerte $Zr/\Sigma Fe$ der einzelnen Gesteinsgruppen ist zu sehen (Abb. 17), dass die einzelnen Werte von verwandten Gesteinstypen auf der Fläche des Diagramms als selbstständige Felder umgrenzt werden können. Die ultrabasischen Gesteine nehmen den unteren Teil der Fläche ein, während Gesteine normaler Basizität in der Mitte des Diagramms in Form einer horizontalen Ellipse zu liegen kommen, wobei die sauren Differentiate die Durchschnittswerte der Punkte $Zr/\Sigma Fe$ im linken Teil dieser Ellipse konzentrieren. Das Feld der Porphyrite, das eine negative Korrelation hat und die Punkte der alkalischen Gesteine, sind über das Feld der normal basischen Gesteine hin geschoben. Die Basalte haben ein positives Verhältnis. Negative Korrelation haben auch die Karbon-Diabase und Intrusivgesteine, deren Durchschnittspunkte durch eine Linie verbunden sind. Auch das Gesamtverhältnis von Zirkonium und Gesamteisen ist nicht besonders ausdrucksvoll.

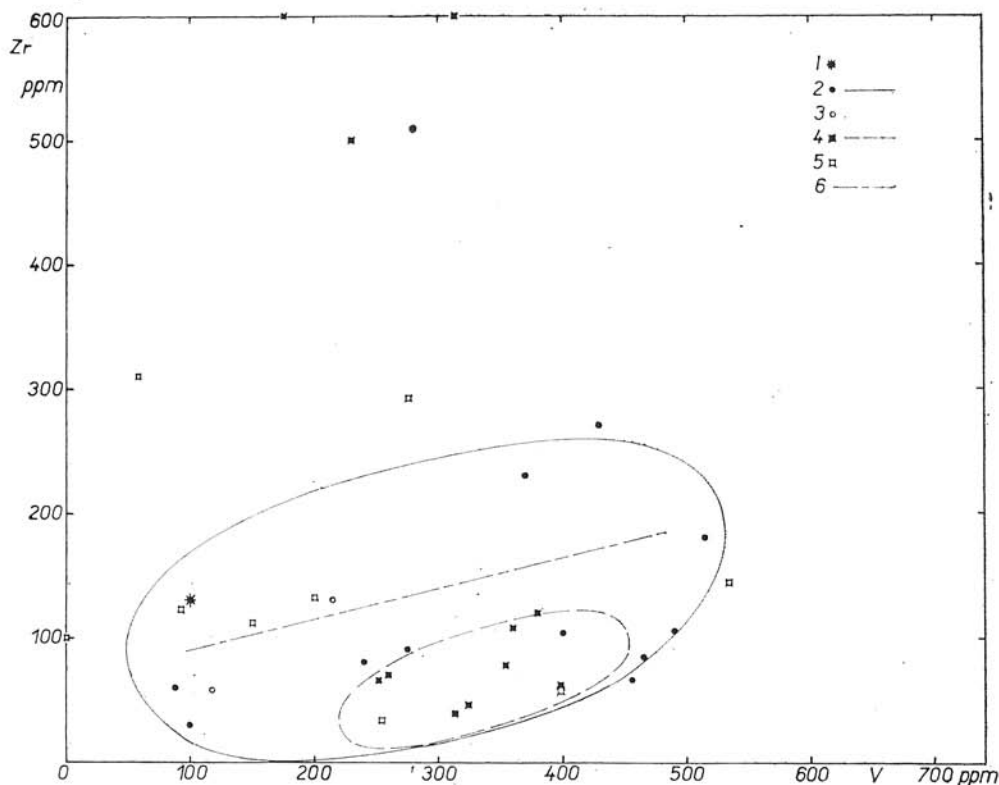


Abb. 7. Korrelationsdiagramm von Zirkonium und Vanadin bei grossen intrusivkörpern von Gabbros und Dioriten des Gebietes von Košická Belá und Dobšiná.

Erläuterungen: siehe bei Abb. 2b.

Die Korrelation der Zirkonium- und Siliziumgehalte

Von den verfertigten Schaubildern ist das Korrelationsdiagramm der Durchschnittsgehalte von Zr und Si in den einzelnen Gesteinsgruppen, das hier unter der Nummer 18 angeführt wird, das günstigste. Dieses Korrelationsverhältnis von Zirkonium und Silizium kann bereits unter jene gerechnet werden, welche die Frage der Distribution des Zirkoniums in Bezug auf die Differentiationsstufe lösen helfen.

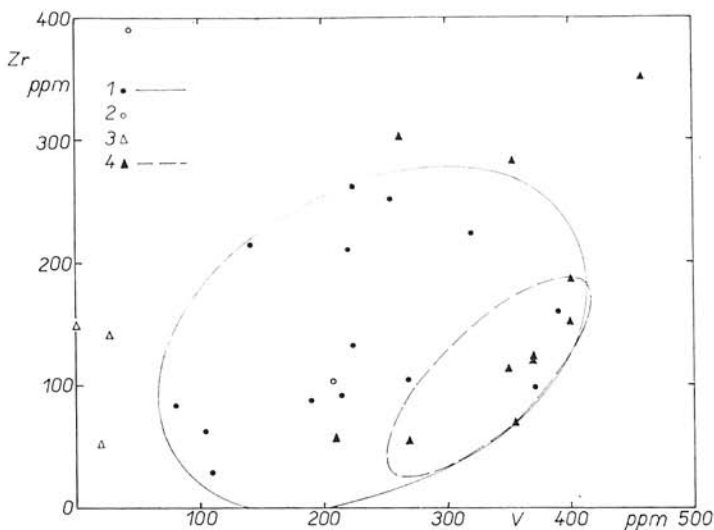


Abb. 8. Korrelationsdiagramm von Zirkonium und Vanadin basischen Extrusiv- und Intrusivgesteins des oberen Karbons der Gemeriden.
Erläuterungen: siehe bei Abb. 3.

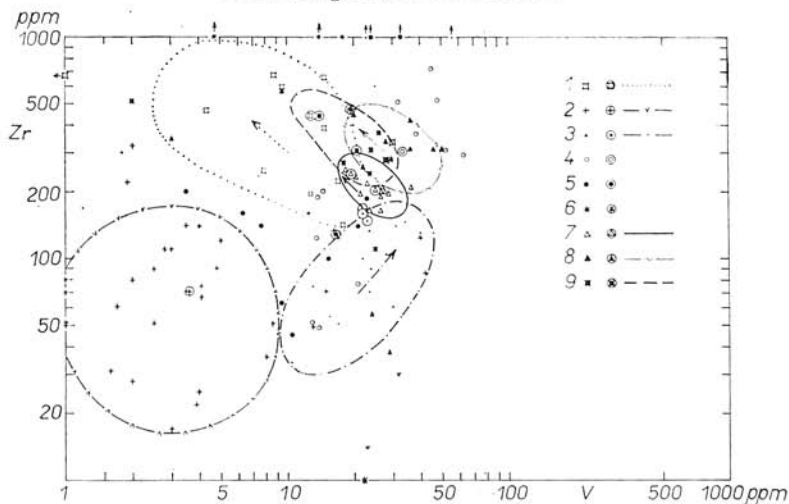


Abb. 9: Korrelationsdiagramm von Zirkonium und Vanadin basischer Vulkanite vom Perm bis Neogen der West-Karpaten, ausgeführt auf logarithmischem Koordinatennetz.
Erläuterungen: siehe bei Abb. 4.

Die Korrelationspunkte der einzelnen Gesteinstypen stehen innerhalb der Fläche des Schaubildes verhältnismässig selbständig da. Die Haupttendenz der Korrelation bezüglich der Differentiation ist positiv (wird durch eine Linie gekennzeichnet). Die alkalischen Gesteine sind von dieser Mittellinie zu höheren Zirkoniumwerten hin abgewichen, wobei die alkalische Reihe der ungesättigten Gesteine als selbstständige Gruppe eine negative Korrelation aufweist. Andererseits wieder haben extrem saure Differentiate des Perms, Karbons und der grossen Intrusivgesteine eine gegenteilige Tendenz d. h. dass sie in Richtung zu kleineren Zirkoniumgehalten abschwenken und auch Zeichen negativer Korrelation aufweisen.

Die Korrelation der Zirkoniumgehalte und des felsitischen Indexes $\left(\frac{\text{Na} + \text{K} \cdot 100}{\text{Na} + \text{K} + \text{Ca}} \right)$

Diese Korrelation indiziert die Beziehung der Zirkoniumgehalte zum Alkalienghalt, zu der Basizität der Feldspäte und teilweise auch zu den Kalzium enthaltenden mafi-

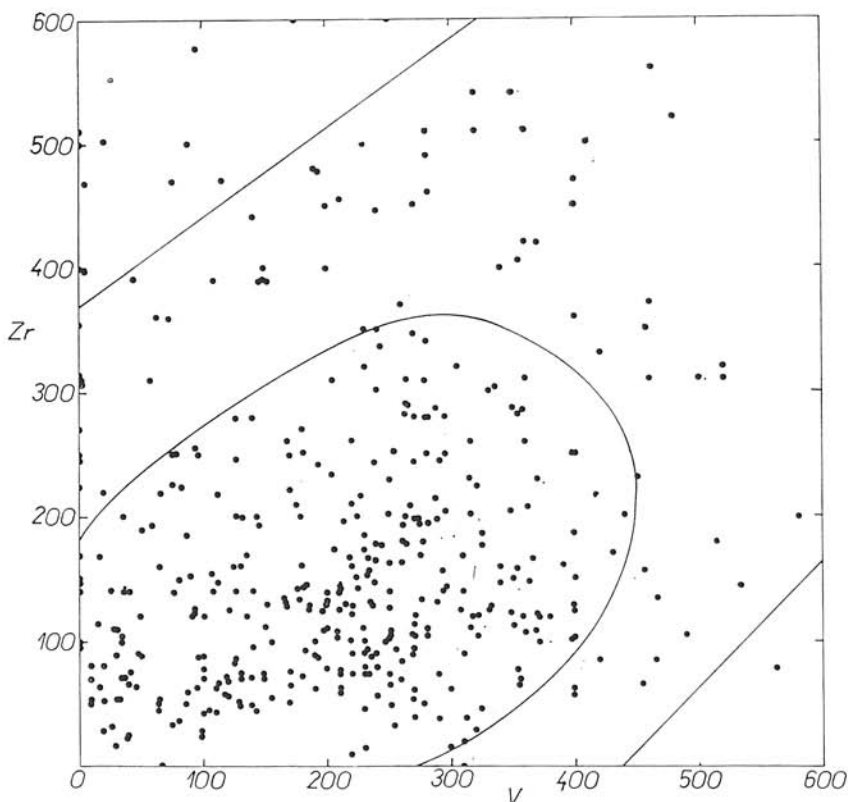


Abb. 10. Summarisches Korrelationsdiagramm von Zirkonium und Vanadin basischer Extrusiv- und Intrusivgesteine des Kambrosilurs bis Neogen der West-Karpaten. Erläuterungen: die Punkte entsprechen den Korrelationswerten der einzelnen Proben; Die Geraden begrenzen das Korrelationsfeld der Punkte und die Kurve begrenzt das Feld mit der grössten Anhäufung von Korrelationspunkten.

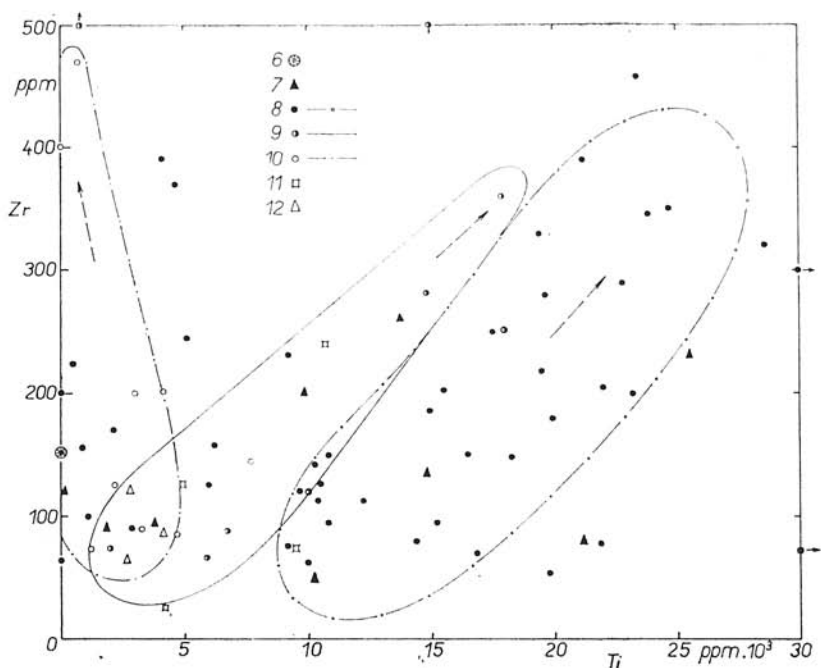


Abb. 11: Korrelationsdiagramm von Zirkonium und Titan basischer Extrusivgesteine des Devons der Gemeriden.
Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 2.

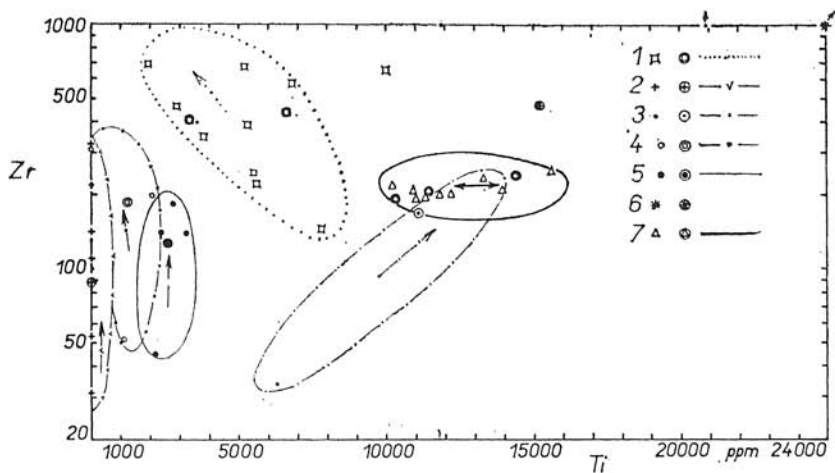


Abb. 12: Korrelationsdiagramm von Zirkonium und Titan basischer Vulkanite und Intrusivgesteine vom Perm bis Neogen der West-Karpaten, ausgeführt auf halblogarithmischem Koordinatennetz.
Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 4.

schen Mineralen. Das Verhältnis von Zirkoniumgehalt und alkalischem Index ist in den meisten Fällen bei grösserer Differentiationsreihe der Gesteine evident. Ohne eine solche evidente Beziehung der Zirkoniumgehalte zum felsitischen Index sind basische Effusivgesteine des Kambrosilurs und des Devons (siehe Abb. 19), bei denen sich die Verdichtung der Korrelationspunkte im Diagramm konzentrisch gruppiert, und dies zu einer mehr oder minder kreisförmigen Fläche zwischen den Werten 0 bis 300 ppm Zr und 0 bis 50 des felsitischen Indexes, oder sie bilden eine horizontal gelagerte Ellipse (Effusivgesteine des Kambrosilurs). Kleinere Intrusivgesteine von Gabbrodioriten des Gebietes der Phyllit-Diabas-Serie und des Kambrosilurs weisen demgegenüber eine deutlich positive Korrelation auf (Abb. 20) was bedeutet, dass die intrusiven Formen geochemisch stabilisierter sind und dass bei ihnen die Distribution des Zirkoniums deutlich vom Differentiationsfaktor abhängig ist. Sie sind auch weniger durch Dynamomorphose und sekundäre Umwandlungen beeinträchtigt. Die grösseren Intrusivgesteine der Gabbros und Gabbrodiorite zeigen auch keine deutliche Korrelation und das zumal bei den mehr differenzierten Gesteinen von Dobšiná, jedoch ist bei den weniger differenzierten Gesteinen von Košická Belá eine positive Beziehung evident (Abb. 21). Die karbonischen basischen Intrusiv- und Extrusivgesteine (Abb. 22), haben die Korrelationspunkte in zwei Feldern angeordnet. Das Feld der Effusivgesteine hat eine unausgeprägt positive Korrelation, das Feld der karbonischen Intrusivgesteine ist kreisförmig und bei niedrigen Werten des felsitischen Indexes und Zirkoniumwerten situiert.

Die mesozoischen Diabas-Vulkanite (Abb. 23) zeigen eine positive Korrelation, ähnlich wie die permischen Porphyrite und die neogenen Basanite. Die mafischen Differentiate

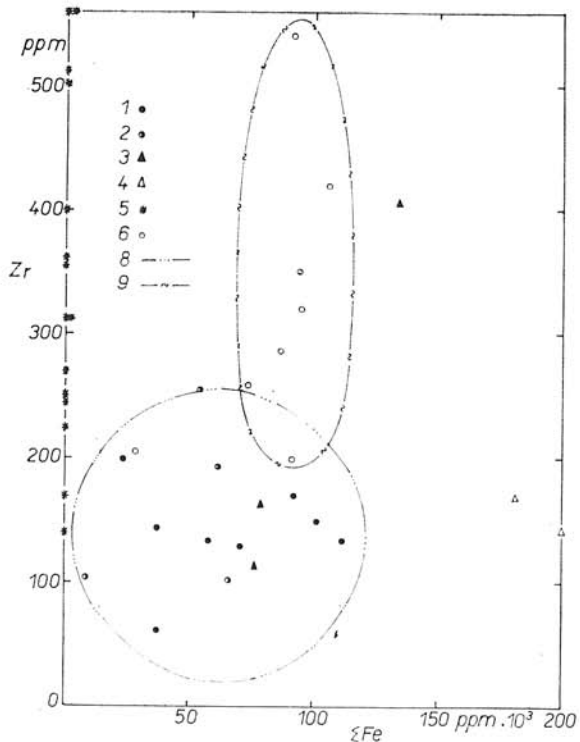


Abb. 13: Korrelationsdiagramm von Zirkonium und Gesamtisen basischer Extrusivgesteine des Kambrosilurs der Gemeriden.

Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 1.

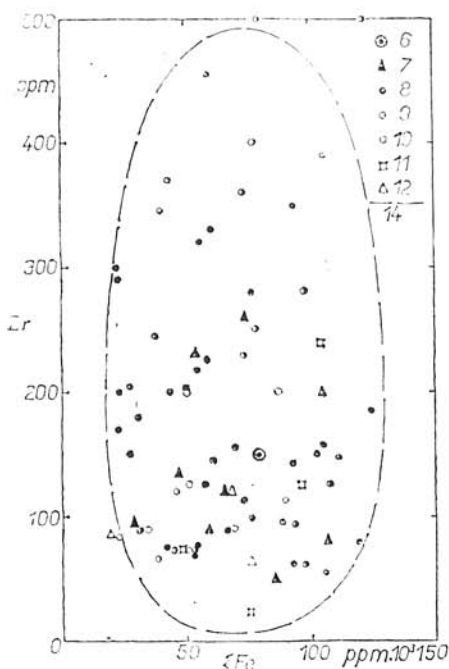
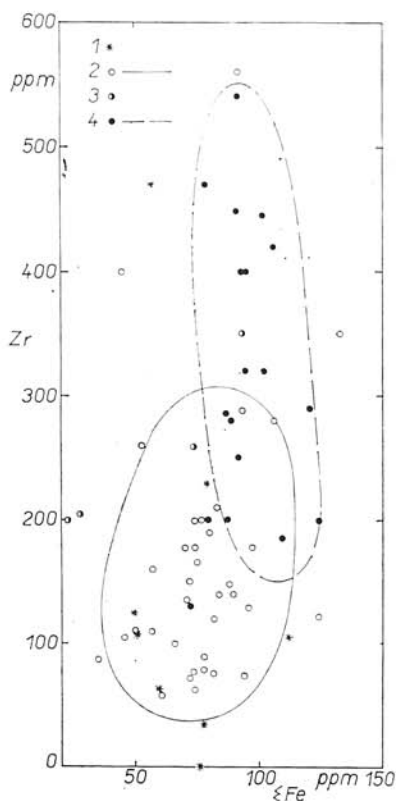


Abb. 14: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und Gesamteisen basischer Extrusivgesteine des Devons der Gemeriden.

Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 2.

Abb. 15: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und Gesamteisen kleinerer Intrusivgesteine von Gabbrodioriten des Gebietes der Phyllit-Diabas-Serie des Devons und des Gebietes des Kambrosilurs der Gemeriden.

Erläuterungen: 1 — Korrelationspunkte kleinerer Intrusivgesteine von Gabbrodioriten normaler Basizität des Gebietes des Devons der Gemeriden; 2 — Korrelationspunkte und Begrenzung deren Feldes kleiner Intrusivgesteine von Gabbrodioriten normaler Basizität des Gebietes des Kambrosilurs der Gemeriden, ausgenommen das Gebiet des Jaloviči vrch bei Mníšek; 3 — Korrelationspunkte der, an Kontakten kleiner Intrusivgesteine von Gabbrodioriten unsicherer Zugehörigkeit auftretenden, Diabasgesteine; 4 — Korrelationspunkte und Begrenzung deren Feldes kleiner Intrusivgesteine von Gabbrodioriten normaler Basizität des Gebietes Jaloviči vrch bei Mníšek; 5 — Begrenzung des Feldes der Korrelationspunkte von Gabbrodioriten der Gemeriden.



(Serpentine) weisen keine Korrelation auf; bei ihnen ist die Menge der Alkalien und des Ca-Bestandteils so gering, dass eine solche Korrelation für ein Studium der Gesetzmässigkeiten der Zirkoniusdistribution natürlich als ungeeignet erscheint.

Das Korrelationsverhältnis der Durchschnittswerte von Zirkonium und felsitischem Index (Abb. 24), bietet in seiner Gesamtheit eine positive Korrelation und auch die einzelnen Gesteinsgruppen haben einen ähnlichen Korrelationscharakter. Eine Ähnlichkeit, wie dies bei den vorhergehenden Schaubildern der Fall war, ist auch bei den alkalischen und extrem sauren Differentiaten zu bemerken.

Die Korrelation der Zirkoniumgehalte und des modifizierten Larsenschen Indexes
 $(\frac{1}{3} \text{ Si} + \text{K}) - (\text{Ca} + \text{Mg})$

Diese Korrelation wurde erfolgreich von S. R. Nockolds und A. Allen (1953, 1954, 1956) bei jenen magmatischen Differentiationsreihen angewendet, die eine grössere Differentiations-Spannweite aufweisen. Weniger geeignet ist dieser Index für das Studium von Gruppen mit enger Differentiations-Spanne zu welchen auch die basischen Gesteine gehören. Deshalb kann auch von den Verfassern ein Vergleich von Zirkonium und dem modifizierten Larsenschen Index mit Erfolg nur bei Gruppen mit einer weiteren Differentiationsstufe angewendet werden. Es zeigt sich aber, dass trotz des oben Angeführten, mehrere Gruppen basischen Gesteins eine deutliche Abhängigkeit der Zirkoniumgehalte zum modifizierten Larsenschen Index aufweisen.

Bei den basischen Vulkaniten des Devons (Abb. 25) macht sich ein positives oder negatives Korrelationsverhältnis im Rahmen der engen Differentiationsgruppen nicht bemerkbar. Das Feld der Korrelationspunkte hat die Gestalt einer senkrechtstehenden Ellipse, in der die Gesteine höchster Basizität links, die mittelmässig basischen in der Mitte und die sauren rechts situiert sind (in positiven Werten des modifizierten Larsenschen Indexes). Wenn aber die Durchschnitte der einzelnen Differentiationsgruppen der Diabase durch eine Verbindungslinie gekennzeichnet werden, so ist eine eindeutig positive Korrelation von Zirkonium und modifiziertem Larsenschen Index ersichtlich.

Die Kambrosilur-Diabase des Gemeriden-Gebietes, deren Punkte separat gekennzeichnet sind (Abb. 25), haben eine grössere Differentiations-Streuung auch zur Seite der positiven Werte der Larsenschen Skala hin und haben eine klar positive Korrelation.

Die kleinen Intrusivgesteine der Gabbrodiorite des Kambrosilurs und des Devons der Gemeriden (Abb. 26), sind beim Vergleich mit den Diabasen des älteren Paläozoikums der Gemeriden, wenig differenziert. Die Intrusivgesteine des Gebietes Javoviči vrch bei

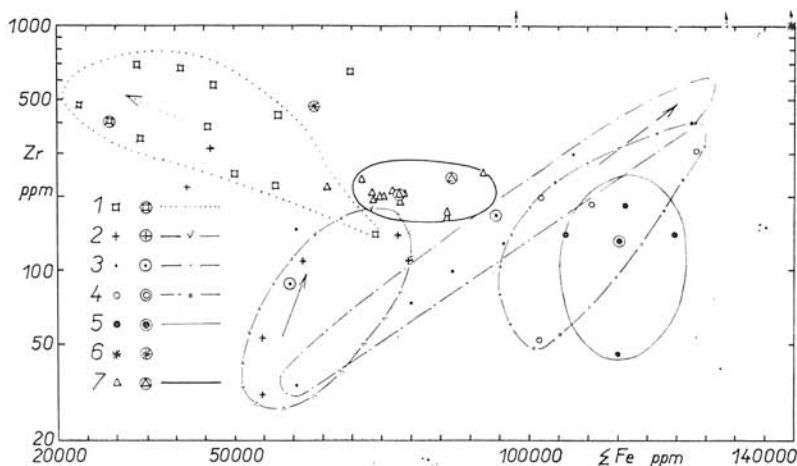


Abb. 16: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und Gesamteisen basischer Vulkanite und Intrusivgesteine vom Perm bis Neogen der West-Karpaten, ausgeführt auf halblogarithmischem Koordinatennetz.

Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 4.

Mníšek, haben neben einer geringen Differenzierungsstufe, höheren Zirkoniumgehalt (enge vertikale Ellipse); die übrigen Intrusivgesteine haben ein breiteres und niedriger situirtes Punktfeld. Die Punkte der kleineren Intrusivgesteine der Gemeriden liegen hauptsächlich auf der Seite der negativen Indexwerte.

Die Korrelationspunkte der grossen Intrusivgesteine (Abb. 27) haben zweierlei Gruppierung, wobei die Intrusivgesteine des Gebietes Košická Belá, die einen insgesamt

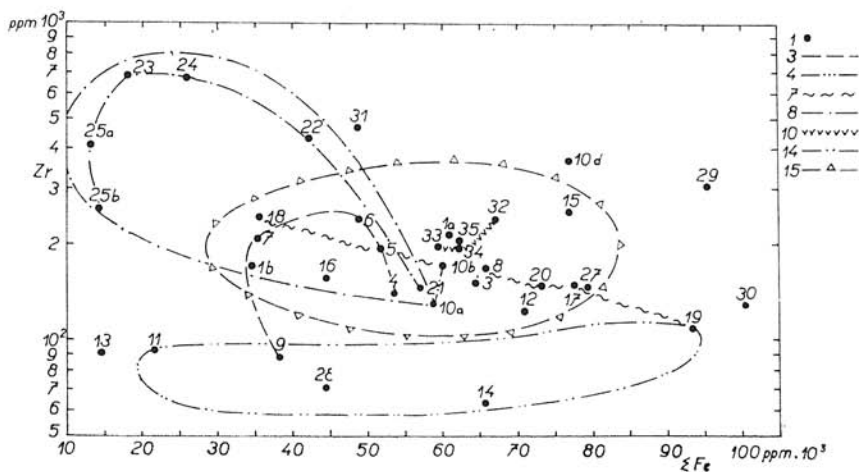


Abb. 17: Korrelationsdiagramm der Mittelwerte des Verhältnisses von Zirkonium und Gesamteisen der Haupt-Untergruppen der Extrusiv- und Intrusivgesteine der West-Karpaten, ausgeführt auf halblogarithmischem Koordinatennetz.
Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 5.

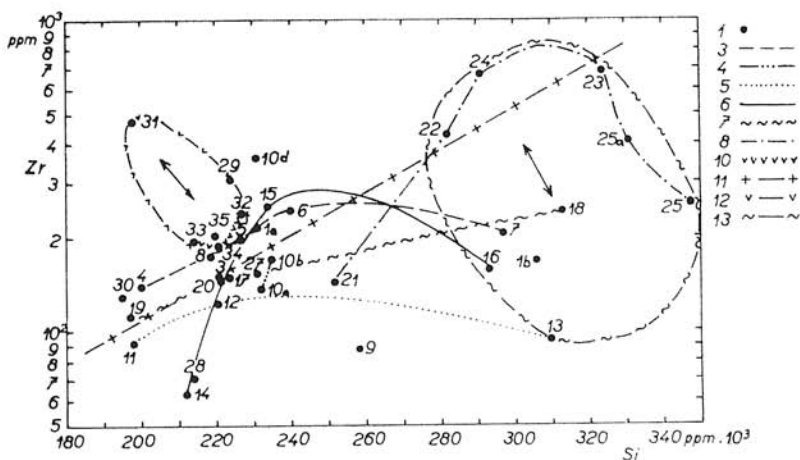


Abb. 18: Korrelationsdiagramm der Mittelwerte des Verhältnisses von Zirkonium und Silizium der Haupt-Untergruppen von Extrusiv- und Intrusivgesteinen der West-Karpaten, ausgeführt auf halblogarithmischem Koordinatennetz.
Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 5.

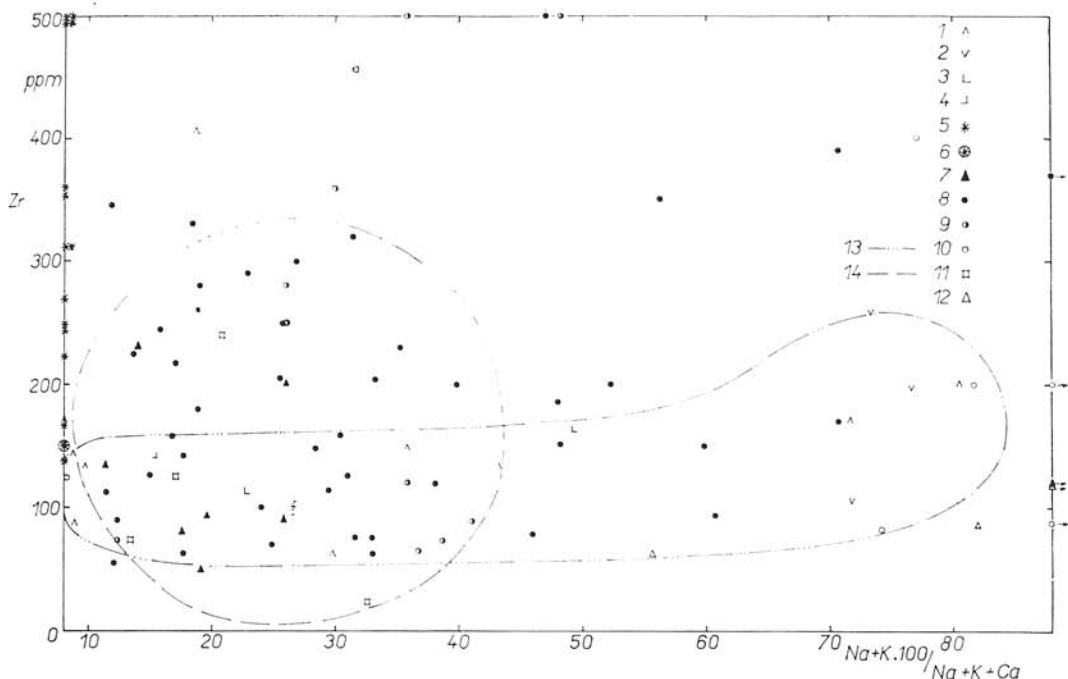


Abb. 19: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und felsitischem Index basischer Vulkanite des Devons und Kambrosilurs der Gomeriden.
Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 2.

basischeren Charakter haben, auf der Seite der negativen Werte des Larsenschen Indexes liegen. Gesamtheitlich ist jedoch eine positive Korrelation sichtbar.

Die basischen Gesteine des Karbons (Abb. 28) weisen positive Korrelation auf. Sie besitzen eine weitere Differentiations-Spannweite, wobei die Intrusivgesteine des Karbons einheitlicher, weniger differenziert sind und im unteren Teil der Ellipse eine Kreisfläche bilden.

Die basischen Gesteine der jüngeren Vulkanite (Abb. 29) zeigen eine deutlich positive Korrelation bei basanitoiden Basalten und Diabasen und weniger augenfällig bei Augititen. Die übrigen Gruppen (Serpentinite, Porphyrite) weisen ein weder positives noch negatives Korrelationsverhältnis auf.

Bei Konstruktion eines Schaubildes der Korrelationspunkte aus den Durchschnittswerten der einzelnen Gesteinsgruppen (Abb. 30), ist eindeutig die positive Korrelation bei allen Gesteinstypen ersichtlich; lediglich die extrem sauren Differentiate und die alkalischen Gesteinstypen haben eine Tendenz zur gegenteiligen Korrelation, was schon mehrmals konstatiert wurde.

$$\text{Die Korrelation des Zirkoniums und des mafischen Indexes} \left(\frac{\Sigma Fe}{\Sigma Fe + Mg} \right)$$

Durch diese Korrelation kann die Beziehung der Zirkoniumsdistribution zum Gesamt-eisen Akzessorien und einer Menge dunkler Minerale mit Eisengehalt bestimmt werden.

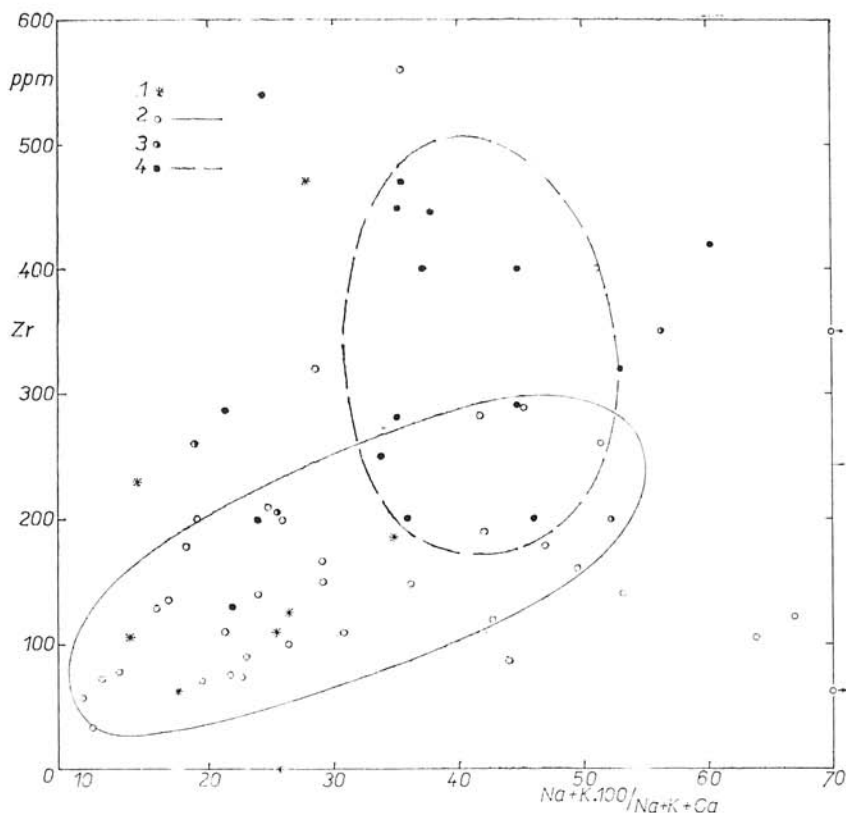


Abb. 20: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und felsitischem Index kleiner Intrusivgesteine der Gabbrodiorite aus dem Gebiet der Phyllit-Diabas-Serie (Devon) und des Kambrosilurs der Gemeriden.

Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 15.

Die Kambrosilur-Diabase zeigen im Diagramm der Korrelationspunkte ein ähnliches Bild wie beim Larsenschen Index. Die Korrelationspunkte der devon-basischen Effusivgesteine (Abb. 31) zeigen, je nach flächenmässiger Verteilung der Punkte, keine deutlich positive, bzw. negative Beziehung; aber auch hier ist ersichtlich, dass die Verbindungslinie der Durchschnitte der einzelnen Diabas-Gruppen des Devons eine positive Korrelation aufweist. Die Streuung der Punkte der einzelnen Analysen ist aber so gross, dass die einzelnen Typen nicht zu jeweiligen Feldern umgrenzt werden können.

Bei den kleineren Intrusivgesteinen des Devons und des Kambrosilurs der Gemeriden (Abb. 32) zeigt sich weder eine positive, noch negative Korrelation, und die Punkte gruppieren sich entweder in einer vertikal orientierten Ellipse (bei Gesteinen des Gebietes des Jalovič vrch bei Mníšek) oder in einer Kreisfläche (bei Gabbrodioriten des übrigen Gebietes).

Die basischen Gesteine oder grösseren Intrusivkörper von Dobšiná (Abb. 33) weisen eine schwach positive Korrelation auf, doch ist bei den basischen Gesteinen von Košická Belá eine Korrelation weniger evident (vertikale Ellipse).

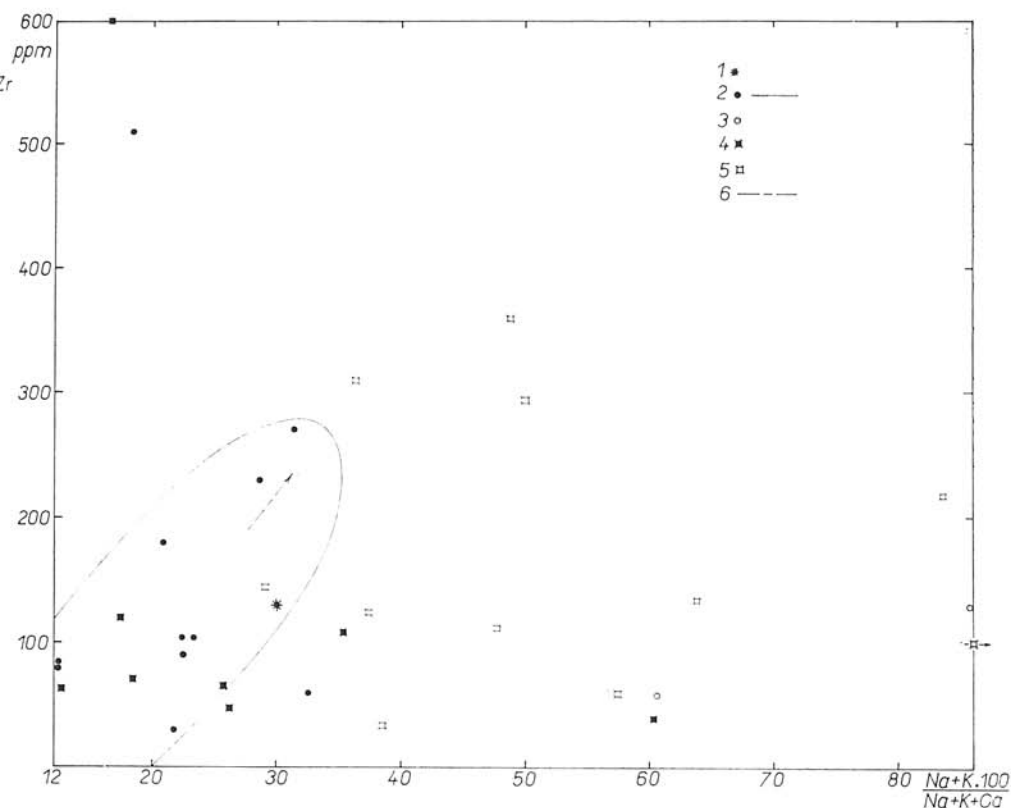


Abb. 21: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und felsitischem Index grösserer Intrusivgesteine der Gabbros und Diorite der Umgebung von Košická Belá und Dobšiná.
Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 7.

Die basischen Gesteine des Karbons. zeigen keinerlei Beziehungen (Abb. 34).

Bei vom Perm jüngeren Gesteinen (Abb. 35), können die Felder der Korrelationspunkte der einzelnen Gesteinsgruppen mühelos umgrenzt werden. Positive Korrelation zeigen lediglich Diabase und unausdrucksvoll auch Augitite. Die Verbindungslinie der Punkte der durchschnittlichen Korrelationen der einzelnen Gesteinsgruppen gibt deutlich eine positive Korrelation an.

Im Korrelationsdiagramm der Durchschnittsgehalt-Werte des Zirkoniums und des mafischen Indexes (Abb. 36) zeigt keinerlei klare Tendenz zu positiver oder negativer Korrelation der einzelnen Gesteinsgruppen. Es lassen sich aber die einzelnen Gesteinstypen auf der Fläche des Diagramms mühelos zu selbstständigen Feldern zusammenfassen. Dabei ist aber eine insgesamt positive Korrelation der basischen Differentiate (linke Seite des Diagramms) zu den saureren Gesteinen zu bemerken (rechte obere Fläche).

Die Korrelation des Zirkoniums und der Summe
Fe + Mn + Mg + Ca

Im Artikel werden nur die folgenden Beispiele graphischer Veranschaulichung dieser Beziehung angeführt:

Abbildung 37 indiziert, dass bei kleineren Intrusivgesteinen von Gabbrodioriten kein direkter Bezug zwischen Zirkonium und der Summe der Elemente Fe, Mn, Mg, und Ca besteht.

Abbildung 38, welche die Extrusiv- und Intrusivgesteinen des oberen Karbons betrifft zeugt, hauptsächlich bei Effusivgesteinen, von einer deutlich negativen Abhängigkeit dieses Ausdrucks.

Die übrigen basischen Gesteine vom Perm bis Neogen (Abb. 39) der West-Karpaten zeigen grösstenteils negative Korrelation.

Eine ähnliche negative Korrelation geht auch aus dem Schaubild der Ausdehnung der Mittelwert-Punkte von Zirkonium und der Summe obenangeführter Elemente hervor (Abb. 40).

Das Schaubild der Mittelwerte der Zirkoniumgehalte in basischen und ultrabasischen Gesteinen der West-Karpaten (Abb. 41) zeigt an, dass die intrusiven Tiefengesteine einen im ganzen niedrigeren Zirkoniumgehalt als Extrusivgesteine haben, und dass saure Differentiate und alkalische Gesteinstypen höhere Zirkoniumgehalte aufweisen als normal Typen. Die ultrabasischen und mafischen Gesteine wiederum, haben niedrigere Zirkoniumgehalte. Ersichtlich ist ebenfalls, dass mit Ausnahme von jenen der Gesteine von Mušiek, die Mittelwerte der paläozoischen extrusiven basischen Diabas-Gesteine sich in den Grenzen zwischen 150 und 200 ppm bewegen; ähnlich ist dem auch bei den Diabasen des Mesozoikums und den neogenen Basaniten bzw. den basanitoiden Basalten. Eine Ausnahme bilden die Melaphyre, Glaukophanite, Teschinite.

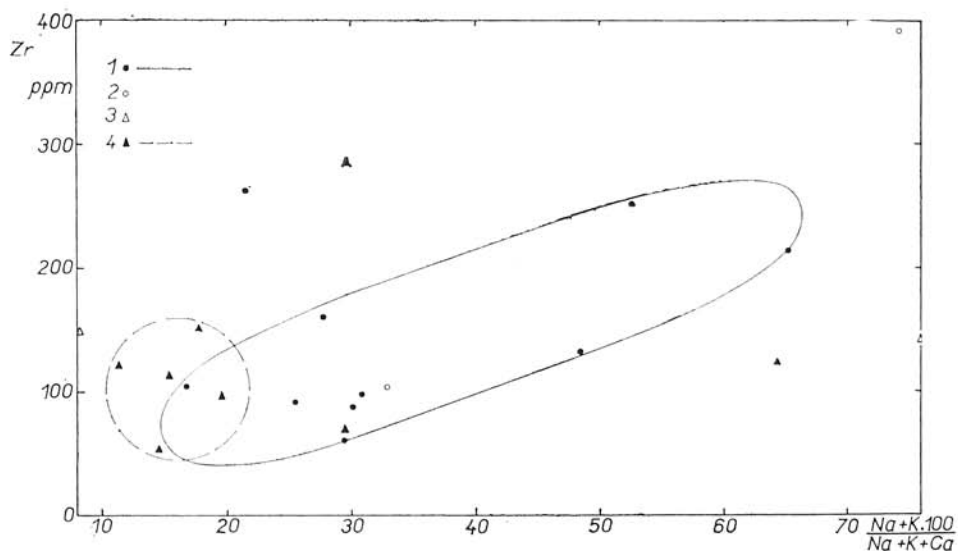


Abb. 22: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und felsitischem Index basischer Extrusiv- und Intrusivgesteine des oberen Karbons der Gemeriden.
Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 3.

die einen hohen Zirkoniumgehalt haben. Die intrusiven Äquivalente des Diabas-Magmatismus haben durchschnittliche Zirkoniumgehalte innerhalb der Limite 100 bis 150 ppm. Ausnahmen mit höherem Gehalt bilden bloss die basischen Tiefenkörper von Dobšiná und die intrusiven metabasischen Gesteine des Gebietes von Mníšek. Niedrigere Gehalte als 100 ppm haben nur mafische monominerale Gesteine (Hornblendite) von Dobšiná und Serpentinite des Mesozoikums.

Für die einzelnen natürlichen Gruppen basischer Gesteine der West-Karpaten wurden von den Verfassern Histogramme konstruiert, deren Konturen gegenseitig vergleichbare Frequenzkurven liefern. Diese Frequenzkurven geben einesteils die häufigste Frequenz des Zirkoniumgehaltes, andernteils die Spannweite des Intervalls in welchem sich die Werte der Zirkoniumgehalte im Rahmen der einzelnen Gesteinsgruppen bewegen an.

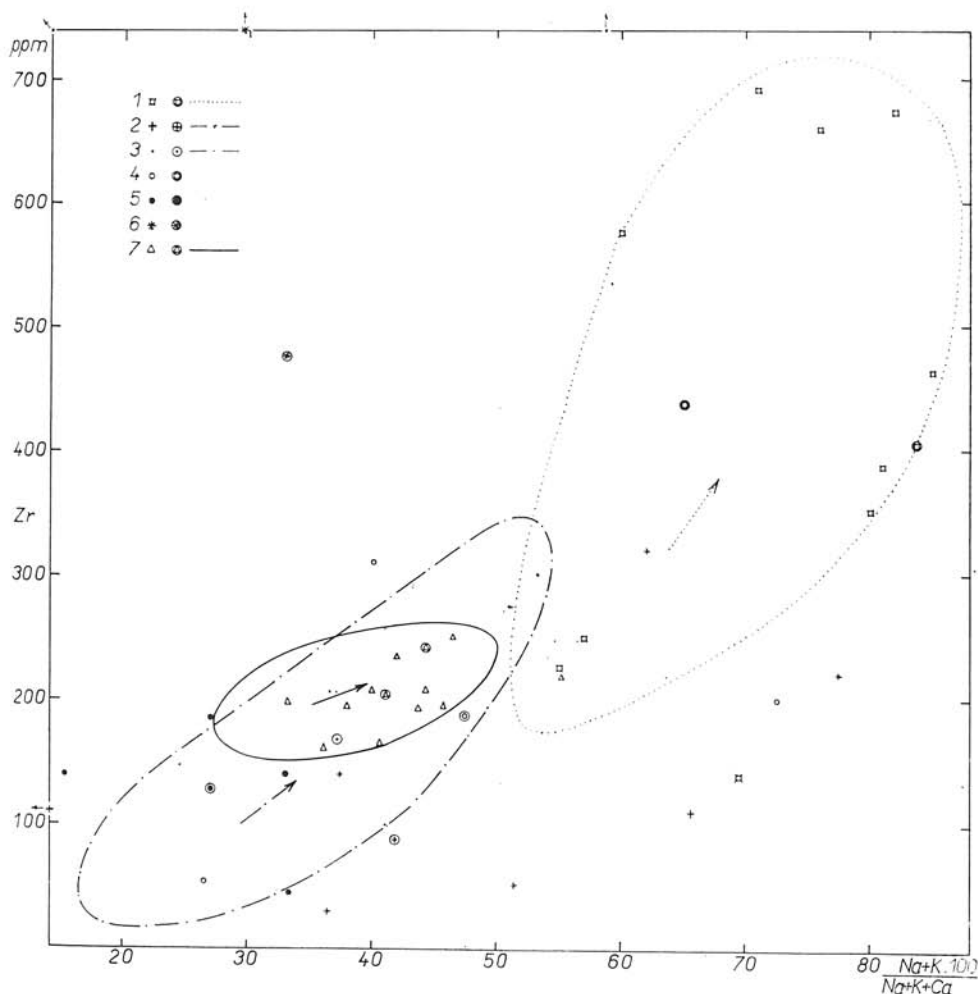


Abb. 23: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und felsitischem Index basischer Extrusiv- und Intrusivgesteine vom Perm bis Neogen der West-Karpaten.
Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 4.

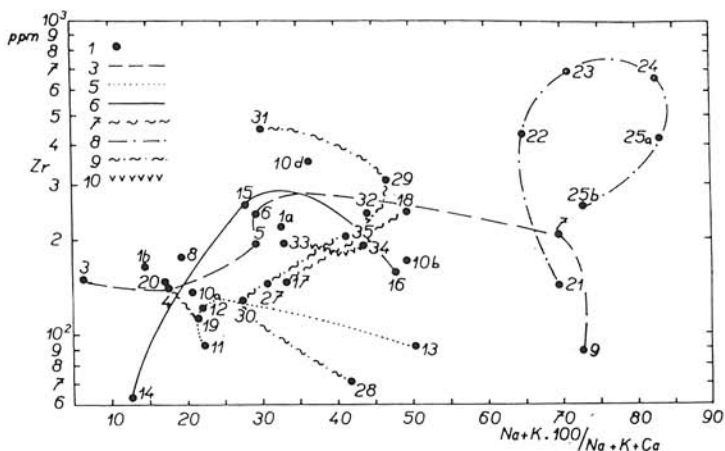


Abb. 24: Diagramm der Korrelation der Mittelwerte des Verhältnisses Zirkonium zu felsitischem Index der Hauptuntergruppen basischer Extrusiv- und Intrusivgesteine der West-Karpaten, ausgeführt auf semilogarithmischem Koordinatennetz.
Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 5.

Das Vergleichsschaubild der Frequenzkurven (Abb. 42) beinhaltet die Grundfrequenzen der Zirkoniumgehalte in Extrusivgesteinen einzelner Altersstufen. Aus dem Histogramm ist zu erschen, dass die Gipfel der Devon-Diabase (Phyllit-Diabas-Serie), des Karbons und der unteren Trias die maximale Frequenz zwischen 50 und 100 ppm, und die der Diabase des Kambrosilurs innerhalb 100 bis 150 ppm situiert haben. Bei den Basanitiden des Neogens liegt die Maximalfrequenz zwischen 150 und 250 ppm. Separate Beachtung verdienen die umgewandelten pyrogenen Gesteine des Jaloviči vrch bei Mníšek, bei denen eine grosse Gehalts-Spannweite mit der grössten Frequenz bei 400 ppm besteht. Es ist interessant, dass es sich hier um ein Gebiet handelt, in welchem auch intrusive basische Gesteine (Gabbrodiorite) einen anomal hohen Zirkoniumgehalt aufweisen, was auch der Abbildung 43 zu entnehmen ist. Ersichtlich ist beim Vergleich der Kurven von Extrusivgesteinen mit gleichem Frequenzmaximum auch, dass nur die Diabase des Mesozoikums ein enges Gehaltsintervall haben, währenden bei anderen Gruppen (Kambrosilur, Devon, Karbon) das Intervall breiter ist und insgesamt einen höheren Durchschnittsgehalt, als dies der Stellung der Maximalfrequenz entsprechen würde, verursacht. Abbildung 42 gibt ein interessantes Bild von den Zirkoniumgehalten gleich-basischer Gesteine verschiedenen Alters.

Abbildung 43 stellt die Frequenzkurven basischer Tiefengesteine der Gemeriden verschiedenen Alters dar. Es ist ersichtlich, dass nur die Intrusivgesteine des Gebietes Jaloviči vrch bei Mníšek ein unterschiedliches Gehaltsintervall haben. Es handelt sich hierbei um ein an Zirkonium bereichertes spezifisches Magma. Die übrigen Gruppen, die Ultrabasite inbegriffen, haben eine maximale Frequenz zwischen 50 und 100 ppm. Die Ultrabasite zeichnen sich durch eine erhöhte Anzahl von Fällen zwischen 0 und 50 ppm aus. Im Diagramm ist auch die Frequenzkurve pyrogener Gesteine des Kambrosilurs aus dem Gebiet des Jaloviči vrch bei Mníšek angedeutet, die mit einer maximalen Frequenz des Zirkoniums um 400 ppm, mit den Intrusivgesteinen dieses

Gebietes, identisch ist. Diese Übereinstimmung zeigt anscheinend das gleiche Alter dieser Extrusiv- und Intrusivgesteine an.

Diagramm 44 bietet Gelegenheit, die summarischen Kurven der extrusiven und intrusiven Äquivalente basischen Vulkanismus der Gemeriden zu vergleichen. Zu den Intrusivgesteinen zählen Devon-, Karbon- und Triasgesteine ohne die Gabbrodiorite des Gebietes Jaloviči vrch bei Mníšek, und ähnlich sind auch von den Effusivgesteinen, die pyrogenen Gesteine des Jaloviči vrch ausgenommen. Es ist zu ersehen, dass die häufigste Frequenz identisch ist (zwischen 50 und 100 ppm Zr); ein Unterschied zwischen beiden Gruppen liegt jedoch darin, dass die Extrusivgesteine häufiger eine Frequenz mit höheren Zirkoniumgehalten haben. Eine analoge Erscheinung ist auch bei den Kurven der Extrusiv- und Intrusivgesteine (niedrigere Kurven) zu bemerken.

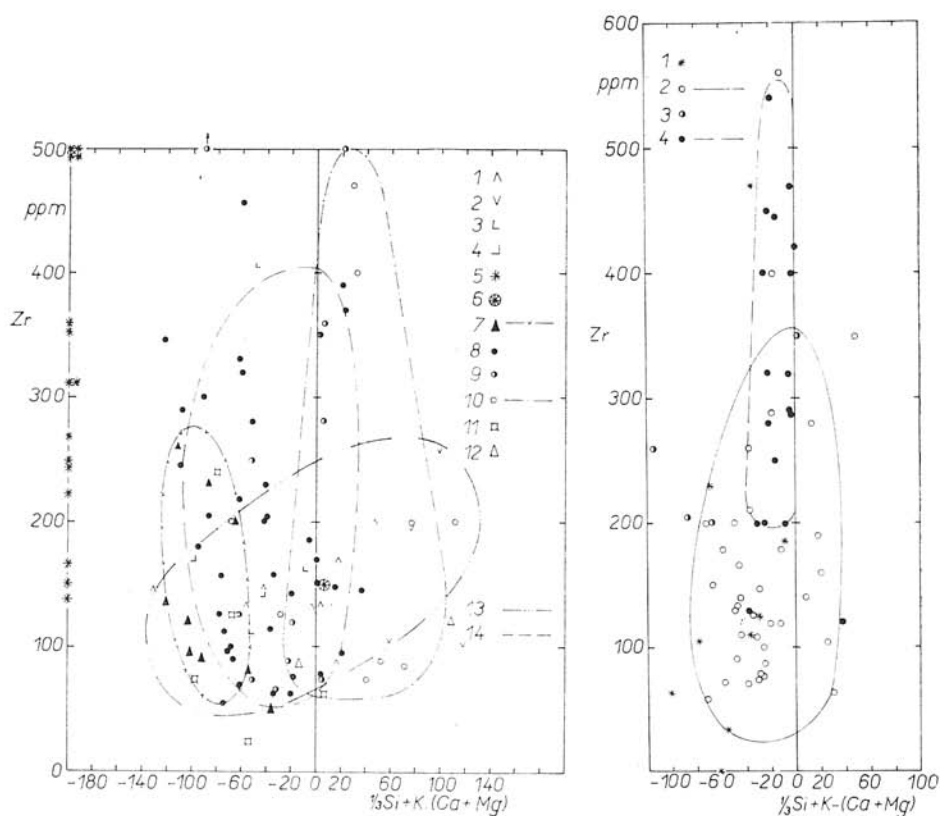


Abb. 25. Diagramm der Korrelation von Zirkonium und Larsensem Index basischer Vulkanite des Kambrosilurs und des Devons der Gemeriden mit angezeichneten Feldern der Differentiate und der, die Mittelwerte der Felder verbindenden Linie.

Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 2.

Abb. 26: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und Larsensem Index der Gabbrodiorite kleiner basischer Intrusivgesteine des Gebietes des Devons und Kambrosilurs der Gemeriden.

Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 15.

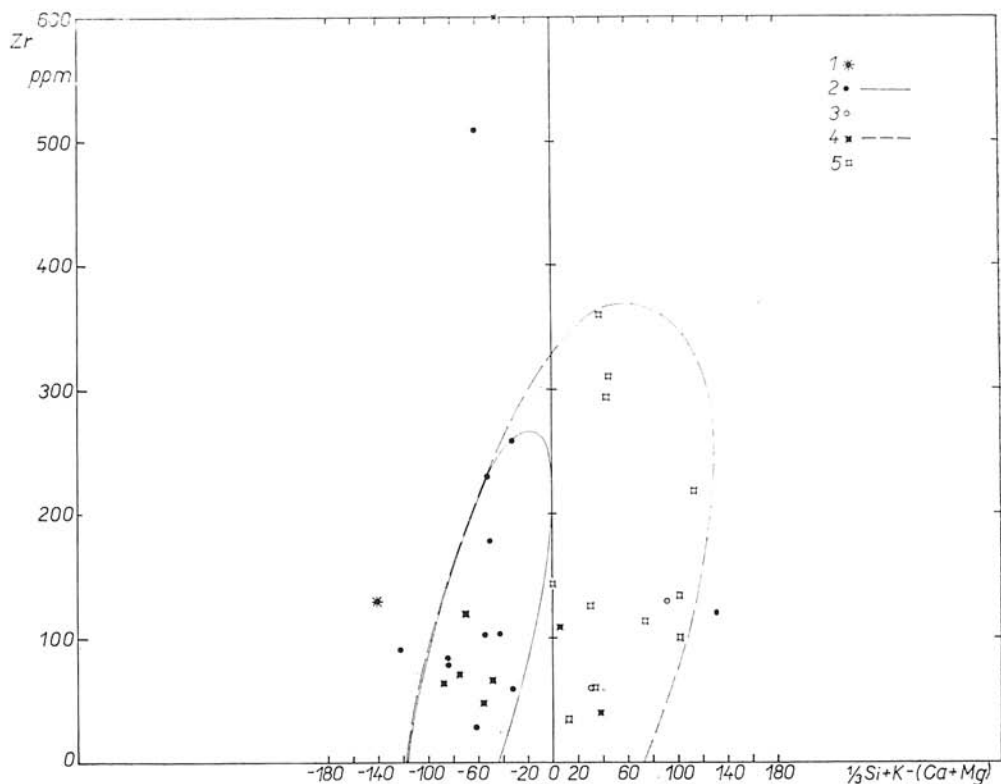


Abb. 27: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und Larsenschem Index von Gabbros und Dioriten grösserer Intrusivgesteine des Gebietes Košická Belá und Dobšiná. Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 7.

Abbildung 45 hat den Vergleich der Frequenzkurven einzelner Gesteinsgruppen verschiedener Basizität oder Alkalität zum Ziel. Ihm ist zu entnehmen, dass die maximale Frequenz des Zirkoniums sich, in direktem Verhältnis zur Säure und weiter zur Alkalität des Gesteins, zu höheren Werten hin verschiebt. Die niedrigste Frequenz liegt bei den ultrabasischen Gesteinen zwischen 50 und 100 ppm, wobei aber im Gegensatz zu den Diabasen bei den ultrabasischen Gesteinen die Anzahl der Fälle von 0 bis 50 ppm häufiger ist. Der Gipfel der Frequenzkurven saurer Differentiale basischer Gesteine ist zum Intervall 100–150 ppm hin verschoben und häufig kommen auch Fälle extremer Zirkoniumgehalte (bis zu 700 ppm) vor. Eine analoge Lage des Gipfels haben auch die grünen Quarzporphyre des Perms (J. Rojko vič 1967). Die sogenannten violetten Quarzporphyre des Perms haben eine Maximalfrequenz bei 400 ppm, was im Vergleich mit den anderen Gesteinsgruppen einen besonders hohen Wert darstellt. Die maximale Frequenz der alkalischen Gesteinsgruppen und die der Basanite des Neogens liegt zwischen 200 und 300 ppm.

In Abbildung 46 sind Histogramme jener Gesteinsgruppen zu sehen, die spezielle Fälle von Magmatismus darstellen; die Histogramme wurden aus einer kleinen Anzahl von Angaben zusammengestellt.

Schlussfolgerung

1. Wie dies aus Tabelle 5 hervorgeht, führten die Verfasser die Werte der durchschnittlichen Zirkoniumgehalte in den Grundgruppen der basischen und ultrabasischen Gesteine der West-Karpaten, sowie auch der partialen Differentiationsabfolgen dieser Gesteine an. Beim Vergleich dieser Angaben über den Zirkoniumgehalt mit den Angaben, die zumal in Tabelle 3 angeführt sind bemerkt man, dass die in dieser Arbeit veröffentlichten Durchschnittswerte in den Limiten der Zirkoniumgehalte mit den vorher publizierten grundsätzlich übereinstimmen (Tab. 5).

Die Diabasgesteine normaler Basizität des Gebietes der West-Karpaten haben verhältnismässig höhere Zirkoniumgehalte (1a = 211; 2 = 366; 5 = 199; 17 = 146; 27 = 147). Das Intervall der Zirkoniumgehalte in Diabasen der Tabelle 3 beträgt 65 bis 450 ppm, wobei der letztere Wert an Zirkoniumgehalt von Diabasen des Harzes als aussergewöhnlich, die Werte 100 bis 120 ppm für normal zu betrachten sind.

Die dem Diabas-Magmatismus zugehörigen intrusiven Gabbrodiorite haben folgende Zirkoniumgehalte: 10a = 139; 10b = 176; 10c = 81; 10d = 361; 20 = 149; variszische Intrusivkörper: 12 = 121; 15 = 252; 16 = 159. Beim Vergleich dieser Angaben mit den Zirkoniumgehalten der Gabbros aus Tabelle 3 kann erneut eine Steigerung des Zirkoniumgehaltes der gabbroiden Intrusivgesteine aus dem Gebiet des Zips-Gömörer Erzgebirges, konstatiert werden. Interessant ist die Feststellung, dass die intrusiven basischen Gesteine einen niedrigeren Zirkoniumgehalt aufweisen, als deren extrusive Äquivalente.

Die ultrabasischen Gesteine, bzw. Serpentinite (11 = 91; 28 = 71) haben ebenfalls einen erhöhten Zirkoniumgehalt. Die Grenze der Gehalte der ultrabasischen Gesteine liegt bei 0 bis 91 ppm.

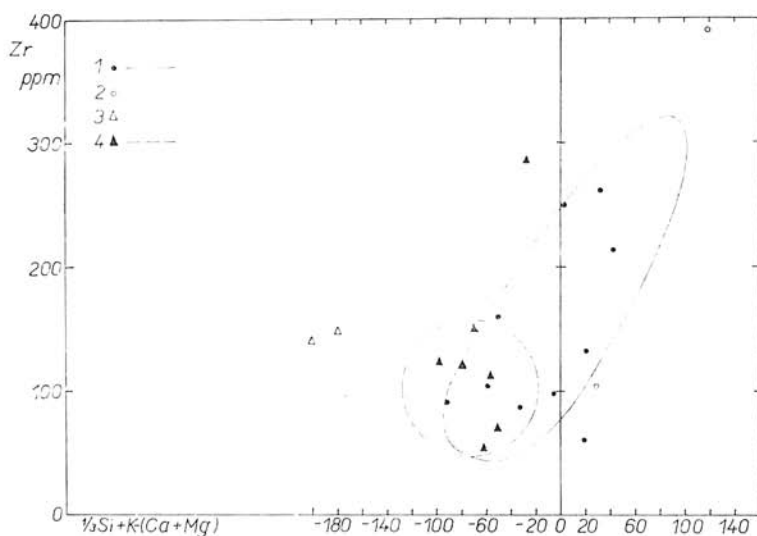


Abb. 28: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und Larsenschem Index basischen Extrusiv- und Intrusivgesteins des oberen Karbons der Gemeriden. Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 3.

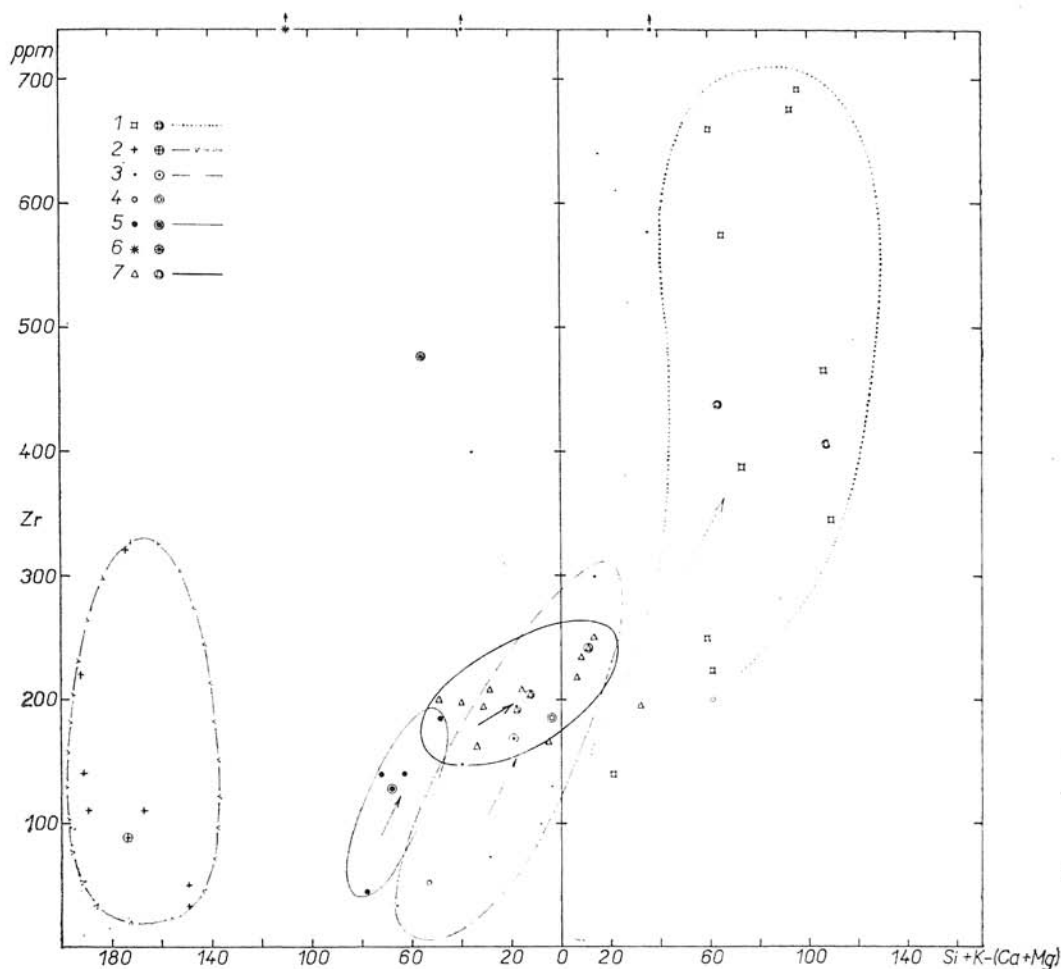


Abb. 29: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und Larsenschem Index basischer Extrusiv- und Intrusivgesteine vom Perm bis Neogen der West-Karpaten.
Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 4.

Die übrigen Gesteine wie basanitoidale Basalte (250), Glaukophanite (304), Teschinite (476), Melaphyre (308) können für alkalische, bzw. deutlich alkalisierte Gesteine mit erhöhtem Zirkoniumgehalt angesehen werden. Diese Gesteine stellen ein Produkt des finalen Magmatismus im Gebiet der West-Karpaten dar. Die in Tabelle 5 angeführten leukokraten Differentiate basischen Magmatismus haben einen erhöhten Zirkoniumgehalt (6 = 247; 18 = 247), ähnlich auch die Produkte porphyroiden Perm-Vulkanismus (22 = 419; 23 = 692; 25a = 407).

Im ganzen kann daher gesagt werden, dass im Gebiet der West-Karpaten, zumal aber in Gebiet des Zips-Gömörer Erzgebirges in regionalem Massstab ein erhöhter Zirkoniumgehalt in Gesteinen zu bemerken ist. Die Gehalte an Zirkonium steigen mit

Abb. 30: Diagramm der Korrelation der Mittelwerte des Verhältnisses Zirkonium zu Larsenschem Index der Hauptuntergruppen basischer Vulkanite und Intrusivgesteine der West-Karpaten.

Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 5.

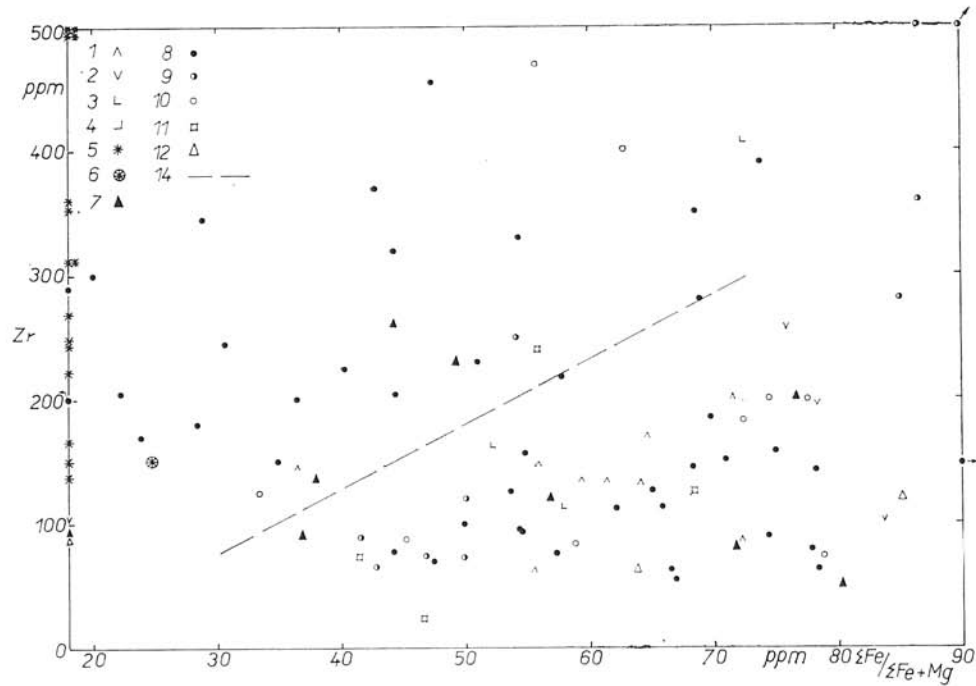
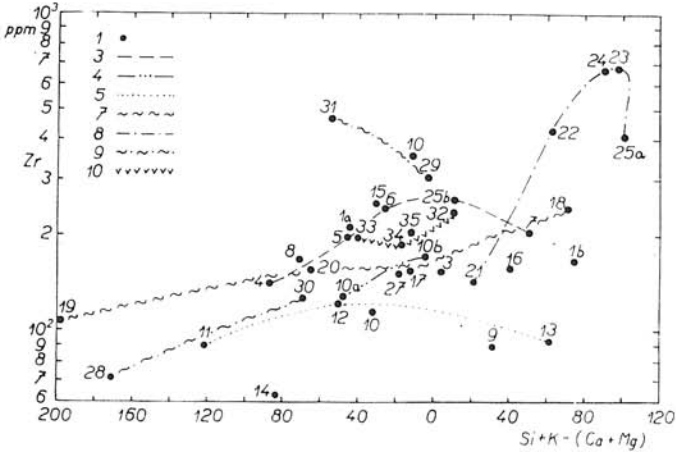


Abb. 31: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und mafischem Index basischer Extrusivgesteine des Kambrosilurs und Devons der Gemeriden.
Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 2.

dem Anwachsen des SiO_2 in den Gesteinen (bis zu einem gewissen Limit) und mit dem Steigen des Alkaliinhaltes, also mit der Differentiationsstufe des Magma.

Für gewisse Gesteinstypen (Diabase, Basanite, Gabbrodiorite, Serpentine, Glaukophane, Augitite, Porphyrite), die ein eng begrenztes Stadium der Differentiation repräsentieren, sind die Zirkoniumgehalte spezifisch und limitiert.

Die Schlussfolgerung von E. Chao und M. Fleischer, dass der Zirkoniumgehalt eines und desselben Gesteinstyps für ein bestimmtes Gebiet charakteristisch ist, kann auch von den Verfassern dieses Artikels bestätigt werden (Basite des Gebietes Zips-Gömörer Erzgebirge, Basite der Tatra-Veporiden). Der Regionalfaktor kommt auch in engerem Sinne in Frage — beispielsweise das Gebiet des Javoví vřeh bei Mníšek (Zips-Gömörer Erzgebirge) hat einen besonders hohen Zirkoniumgehalt ($2 = 366$; $10d = 261$).

Besonders muss darauf verwiesen werden, dass im Gebiet Zips-Gömörer Erzgebirges in der Diabas-Gruppe die durchschnittlichen Zirkoniumgehalte in den ältesten

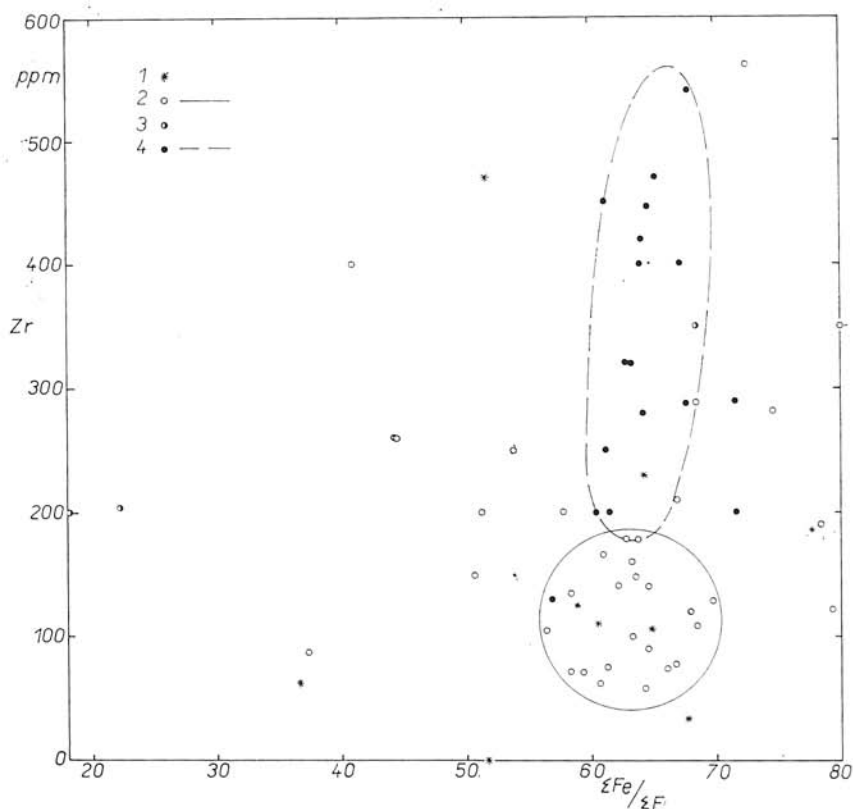


Abb. 32: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und mafischem Index von Gabbrodioriten kleinerer Intrusivgesteine aus dem Gebiete des Kambrosilurs und Devons der Gemeriden.

Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 15.

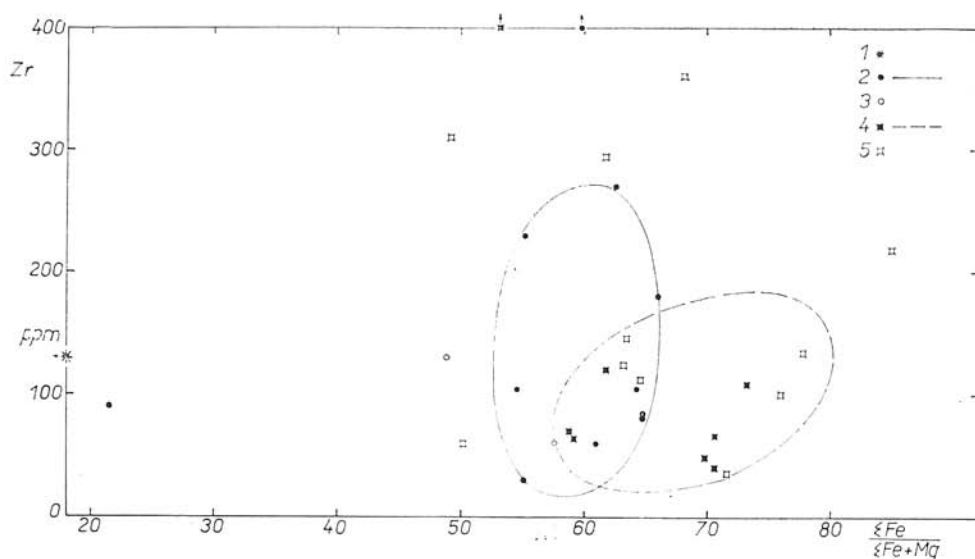


Abb. 33: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und mafischem Index der Gabbros und Diorite grösserer Intrusivgesteine aus dem Gebiet von Košická Belá und Dobšiná.
Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 7.

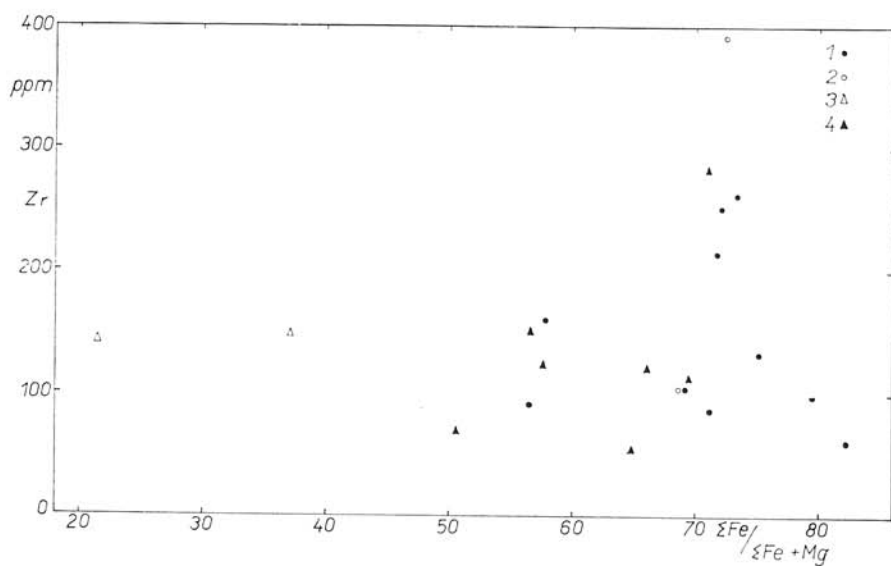


Abb. 34: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und mafischem Index basischer Extrusiv- und Intrusivgesteine des oberen Karbons der Gemeriden.
Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 3.

Gesteinen am höchsten sind, währendem in den jüngeren Diabasen die Zirkoniummenge abnimmt.

Im Rahmen dieser Gesteinsgruppen mit begrenztem Differentiationsintervall (mit kleiner Gehalts-Spanne an Silizium) ändern sich die Zirkoniumgehalte nicht im direkten Verhältnis zum Silizium oder anderen Differentiationsindexe, wie dies bei Gesteinen mit breiter Differentiationsspannweite der Fall ist.

2. Um das Verhältnis der Zirkoniumdistribution zur mineralischen Zusammensetzung, zum Gehalt an Makroelementen (zur chemischen Zusammensetzung) des Gesteins feststellen zu können, studierten die Verfasser die Korrelationsbeziehungen zwischen Zirkonium und den anderen Makro- und Mikroelementen, aber auch Zirkonium und den Indexen welche, jeder auf seine besondere Art, die Differentiationsstufe des Magmas,

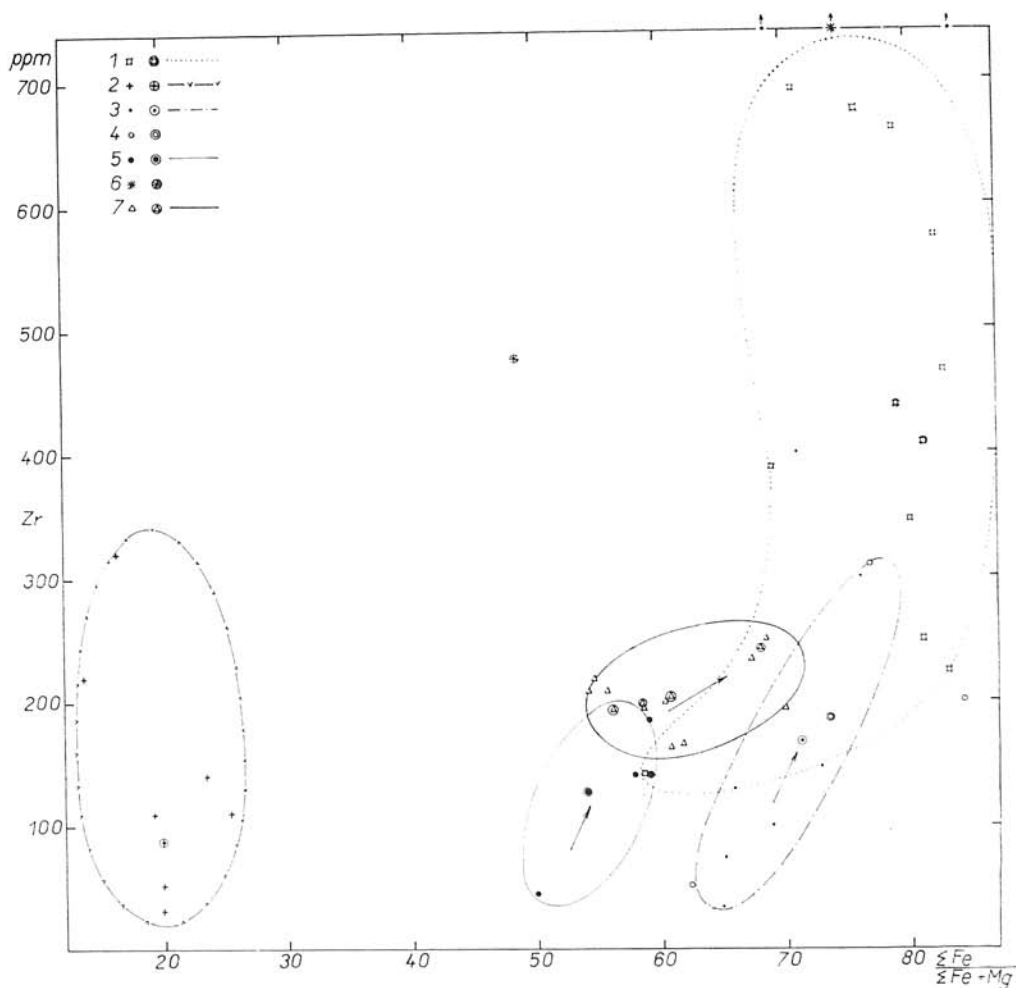


Abb. 35: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und mafischem Index basischer Extrusiv- und Intrusivgesteine vom Perm bis Neogen der West-Karpaten.

Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 4.

Abb. 36: Diagramm der Korrelation der Mittelwerte des Verhältnisses Zirkonium zu mafischem Index der Hauptuntergruppen basischer Extrusiv- und Intrusivgesteine der West-Karpaten.

Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 5.

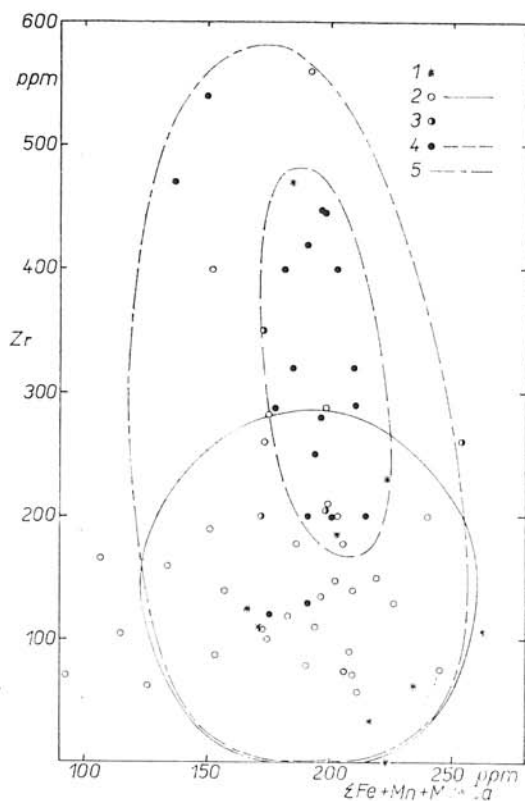
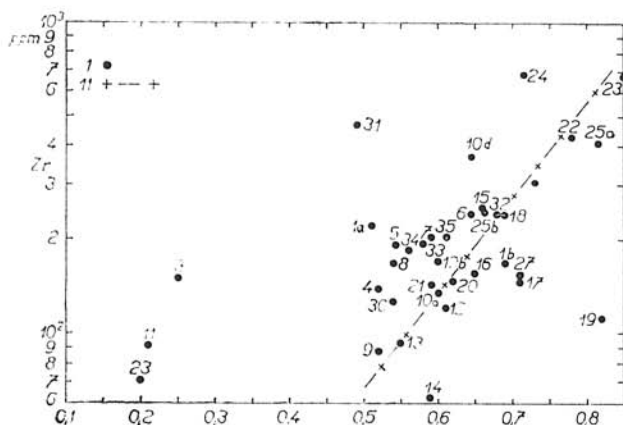


Abb. 37: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und der Summe Fe+Mn+Mg+Ca der Gabbrodiorite kleinerer Intrusivgesteine aus dem Gebiet des Kambrosilurs und Devons der Geme-riden.

Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 15.

aus welchem das Gestein entstand, indizieren (mafischer Index, felsitischer Index, modifizierter Larsenscher Koeffizient).

Das Studium dieser Beziehungen bestätigt, dass die Korrelation bei den Gesteinsreihen mit starker Differentiation (Ultrabasite, Basite, leukokrate Differentiate) nicht immer mit den für einzelne natürliche eng differenzierte Gesteinsgruppen gültigen Korrelationen übereinstimmen. So ist beispielsweise die Korrelation Zr/Ni für einzelne Gruppen normaler Basizität unausgeprägt — weder positiv, noch negativ oder einmal positiv (Melaphyre, Basalte), ein andermal negativ (Vulkanite des Kambrosilurs) — nimmt man aber die Differentiate dieser Gruppen in ihrer Gesamtheit (melanokrate Diabase, normale Diabase, leukokrate Diabase), so ist eine klare negative Korrelation ersichtlich. Die Korrelation Zr/V ist für einzelne Gesteinsgruppen grösstenteils positiv, bei den Differentiationsreihen jedoch unausdrucksvoll und unklar.

Da die Korrelationen Zr/Ti , Zr/Fe für die einzelnen Gruppen keine einheitlich positive oder negative Korrelation bieten sondern bei einer Gruppe eine negative, bei der anderen wieder eine positive oder unausgeprägte, kann vorausgesetzt werden, dass die Zirkoniumgehalte in den verschiedenen Typen basischer Gesteine an verschiedene Minerale und in verschiedener Form fixiert sind (Isomorphie zum Fe, Ti Akzessorien oder dunkle Minerale oder submikroskopisch wie das Mineral Zirkon). Die Korrelation Zr/Si ist für einzelne Gruppen negativ, für die breiteren Differentiationsreihen (Ultrabasite, Basite, Basaltgesteine) jedoch klar positiv. Meist positiven Wert haben bei den einzelnen Gruppen basischen Gesteins die Korrelationen $Zr/\text{felsitischer Index}$ und $Zr/\text{Larsenscher Index}$; ähnlich gilt dies auch für die Grunddifferentiationsreihen (Ultrabasite, Basite, saure Differentiate); die Korrelation $Zr/\text{mafischer Index}$ ist für einzelne Gruppen basischer Gesteine positiv, ein andermal wieder unausgeprägt. Dies bedeutet

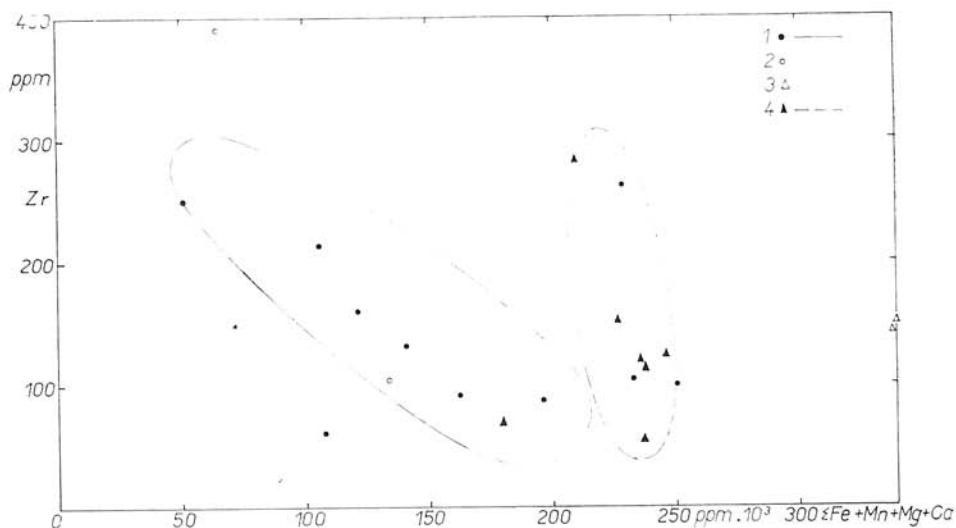


Abb. 38: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und der Summe $Fe + Mn + Mg + Ca$ basischer Extrusiv- und Intrusivgesteine des oberen Karbons der Gemeriden.
Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 3.

somit, dass beispielsweise in den einzelnen Gruppen (z. B. in Diabasen des Mesozoikums) sich mit dem Zunehmen von dunklen Mineralen bzw. von Akzessorien der Zirkoniumgehalt erhöht, was im Widerspruch zu der Regel von der Zunahme des Zirkoniums von ultrabasischen, über basische bis zu den leukokraten Gesteinen, steht.

Die Korrelationsbeziehung $Zr/Fe + Ca + Mg + Mn$ ist ständig negativ oder unausgeprägt für die Mehrzahl der basischen Gesteinstypen.

Die Erforschung der Korrelationsbeziehungen von Elementen der basischen Gesteine deutet die Kompliziertheit der Formen und der Bedingungen an, unter welchen das

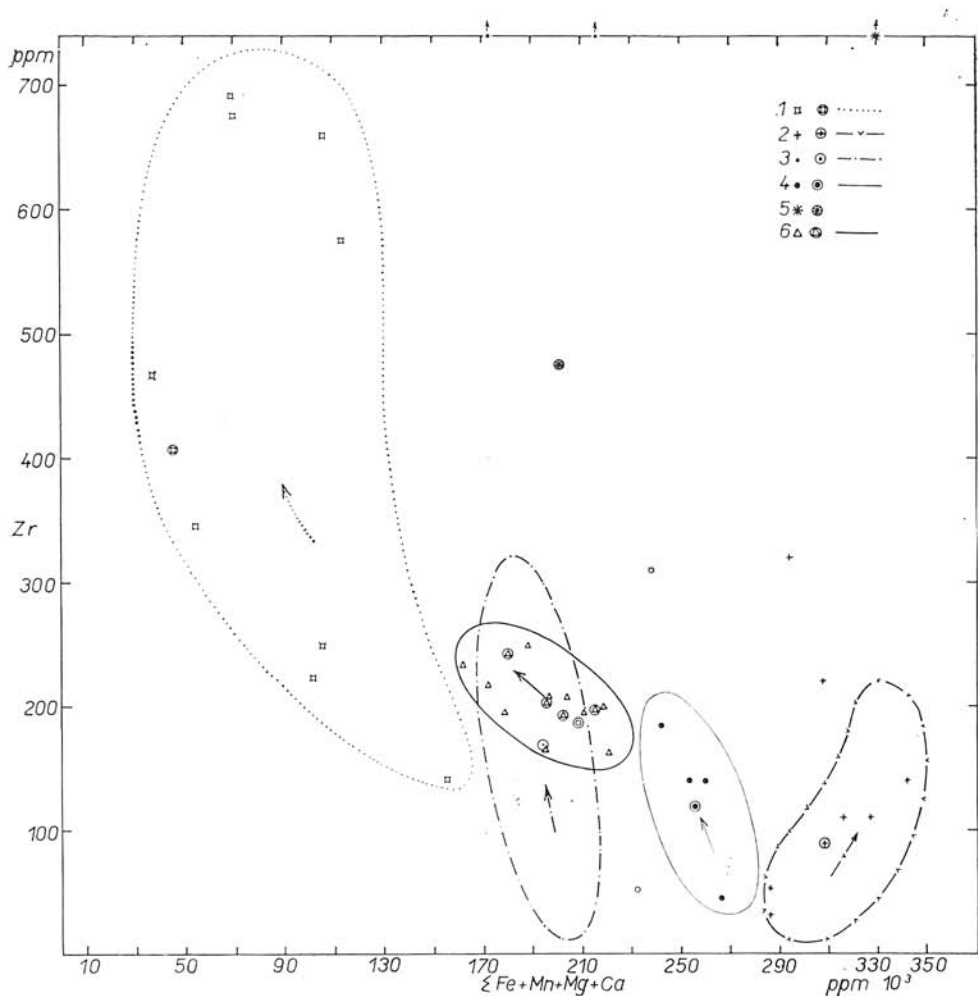


Abb. 39: Diagramm der Korrelation von Zirkonium und der Summe $Fe + Mn + Mg + Ca$ basischer Extrusiv- und Intrusivgesteine vom Perm bis Neogen der West-Karpaten.

Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 4.

Tabelle 5. Tabelle der Durchschnittsgehalte an Zirkonium und weiteren Elementen sowie der Durchschnittswerte der Korrelationsindizes von Gesteinsgruppen der West-Karpaten.

	Si ⁴⁺ in ppm	Ti ⁴⁺ in ppm	Fe in ppm 10 ³	$\frac{\text{Fe} + \text{Mn}}{\text{Ca} + \text{Mg}}$	$\frac{\Sigma \text{Fe}}{\Sigma \text{Fe} + \text{Mg}}$	$\left(\frac{\text{Na} + \text{K} \times 100}{\text{Na} + \text{K} + \text{Ca}} \right)$	$\left(\frac{1/3 \text{ Si} + \text{K}}{\text{Ca} + \text{Mg}} \right)$	Zr in ppm	V in ppm	Ti in ppm
1a Diabas-Extrusiv-Gestein normaler Basizität des Kambrosilurs der Gemeniden	231472/15	12220/15	75,79	202,4	51,34	33,53	-44,3	211/19	226/18	81/17
1b Laukokrate Extrusiv-Gest. normal. Basizität des Kambrosilurs der Gemeniden	305908	5051/4	49,08	98,97	68,17	14,17	75	165/4	125/4	52/4
2 Ungewandelte pyrogene Gesteine des Javovič vrch bei Mnšček	—	—	—	—	—	—	—	366/15	4/15	—
3 Ultrabasisches Extrusivgesteins-Differentiat von Diabasen des Devons d. Gemeniden	221544/1	—	79,8	328,	0,247	—	6,4	150/1	80	1000 ⁺
4 Melanokrate Extrusivgesteins-Differentiate von Diabasen des Devons d. Gemeniden	200375/9	11257	68,5	226,4	0,519	17,7	-87,1	140/10	293	84
5 Normalbasisches Extrusivgestein von Diabasen des Devons der Gemeniden	226590/41	13978/41	67,54	195,1	0,539	28,75	-47	199/46	287/44	59/47
6 Leicht leukokrate Fazien d. Extrusivgesteine des Devons der Gemeniden	240602/10	12313/10	64,29	175,7	0,648	28,68	-25,3	247/11	201/11	38/11
7 Extrem leukokrate Fazien d. Extrusivgesteine des Devons der Gemeniden	296505/8	2449/8	51,8	107,9	0,583	69,86	52,2	205/8	108/8	27/8
8 Tuffe basischen Vulkanismus des Gemeniden-Devons	218613/4	7344	80,9	231,1	0,536	16,69	-74,5	168/5	307	82
9 Tuffite basischen Vulkanismus des Gemeniden-Devons	258293/3	3158	53,6	122,5	0,518	72,63	-36,1	89/3	191	48
10a Kleine Intrusivgesteine von Gabbro-dioriten aus dem Gebiete der Phyllit-Diabas-Serie der Gemeniden	231328/10	11708	77,7	210,9	0,603	21,01	-51,6	139/11	218/10	76/11
10b Detto, aus dem Gebiete des Kambrosilurs der Gemeniden	235070/39	11422	75,23	187,1	0,603	48,67	-0,5	176/39	233/37	60/39
10c Melanokrate Fazien kleiner Intrusivgesteine aus dem Gebiete Zlatá Idka und des Berges Trohanka	—	—	—	—	—	—	—	81/20	114/20	204/18

10d) Kleine Intrusivgesteine von Gabbro- dioriten aus dem Gebiete Jaloviči vých bei Mútsok	231021/17	12194	93,78	193,48	0,645	36,59	-15,8	361/27	290/26	47/27
11 Ultrabasisches Differentiat grösserer Gabbro-Intrusivgesteine aus dem Gebiete von Košická Belá	198207/1	3677	36,7	233,2	0,214	22,48	-123	91/1	270	150
12 Normalbasische Differentiate grösserer Gabbro-Intrusivgesteine aus dem Gebiet von Košická Belá	228850/10	8152	86	222,8	0,615	22,34	-57,8	121/10	359/9	88/10
13 Extrem leukokratische Differentiate Gabbro-Intrusivgesteins aus dem Gebiet von Košická Belá	310213/2	6235	29,5	77,7	0,546	50,52	61,3	94/2	182/2	46/2
14 Melanokratische Fazies grösserer Gabbro- Intrusivgesteine des Gebietes Dobšiná	211764/1	3357	80,7	243,5	0,586	12,74	-87,9	63/1	400/1	180/1
15 Normalbasische Fazien grösserer Gabbro-Intrusivgesteine des Gebietes Dobšiná	233708/7	5638	91,6	215	0,661	27,90	-35,2	252/10	297/10	70/10
16 Extrem leukokratische Differentiate In- trusivgesteins des Gebietes Dobšiná	292669/10	4197	49,6	117	0,648	47,15	41,2	159/10	235/10	58/10
17 Normal basische Diabas-Extrusiv- gesteine des oberen Karbons der Gemeriden	224505/10	10594	95,07	192,2	0,712	33	-16,74	146/12	224/12	49/12
18 Extrem saure Differentiate basischen Extrusivgesteins des Karbons d. Gemeriden	312620/2	4405	50,6	100,6	0,693	49,46	73,5	247/2	126/2	9/2
19 Kleine Intrusivgesteine von Ultra- basiten des oberen Karbons	196666/2	1229	108,4	144,5	0,816	21,62	-190,6	114/3	15/3	1087/3
20 Kleine Intrusivgesteine von Gabbros u. Gabbrodioriten des oberen Kar- bons	221213/8	12770	83,4	226,1	0,618	12,27	-65,6	149/10	349/11	72/10
21 Melanokrater Porphyrit des Gemeriden- Perms	252334/1	7793	74	145,31	0,588	69,39	20,6	141/1	178/79	79
22 Porphyrite des Perms der Gemeriden	282694/5	6630	57,4	100,3	0,793	65	63,6	419/5	128/5	2
23 Leukokratische Fazies der Porphyrite des Perms der Gemeriden	323957/1	1858	33,4	68,8	0,851	71,02	95,6	692/1	—	—
24 Melanokratische Fazies der Quarzpor- phyrite des Gemeriden-Perms	291470/1	5216	41,1	69,4	0,724	82,91	92,8	675/1	87	—
25a Quarzporphyrite des Gemeriden- Perms	331085/2	3322	28,7	45,4	0,815	83,22	107,6	407/2	37	—
25b Quarzporphyrite und -porphyroide des Gemeriden-Perms	349790/16	1498	28,58	55,1	0,655	72,96	11,3	255/63	18/63	14/63

	Si ⁺⁴ in ppm	Ti ⁺⁴ in ppm	Fe in ppm 10 ³	Fe+Mn+ Ca+Mg	$\Sigma \frac{\text{Fe}}{\text{Fe}+\text{Mg}}$	$\frac{(\text{Na}+\text{K} \times 100)}{(\text{Na}+\text{K}+\text{Ca})}$	$\frac{1}{3} \text{Si} + \text{K}$ — (Ca+Mg)	Zr in ppm	V in ppm	Ti in ppm
26 Melaphyre des Perms der West-Karpaten	—	—	—	—	—	—	—	308/6	205/	128
27 Normalbasische Diabas- und Spilit-extrusivgesteine der Gemeriden-Trias	230867/9	11091	94,5	193,5	0,713	30,72	—19,4	147/18	228/18	102
28 Kleine Serpentin-Intrusivgesteine des Gemeriden-Mesozoikums	213785/7	149/2	59,3	307,6	0,198	41,86	—173,7	71/26	36/25	733/28
29 Glaukophanite des Gemeriden-Mesozoikums	224367/3	1153	110,5	208,1	0,755	47,79	—4,8	304/9	336/9	86/7
30 Subvulkane Körper und Extrusivgesteine melanokrater Augite und Limburgite der Tatra-Veporiden und der Klippen-Zone der West-Karpaten	195425/4	2635	115,6	225,7	0,540	27,50	—68,9	129/8	167/9	164
31 Intrusiv- und Extrusivgesteine der Tschinite und Porphyrite der Flysch-Zone der West-Karpaten	198200/2	16200	63,8	200,5	0,486	30,30	—56,9	476/7	193/6	66
32 Basanitoides vom Neogen bis Quartär des neoiden Vulkanismus der Mittel-Slowakei	227121/2	14448	82,	179,7	0,679	44,02	10,6	242/2	193	56
33 Limburgitoides Basanite vom Neogen bis Quartär des neoiden Vulkanismus d. Mittelslowakei	214546/2	11751	74,4	215,6	0,584	33,12	—40,4	198/2	273	133
34 Nephelinische Basanite vom Neogen bis Quartär des neoiden Vulkanismus d. Mittelslowakei	220358/6	10262	77,9	201,4	0,561	43,62	—18,5	193/6	262	97
35 Durchschnittswert der Basanitoides und Basanite des neoiden Vulkanismus der Mittel-Slowakei	220548/10	11397	78	195,2	0,608	41,36	—12,5	204/10	250	96

Tabelle 6. Tabelle der durchschnittlichen Zirkoniumgehalte von Amphiboliten und anderen basischen Gesteinen des Gebietes der Tatro-Veporiden in den West-Karpaten.

	Serpentine und Mafite	Gabbros und Gabbrodiorite	Amphibolite	Migmatite	Übrige
Kleine Karpaten	—	84/14	137/58	—	—
Inovec	—	—	118/38	97/5	128/4
Kleine Fatra	80/1	160/3	142/12	282/13	—
Hohe Tatra	—	—	140/23	150/2	—
Branisko	—	—	212/15	90/1	—
Kleine Magura	—	100/1	—	—	—
Tribeč	—	—	—	—	—
Niedere Tatra	—	—	155/1	—	—
Lubietová-Zone	—	—	134/21	140/1	—
Krakfova-Zone	61/4	52/7	77/13	186/4	—
Kráľová hole-Zone	—	56/3	245/1	—	—
Kohút-Zone	60/14	66/5	98/15	148/3	—
Čierna Hora	—	85/5	90/3	85/1	—
Lamprophyre	—	—	—	—	101/3
Durchschnittswerte:	61/19	71/38	132/200	198/30	

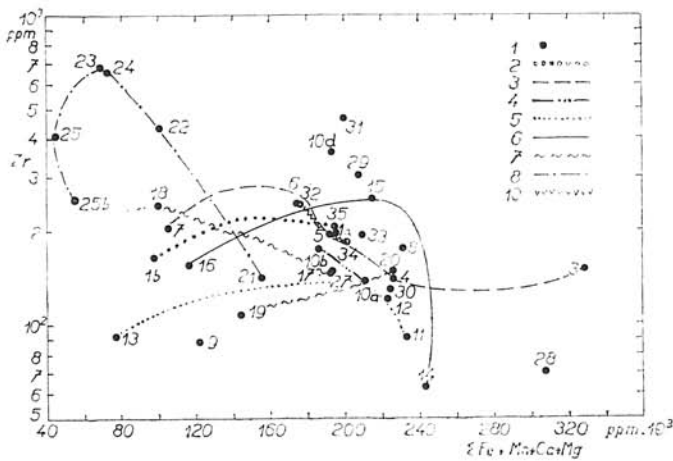


Abb. 40: Diagramm der Korrelation der Mittelwerte des Verhältnisses Zirkonium zur Summe Fe + Mn + Mg + Ca der Hauptuntergruppen basischer Extrusiv- und Intrusivgesteine der West-Karpaten.

Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 5.

Zirkonium ins Gitter der Minerale eingedrungen ist oder unter welchen es das selbstständige Mineral Zirkon bildete, das Submikroinkclusionen und Inklusionen in den gesteinsbildenden Mineralen bildet. Eindeutig kann kein bestimmtes Mineral oder Gast-Element für den Träger des Zirkoniums bei allen Gesteinstypen betrachtet werden. In den einzelnen Gesteinsgruppen sind diese Beziehungen verschieden, was sich bei der Verwendung der Korrelation des Zirkoniums und der verschiedenen Differentiationsindizes zeigt.

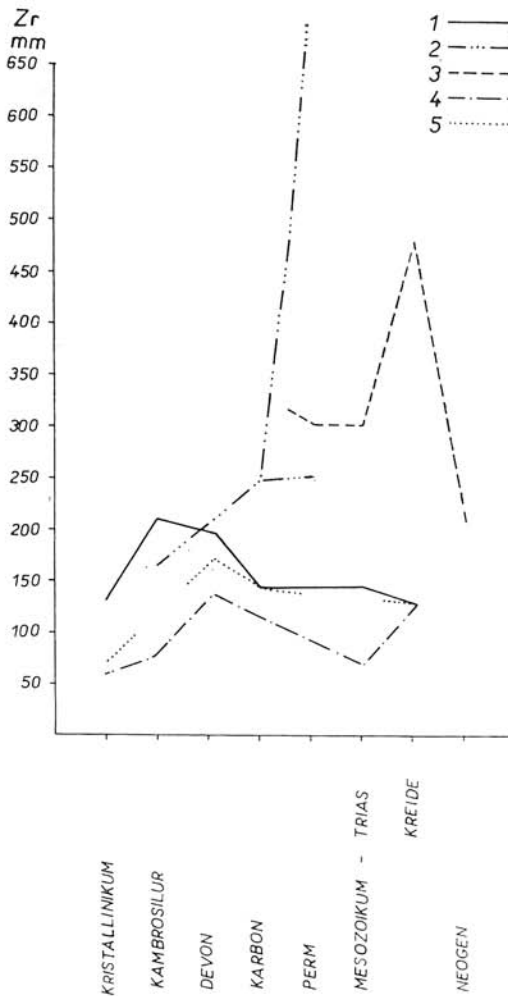


Abb. 41: Schaubild der durchschnittlichen Zirkoniumwerte in den verschiedenen Untergruppen basischer Extrusiv- und Intrusivgesteine der West-Karpaten.

Erläuterungen: 1 ——— Effusivgesteine normaler Basizität; 2 —...— leukokrate Differentiate von Effusivgestein; 3 — — — Effusivgesteine alkalischen Typs; 4 —.—— melanokrate und ultrabasische extrusive und intrusive Magmatite; 5 Intrusivgesteine normaler Basizität.

3. Die Vergleichsfrequenzkurven ermöglichen den Vergleich der am meisten vorkommenden Intervalle von Zirkoniumgehalten in den einzelnen Gesteinsgruppen; sie bestätigen grundsätzlich das über die durchschnittlichen clarkeschen Gehalte der oben erwähnten Gruppen Gesagte. Ein Unterschied besteht bloss darin, dass zwar die Gipfel der Kurven bei mehreren Gesteinstypen übereinstimmen (z. B. Diabase), die Spannweite und die Gestalt der Kurven aber, eine unterschiedliche ist. Deshalb sind, selbst bei gleicher Intervallanordnung der Frequenzkurven-Gipfel, die durchschnittlichen Werte der Zirkoniumgehalte verschieden.

Übersetzt von E. Walzel

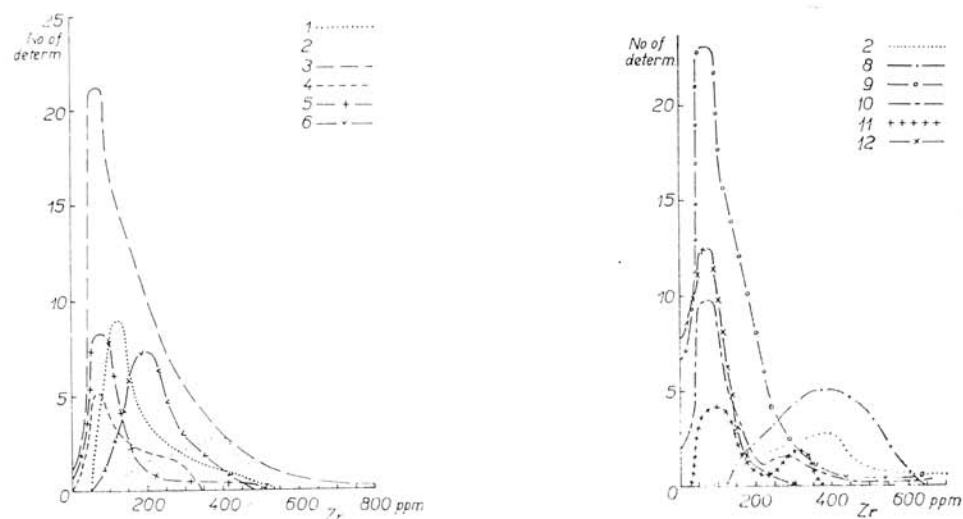


Abb. 42: Frequenzkurven basischer Extrusivgesteine normaler Basizität des Gebietes der West-Karpaten.

Erläuterungen: 1 — Kurve der Extrusivgesteine des Kambrosilurs der Gemeriden; 2 — Kurve der umgewandelten pyrogenen Gesteine des Jaloviči vrch bei Mníšek; 3 — Kurve der Extrusivgesteine des Devons der Gemeriden; 4 — Kurve der Gabbrodiorite kleinerer Intrusivgesteine des oberen Karbons der Gemeriden, normaler Basizität; 5 — Kurve extrusiver Diabase und Spilite der Gemeriden-Trias normaler Basizität; 6 — Kurve der Extrusivgesteine der Basanitoide und Basanite normaler Basizität vom Neogen bis Quartär der Mittel-Slowakei; 8 — Kurve der Gabbrodiorite kleiner Intrusivgesteine des Gebietes Jaloviči vrch bei Mníšek (normale Basizität); 9 — Kurve der Gabbrodiorite normaler Basizität kleiner Intrusivgesteine des Gebietes des Devons und Kambrosilurs der Gemeriden; 10 — Kurve von Gabbros normaler Basizität grösserer Intrusivgesteine des Gebietes Košická Belá und Dobšiná; 11 — Kurve der Gabbrodiorite normaler Basizität kleiner Intrusivgesteine des oberen Karbons der Gemeriden; 12 — Kurve der Serpentinite kleiner Intrusivgesteine des Mesozoikums der Gemeriden; 13 — summarische Frequenzkurve basischer Extrusivgesteine normaler Basizität ohne die alkalischen Typen und pyrogene Gesteine des Kambrosilurs des Gebietes Jaloviči vrch bei Mníšek vom Gemeriden-Gebiet; 14 — summarische Frequenzkurve der Gabbrodiorite und der übrigen kleinen Intrusivgesteine der Gemeriden; ohne die alkalischen Typen und kleinen Intrusivgesteine des Gebietes Jaloviči vrch bei Mníšek; 15 — summarische Frequenzkurve saurer Differentiate basischer Magmatite der Gemeriden; 16 — Kurve der sogen. „grünen Quarzporphyre“ des Perms der Gemeriden; 17 — Kurve der sogenannten „violetten Quarzporphyre“ der Perms der Gemeriden, aufgetragen auf die Kurve der „grünen Quarzporphyre“; 18 — summarische Frequenzkurve der alkalischen Typen basischer Gesteine der West-Karpaten.

Abb. 43: Frequenzkurven basischer Intrusivgesteine normaler Basizität des Gebietes der West-Karpaten.

Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 42.

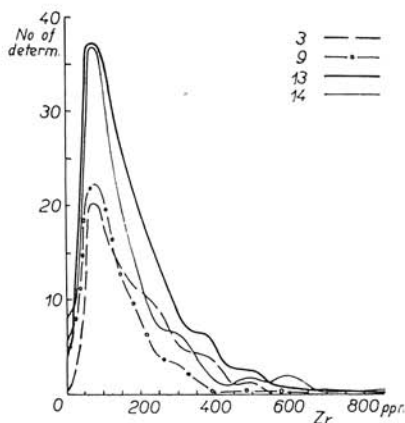


Abb. 44: Vergleichsdiagramm der Frequenzkurven der Extrusiv- und Intrusivgesteine der Äquivalente basischen Vulkanismus der Gemeriden.

Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 42.

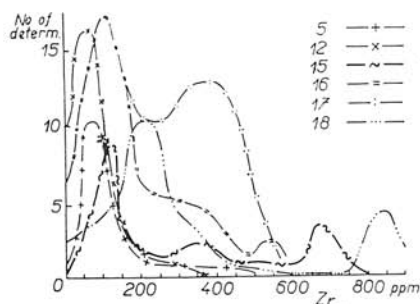


Abb. 45: Vergleichsdiagramm der Frequenzkurven von Gesteinsgruppen verschiedener Basizität und Alkalität aus dem Gebiet der West-Karpaten.

Erläuterungen: siehe wie bei Abb. 42.

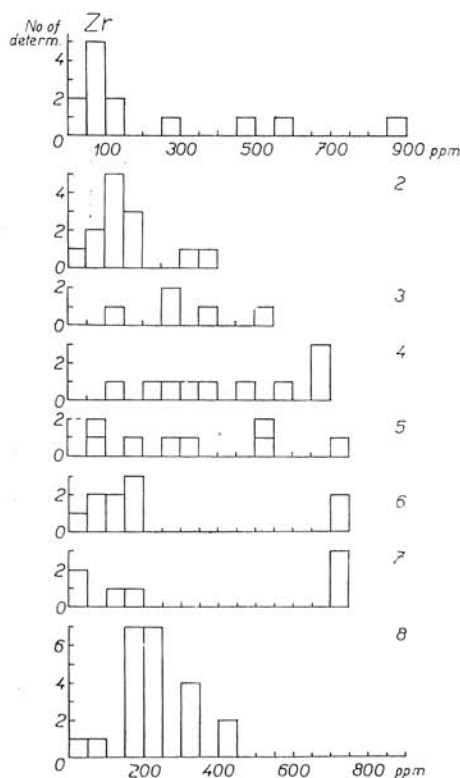


Abb. 46: Vergleichshistogramm der Gesteinsuntergruppen, zusammengestellt anhand einer kleiner Anzahl von Angaben und spezifischer Fälle von Magmatismus der West-Karpaten.

Erläuterungen: 1 — grössere Intrusivgesteine, Gabbro, normaler Basizität aus der Umgebung von Dobšiná; 2 — extrem saure Differentiale grösserer Intrusivgesteine aus der Umgebung von Dobšiná; 3 — Melaphyre des Perms der West-Karpaten; 4 — Porphyrite und Quarzporphyrite des Gemeriden — Perms; 5 — Glaukophanite der Gemeriden-Trias; 6 — Augitite des West-Karpaten-Mesozoikums; 7 — Teschiniten und Porphyrite des West-Karpaten-Mesozoikums; 8 — Basanitoiden und Basanite vom Neogen bis Quartär der West-Karpaten.

SCHRIFTTUM

- Butler J. R., 1953—1954: The geochemistry and mineralogy of rock weathering. *Geochem. et Cosmochim. Acta*, 4, 1; 6, 2, London. — Cambel B., Kupčo G., 1965: Petrochemie und Geochemie der metamorphen Hornblendengesteine aus der Kleinkarpatenregion. *Náuka o zemi* 1, Bratislava. — Cambel B., Kamenický J., Krist E., 1961: Kryštalínium. Oblast Malých Karpát, Považského Inovca a Tribča. Sjazdový sprievodca. Čs. spoloč. pre mineralog. a geol. GÜDS, Bratislava. — Cambel B., Kamenický J. L. 1968: Some data to the Geochemistry of Basic Volcanism in the West Carpathian Crystalline, Young Paleozoic and Mesozoic. *Geol. zborník — Geologica Carpathica* 19, 1, Bratislava. — Clarke R. W., Washington H. S., 1924: The composition of the earth's crust. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper* 127. — Cioflica G., Patruşius D., Jeana Ionescu et Udubasa G. G., 1966: Les ophiolites triasiques allochtones des Monts persani (Carpathes orientales). *Série de Géologie, Revue Roumaine de géologie, géophysique et géographie* 10, 1. — Degenhardt H., 1957: Untersuchungen zur geochemischen Verteilung des Zirkoniums in der Lithosphäre. *Geochim. Cosmochim. Acta* 11, London. — Degenhardt H., 1957: Untersuchungen zur geochemischen Verteilung des Zirkoniums in der Lithosphäre. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 28, London. — Durkovičová J., 1968: Mineralógia a geochemia biotitov z granitoidných hornín Západných Karpát. (Manuskript), Bratislava. — Engelhardt W. von, 1936: Die Geochemie des Barium. *Chem. Erde* 10, 187. — Fairbairn H. W., Ahrens L. H., Gorfinkle L. G., 1953: Minor element content of Ontario diabase. *Geochim. et Cosmochim. Acta* 3, London. — Fersman A. E., 1933: *Geochimia*. 1 Teil. Moskva. — Fersman A. E., 1934: *Geochimia*. 2 Teil. Moskva. — Fersman A. E., 1937: *Geochimia*. 3 Teil. Moskva. — Fersman A. E., 1939: *Geochimia*. 4 Teil. Moskva. — Goldschmidt V. M., 1954: *Geochemistry*. Oxford. — Goldschmidt V. M., 1937: The principles of distribution of chemical elements in minerals and rocks. *J. Chem. Soc.* — Hahn P., Veinheimer A., 1959: Geochemische Untersuchungen an den ultrabasischen und basischen Gesteinen der Münchberger Gneissmasse (Fichtelgebirge). *N. Jb. Mineral. Abb.* 92. — Harman M., 1963: Petrografia iniciálnych bazických vulkanitov krakovskej zóny. Katedra petrografie FGGU UK, Bratislava. — Hevesy G. V., Würstlin K., 1934: Die Häufigkeit des Zirkoniums. *Z. anorg. allgem. Chem.* 216, 305. — Hovorka D., 1968: Petrogeneza ultrabazik, lamprofýrov a niektorých typov amfibolických hornín Západných Karpát. (Habilitation). Bratislava. — Hovorka D., Slavkay M., 1966: Pikrit od Ponik. *Geol. práce* 39, Bratislava. — Higazy R. A., 1953: Observations on the distribution of trace elements in perthite pegmatites of the Black Hills, Sout Dakota, Amer. Min. 38. — Chao E. T. C., Fleischer M., 1960: Abundance of zirconium in igneous rocks. *Int. Geol. Congr.* 21 st., pt. 1, Copenhagen. — Chmelík J., Ilavský J., 1900: Über den effusiven Charakter der Gabbrodiorite der Gelnica—Serie in den Gemeriden. *Geologické práce* 36, Bratislava. — Ivanov M., 1965: Litológia, petrografia a metamorfizmus paleozoika Spišsko-gemerského rudohoria. *Zbor. geol. vied, Rad ZK 3*, Bratislava. — Ivanov M., Kupčo G., 1965: Distribúcia a asociácia stopových elementov v magmatických a sedimentárnych horninách Spišsko-gemerského rudohoria. *Zbor. geol. vied, Rad ZK 3*, Bratislava. — Janda O., Schroll E., Sedláček M., 1965: Zum Problem der geochemischen Unterscheidung von Para- und Orthoamphiboliten am Beispiel einiger Vorkommen des Waldviertels und der Ostalpen. *Tschermaks min. petrograph. Mitteil. Sonderdruck aus Band 10, Heft 1—4*. Kamenický J., 1957: Serpentin, diabázy a glaukofanické horniny triasu Spišsko-gemerského rudohoria. *Geol. práce* 45, Bratislava. — Kamenický J., Marková M., 1957: Petrografické štúdie fylit-diabázovej série Gemerid. *Geol. práce* 45, Bratislava. — Kantor J., 1955: Diabázy juhoslovenského mezozoika. *Geol. práce* 41, Bratislava. — Kantor J., 1956: Serpentin južnej časti Spišsko-gemerského rudohoria. *Geol. práce, Zprávy* 6, Bratislava. — Kucharenko A. A., 1960: K geochemii cirkonija a gafnija v porodobrazujuščich piroksenoch i v cirkonijenyh mineralach paleozoiskovo kompleksa. *Geochimija* 1960, Moskva. — Mason B., 1952: Principles of geochemistry. New York. — Maksimovič Z., 1961: Regionalni metamorfizmi i metasomatoza ultrabazičnych stena u oblasti crne trase (istočna erija). Repindled from Glas CCXLV, No 22, Section for Mathematical and Natural Sciences of Serbian Academy of Sciences and Arts, Beograd. — Maksimovič Z., 1962: Sadržaj i raspodjela elemenata u tragovima i nekim diferencijatima ultrabazično magme. Repindled from Report of the Fifth Meeting of the Geologists of the F. P. R. of Jugoslavia, Beograd. — Mihaličková A., 1966: Petrografická a petrochemická charakteristika bazaltov JV Slovenska. *Zborník geol. vied, Rad ZK 5*, Bratislava. — Nockolds S. R., Mitchell R. L., 1948: The geochemistry of some Caledonian plutonic rocks, *Trans. Roy. Soc.* 61, 2,

20. Edinburg. — Nockolds S. R., Mitchell R. L., 1944–1948: The Geochemistry of some Caledonian Plutonic Rocks: A Study in the Relationship between the Major Trace Elements of Igneous Rocks and Minerals. Transactions of the Royal Society of Edinburg, vol. LXI, p. 11, session 1944–1948, Edinburg. — Nockolds S. R., Allen R., 1953, 1954, 1956: The geochemistry of some igneous rocks series. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, Part I: 4, 105; Part II: 5, 245; Part III: 9, 34, London. — Patterson E. M., 1951: A petrochemical study of the Tertiary lavas of northeast Ireland. *Geochim. et Cosmochim. Acta* 2, London. — Pacák V., 1926: Sopeční horniny na severním upatí Bezkyd Moravských. *Nakl. České AVV, Praha*. — Pinson W. H., Ahrens L. H., Frank M. L., 1953: The abundances of Li, Sc, Sr, Ba and Lr in chondrites and some ultramafic rocks. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 4, London. — Rankama K., Sahama G., 1950: *Geochemistry*. University of Chicago Press, Chicago. — Rojkovič L., 1967: Mineralogicko-geochemická charakteristika U-Mo-Cu zrudnenia v perme Spišskogemerského rudohoria (Dissertation). Bratislava. — Rozložník L., 1961: Petrografia, petrotektonika a petrochémia granitizovaných hornin Rakoveckej série a ich vzťah k zrudneniu v okolí Dobšinej (Habilitation). Katedra geolog. a mineral. BF VŠT, Košice. — Sahama T. G., 1945: Spurenelemente der Gesteine im südlichen Finnisch-Lappland. *Bull. de la commission géologique de Finlande* 135, Helsinki. — Schulze E. G., 1967: Zur Spurenelementverteilung und Kluftparagenese in initialen Vulkaniten des nördlichen Oberharzes. *Chemie der Erde*, 4. — Siblík M., 1963: K nálezu ramenonožců v neokomských tufitech u Košeckého Rovného. *Geologické práce, Zprávy* 27, Bratislava. — Stevens R. E. and others, 1960: Second report on a cooperative investigation of the composition of two silicate rocks. *U. S. Geol. Surv. Bull.* 113, Washington. — Šimová M., 1965: Petrografia a petrochémia produktov finálneho vulkanizmu Slovenského stredohoria. *Acta Geolog. et Geographica Universit. Comenianae, Geologica* 9, Bratislava. — Taylor S. R., 1964: Abundance of chemical elements in the continental crust a new table. *Geochim. Cosmochim. Acta* 28, 8, London. — Taylor S. R., 1955: The origin of some New Zealand metamorphic rocks as shown by their major and trace element composition. *Geochim. et Cosmochim. Acta* 8, London. — Taylor S. R., 1964: Trace element abundances and the chondritic Earth model. *Geochim. Cosmochim. Acta* 28, 12, London. — Tichonenko I. P., Tichonenkova R. P., 1964: Zirkonij. *Geochimija redkich elementov*, Moskva. — Turekian K. K., Wedepohl K. H., 1961: Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 72. — Václav J., 1961: Predbežná zpráva o štruktúrno-geologickom a metalogenetickom výskume oblasti JZ od Svedlára. *Geol. práce, Zprávy* 22, Bratislava. — De Vore G. W., 1955: The role of absorption in the fractionation and distribution of elements. *J. Geol.* 63. — De Vore G. W., 1955: Crystal growth and the distribution of elements. *J. Geol.* 63. — Vinogradov A. P., 1962: Sredneje sodržanije chimičeskich elementov v glavnych tipach izverženných gorných porod zemnoj kory. *Geochimija* 7, Moskva. — Vrána S., 1964: Petrogenéze veporidního krystalinika v okolí Slavošovec. *Geologické práce* 33, Bratislava. — Wager L. R., Mitchell R. L., 1951: The distribution of trace elements during strong fractionation of basic magma a further study of the Skaergaard intrusion East Greenland. *Geochim. et Cosmochim. Acta* 4, London. — Wager L. R., Mitchell R. L., 1943: Preliminary observations on trace elements in the rocks of the Skaergaard intrusion, Greenland. *Miner. Mag.* 26. — Wager L. R., Mitchell R. L., 1953: Trace elements in a suite of Hawaiian lavas. *Geochim. et Cosmochim. Acta* 3, London. — Wedepohl K. H., 1954: Der trachydoleritische Basalt des Backenberges bei Guntersen, westl. v. Göttingen, Heidelberg. *Beistr. Min.* 4, 229. — Zavarickij A. A., 1944: *Vvedeniye v petrochimiju*. Moskva.

Zur Veröffentlichung empfohlen von J. Kantor.