

Jubiläumsschrift 20 Jahre Geologische Zusammenarbeit Österreich – Ungarn			A 20 éves magyar-osztrák földtani együttműködés jubileumi kötete		
Redaktion: Harald Lobitzer & Géza Császár			Szerkesztette: Harald Lobitzer & Géza Császár		
Teil 1	S. 133–143	Wien, September 1991	1. rész	pp. 133–143	Bécs, 1991. szeptember
ISBN 3-900312-76-1					

Zur Bedeutung detritischer Chromspinelle in den Ostalpen: Ophiolithischer Detritus aus der Vardarsutur

Von PETER FAUPL & ELISABETH POBER*)

Mit 8 Abbildungen

*Ostalpen
Nördliche Kalkalpen
Ostalpin
Rossfeldschichten
Lavanter Schichten
Gosau
Schwermminerale
Chromspinell
Vardarsutur*

Inhalt

Zusammenfassung	133
Összefoglalás	133
Abstract	134
1. Einleitung	134
2. Die Verbreitung detritischer Chromspinelle im Oberostalpin	134
3. „Südprovinz“	136
3.1. Die Chromspinelle der Rossfeldschichten	137
3.2. Die Chromspinelle der Lavanter Schichten	138
3.3. Die Chromspinelle der Gosau der Südprovinz	138
3.4. Geochemischer Trend in der Chromspinellentwicklung der Südprovinz	139
4. Zur paläogeographischen Stellung und Entwicklungsgeschichte der Südprovinz	139
5. Ausblick	142
Dank	142
Literatur	142

Zusammenfassung

Ausgehend von der chemischen Zusammensetzung detritischer Chromspinelle wird versucht, das Liefergebiet jener südlichen Herkunftsprovinz zu rekonstruieren, von welchem ab der Unterkreide ophiolithischer Detritus in kalkalpine Sedimentationsbereiche gelangt ist. Es handelt sich um den Chromspinell-detritus der unterkretazischen Rossfeldschichten, der Flyschentwicklung der Höheren Gosau (Campan–Paleozän) sowie aus einzelnen Vorkommen der Tieferen Gosau (Santon–unteres Campan) und aus den mittelkretazischen Lavanter Schichten der Lienzer Dolomiten.

Das Herkunftsgebiet dürfte sich aufgrund der Chromspinellchemie aus zwei geochemisch unterschiedlichen Ophiolithsequenzen zusammengesetzt haben, die wahrscheinlich auch verschiedenes Alter haben. Der Chromspinell-detritus der Rossfeldschichten läßt sich überwiegend von Harzburgiten ableiten. Ab der Mittelkreide und dann besonders ausgeprägt in der Oberkreide sind zunehmend auch Hinweise auf Iherzolithische Ausgangsgesteine im Liefergebiet zu beobachten. Eine solche Zweigliederung ist aus den Ophiolithzonen der Dinariden bekannt. Es wird daher angenommen, daß sich der Vardarozean paläogeographisch bis in Bereiche südlich der Kalkalpen erstreckt hat.

Adalék a törmelékes króm-spinellek Keleti-Alpokban való előfordulásának jelentőségéhez: ofiolit törmelék a Vardar szuturából

Összefoglalás

A törmelékes króm-spinellek vegyi összetételéből kiindulva, kísérlet történik azon déli származású tartomány szállítási területének rekonstruálására, ahonnan akora-kretától kezdve a Mészköalpok üledékképződési területeire ofiolitos törmelék jutott. A

*) Anschriften der Verfasser: Univ.-Prof. Dr. PETER FAUPL, Institut für Geologie, Universität Wien, Universitätsstraße 7/III, A-1010 Wien; Dr. ELISABETH POBER, Rohoelaufsuchungs-Ges.m.b.H., Schwarzenbergplatz 16, A-1015 Wien.

krómspinell-tartalmú képződmények az alábbiak: alsó-kréta rossfeldi rétegek, a flis kifejlődésű felső-gosau (campani-paleocén), valamint az alsó-gosau (santoni és alsó-campani) néhány előfordulása, továbbá a Lienzi Dolomitokban előforduló középső-kréta Lavanti Formáció.

A származási terület – a krómspinell-vegyvizsgálatok alapján – két, geokémiailag különböző ophiolitos rétegsorból állhatott, amelyeknek kora is valószínűleg eltérő. A rossfeldi rétegek krómspinell-törmeléke elsősorban a harzburgitokból vezethető le. A középső-krétától kezdve, majd kifejezetten a felső-krétában növekvő mértékben figyelhetők meg lherzolitos kiindulókőzetekre történő utalások is a szállítási területeken. Ugyanilyen kettős tagozódás ismeretes a Dinaridák ophiolit zónáiban is. Feltételezzük ezért, hogy a Vardar-óceán ösföldrajzilag egészen a Mészköalpoktól délre elterülő tartományokig terjedt ki.

Significance of Detrital Chromian Spinels in the Eastern Alps: Ophiolitic Detritus from the Vardar Suture

Abstract

The ophiolitic detritus of several sedimentary series of the Northern Calcareous Alps was derived from a southern provenance area. These series include the Lower Cretaceous Rossfeld Formation, the turbiditic series of the Upper Gosau Group (Campanian–Paleocene), several formations of the Lower Gosau Group (Santonian–Lower Campanian), and additionally the mid-Cretaceous Lavant Fm. in the Lienz Dolomites.

Investigations of the detrital chromian spinel chemistry represent an attempt to establish the host rock composition of the southern provenance area. It was obviously composed of two geochemically different ophiolitic sequences of probably different ages. The majority of the chromian spinels in the Rossfeld Formation was derived from harzburgites. Al-rich spinels in the mid-Cretaceous and predominantly in the Upper Cretaceous indicate additional lherzolitic host rocks in the provenance area. This sequence corresponds to the present-day double ophiolitic belt of the Dinarides and suggests that the paleogeographic extension of the Vardar Ocean includes areas south of the Northern Calcareous Alps.

1. Einleitung

Über die Verbreitung detritischer Chromspinelle in den Schichtfolgen der Ostalpen liegen seit den systematischen Untersuchungen von WOLETZ (1963, 1967) zahlreiche Informationen vor. Am weitesten verbreitet ist dieses Schwermineral in den kretazischen Serien des Oberostalpins (Abb. 1).

Dem Chromspinell kommt als markantes Leitmineral für ophiolithischen Detritus bei geodynamischen Überlegungen zur Entwicklungsgeschichte der Ostalpen bzw. der Alpen insgesamt große Bedeutung zu (vgl. OBERHAUSER, 1980). Seine weltweite Verbreitung im Zusammenhang mit orogenetischen Vorgängen wurde durch ZIMMERLE (1984) aufgezeigt. Der Umstand, daß aus der geochemischen Zusammensetzung solcher detritischer Spinelle wichtige Informationen über die Genese der ophiolithischen Herkunftsgesteine zu gewinnen sind (vgl. z. B. IRVINE, 1967; HAMLIN & BONATTI, 1980; MICHAEL & BONATTI, 1985 u.a.), hat die beiden Autoren veranlaßt, eine systematische geochemische Studie über die detritischen Chromspinelle der Ostalpen durchzuführen (POBER & FAUPL, 1988). Die vorliegende Arbeit soll nun den Beitrag der Spinellchemie zur Rekonstruktion jener südlichen Liefergebietsprovinz, die ab der Unterkreide Chromspinell in kalkalpine Sedimentationsbereiche lieferte, darstellen.

Insgesamt wurden etwa 2000 Mineralanalysen an detritischen Chromspinellkörnern aus verschiedenen Sedimentgesteinsserien der Ostalpen mittels Elektronenstrahlmikrosonde (ARL-SEM) durchgeführt. Gemessen wurden die Elemente Al, Cr, Ti, Fe, Mg, Mn und Ca. Fe^{3+} wurde unter der Annahme von Stöchiometrie berechnet. Der Chemismus wurde in der üblichen Form der Projektion im Spinellprisma dargestellt (STEVENS, 1944), wobei die 2-wertigen Kationen ($Mg/(Mg+Fe_2)$) den 3-wertigen ($Cr/(Cr+Al)$), die die größte Variabilität zeigen, gegenübergestellt wurden. Diese beiden Parameter werden im folgenden mit Mg^* und Cr^* bezeichnet. Die Fe_2O_3 - und TiO_2 -Gehalte sind im allgemeinen sehr niedrig.

Die chemische Zusammensetzung des Chromspinells hängt wesentlich vom Aufschmelzungsgrad des Mantelperidotites ab und spiegelt so in einem gewissen Grad das geotektonische Milieu während der Gesteins-

genese wider. DICK & BULLEN (1984) konnten drei Arten von alpinotypen Ophiolithen mit unterschiedlich zusammengesetzten Spinellspektren klassifizieren. Peridotite vom Typ I weisen überwiegend lherzolithische Zusammensetzung auf. Die Entstehung solcher Gesteine hat im Bereich mittelozeanischer Rücken stattgefunden. Die Spinelle überschreiten den Wert von 0,6 für Cr^* nicht. Peridotite des Typs III haben üblicherweise Harzburgit-Charakter. Das Cr^* der Spinelle liegt im wesentlichen über 0,6. Die Bildung dieser Gesteine vollzog sich im Bereich initialer magmatischer Bögen, wobei der relativ hohe Chromgehalt mit hohen Aufschmelzungsraten im Zusammenhang steht. Diese hohen Aufschmelzungsraten lassen sich wahrscheinlich als Folge der Zufuhr fluider Phasen bei der Subduktion erklären. Als Peridotit-Typ II werden Gesteine mit einer relativ großen Variationsbreite im Cr^* der Spinelle bezeichnet. Ophiolithzonen von diesem Typ dürften sehr unterschiedliche Entwicklungsstadien der Ozeanbodenbildung repräsentieren.

2. Die Verbreitung detritischer Chromspinelle im Oberostalpin

Die stratigraphische Verbreitung chromspinellführender Serien in den Ostalpen zeigt Abb. 1. Aus fazieller Sicht lassen sich die chromspinellführenden Ablagerungen drei Entwicklungen zuordnen. Bei den meisten Schichtgliedern handelt es sich um Turbiditserien s.l. Im Falle der Tieferen Gosau liegen kontinentale bis flachmarine Ablagerungen vor. Die Ausbildung der jurassischen Schichtglieder ist im Zusammenhang mit dem Riftingprozess im Bereich des südpenninischen Ozeans zu sehen.

Im Oberostalpin treten detritische Chromspinelle während verschieden alter orogenetischer Entwick-

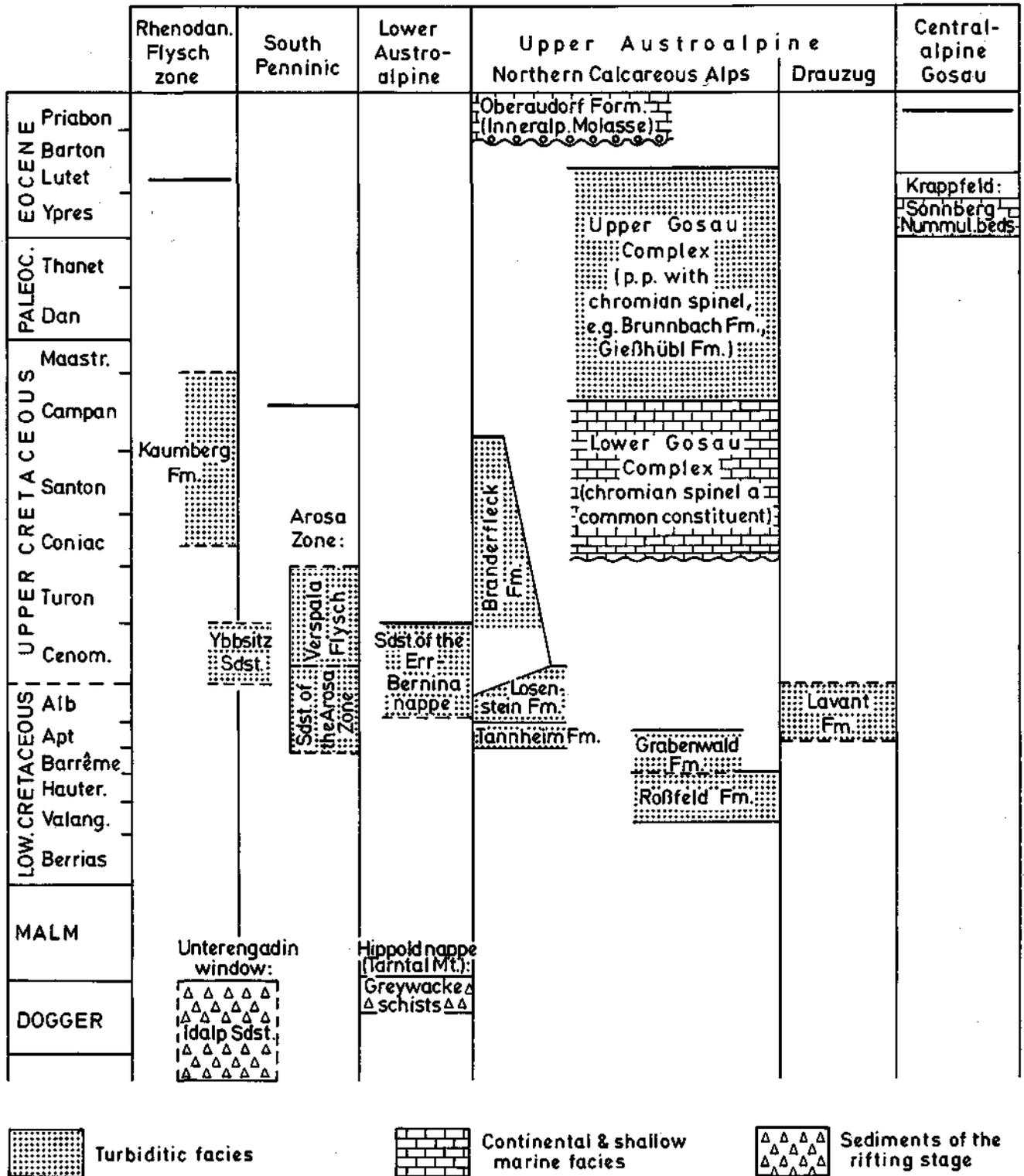


Abb. 1. Stratigraphische Verbreitung chromspinnelführender Serien in den Ostalpen.

lungsstadien auf. So finden sich Chromspinnelle in den unterkretazischen Roßfeldschichten und Grabenwaldschichten (WOLETZ, 1970; FAUPL & TOLLMANN, 1979; DECKER et al., 1987). Ein zweiter Schwerpunkt liegt in den mittelkretazischen Schichten der tiefbajuvarischen Kalkalpenstockwerke (Tannheimer und Losensteiner Schichten) sowie in den Branderfleckschichten (Cenoman- u. Campan) (WOLETZ, 1967; MÜLLER, 1973; GAUPP,

1982, 1983; WEIDICH, 1984, 1985). Auch die chromspinnelführenden Lavanter Schichten des Drauzuges sind mittelkretazisch. Das massive Auftreten von Chromspinnell in den oberkretazischen Schichten der Tieferen Gosau markiert einen dritten Abschnitt. Die Schichten der Höheren Gosau sind im allgemeinen chromspinnellfrei, wodurch der bekannte Schwermineralumschlag im Campan belegt wird. Jedoch auch in diesem höheren

Gosaukomplex konnten in einzelnen Schichtgliedern recht bedeutende Gehalte an Chromspinell beobachtet werden.

Ausgehend von sedimentologischen Daten und paläogeographischen Überlegungen muß der Chromspinell-detritus des Ostalpins von zwei unterschiedlichen Liefergebietsprovinzen abgeleitet werden. Die Nordprovinz – nördlich der Kalkalpen gelegen – steht mit den Subduktionsprozessen des südpenninischen Ozeans in ursächlichem Zusammenhang. Dieses Liefergebiet ist in der Literatur unter dem Begriff „Rumunischer Rücken“ (FAUPL, 1978; GAUPP, 1982) bekannt. Die Chromspinelle der oberostalpinen kalkalpinen Mittelkreide sowie der Tieferen Gosau werden davon abgeleitet. Außerdem wird der Chromspinell-detritus unterostalpinen und südpenninischer Serien von dieser Provinz bezogen.

Der Nordprovinz steht eine sogenannte Südprovinz als Liefergebiet für die Chromspinelle der Roßfeldschichten, der Höheren Gosau, und auch der Lavanter Schichten gegenüber. Die Entwicklung in dieser Südprovinz wird im folgenden näher dargestellt.

3. „Südprovinz“

Sedimentologische Studien an der Typlokalität der Roßfeldschichten südlich von Salzburg, sowie im Bereich der Reichraminger Decke im Ennstal haben gezeigt, daß eine Anlieferung des terrigenen Materials aus südlich der Kalkalpen gelegenen Regionen über einen nordfallenden Paläohang erfolgte (FAUPL & TOLLMANN, 1979; DECKER et al., 1987).

Für die Flyschfazies der Höheren Gosau konnte ebenfalls mit Hilfe von Paläoströmungsanalysen eine Liefergebietsregion im Süden der Gosau Becken rekon-

struiert werden (FAUPL et al., 1987). Die Hauptmasse der Flyschgosau ist zwar durch granatdominierte, chromspinellfreie Schwermineralspektren charakterisiert, und nur in wenigen Schichtgliedern, wie z.B. in den Gießhübler Schichten oder in der pelitreichen Fazies der Brunnbachschichten, kommen höhere Prozentanteile von Chromspinell in den Schwermineralspektren vor. Dieser Chromspinell ist mit dem übrigen klastischen Material, einem Gemisch aus kalkalpinem, bioklastischem und terrigen-metamorphem Detritus, aus dem Süden angeliefert worden. Ungeklärt war bisher die Frage, ob diese Chromspinelle möglicherweise auch aus der chromspinellreichen Tieferen Gosau umgelagert worden sein könnten, denn aus einer Reihe von Gosauvorkommen ist eine beträchtliche Erosionsphase zwischen Tieferer und Höherer Gosau bekannt (z.B. Weyerer Bögen-Gosau, RUTTNER & WOLETZ, 1956; Lillienfelder Gosau, WAGREICH, 1986a). Diese Aufarbeitungshypothese kann nun aufgrund der Chromspinellstudien verworfen werden (vgl. hierzu Abb. 6a). Auch das restliche Schwermineralspektrum dieser beiden Gosauabschnitte ist unterschiedlich zusammengesetzt.

Bei den vergleichenden Studien an den Gosau-Spinellen hat sich gezeigt, daß auch Vorkommen der Tieferen Gosau, insbesondere die Vorkommen von Gosau (Typlokalität) und Wörschach, mit großer Wahrscheinlichkeit ihren Chromspinell-Detritus ebenfalls aus der Südprovinz erhalten haben. Für Gosau (Grabenbach- und Hochmooschichten) liegen hierfür keine eindeutigen Paläoströmungshinweise vor. WAGREICH (1986b) berichtet über W-E-gerichteten Transport. Von den Schneckengraben- und Reschitzgrabenschichten aus Wörschach sind selbst keine Paläoströmungsdaten bekannt. Jedoch aus den damit in enger Verbindung stehenden Konglomeratserien konnte POBER (1984) einen nordostgerichteten Transport ermitteln.

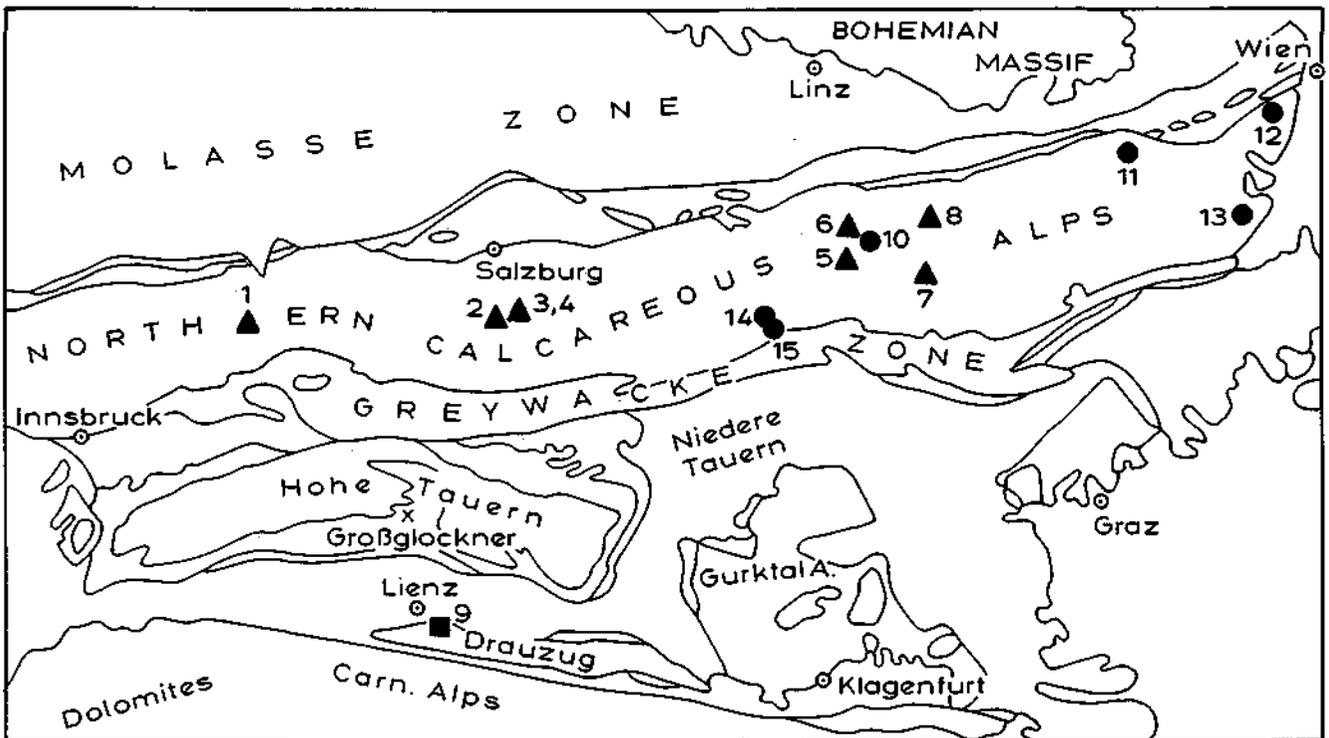


Abb. 2.

Lage der Probenpunkte.

▲ = Roßfeldschichten (Nummern siehe Abb. 3); ■ = Lavanter Schichten; ● = Gosauvorkommen (Nummern siehe Abb. 5).

Datenkomplex mit dem Typ II zu vergleichen. Die meisten Datenpunkte liegen aber im Bereich der Ophiolithe vom Typ III.

3.2. Die Chromspinelle der Lavanter Schichten

Im Vergleich zu den Roßfeldschichten ist zu erkennen, daß der kritische Cr^* -Wert von 0,4 doch von einigen Spinellen unterschritten wird (Abb. 4). Die Korrelation zwischen Cr^* und Mg^* ist besser ($r = -0,86$). Die Mg^* -Werte sind jedoch bezogen auf die entsprechenden Cr^* -Werte relativ niedrig. Die Probenpunkte belegen den rechten Teil des Harzburgitfeldes. Etwa zwei Drittel aller Punkte entsprechen dem Typ I in der Peridotitklassifikation von DICK & BULLEN (1984).

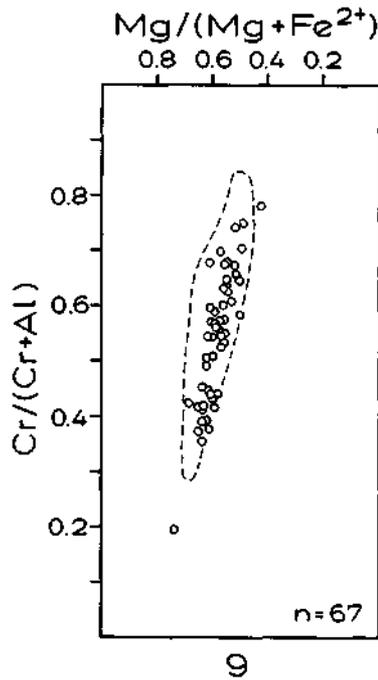
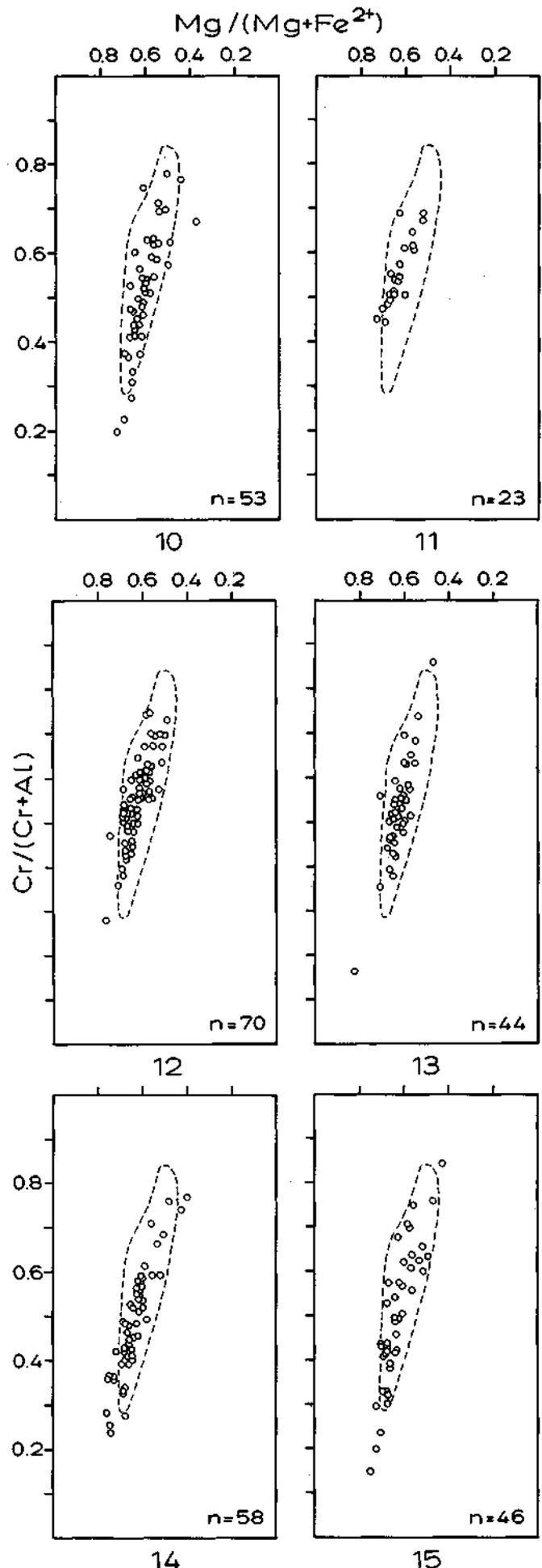


Abb. 4. Chemische Variabilität der detritischen Spinelle aus den Lavanter Schichten. 9 = Profil vom Kirchbichl, Lavant bei Lienz.

3.3. Die Chromspinelle der Gosau der Südprovinz

In Abb. 5 sind die Daten für die Gosauspinelle südlicher Herkunft zusammengefaßt. Die Korrelation zwischen Cr^* und Mg^* ist im allgemeinen gut. Im Vergleich zu den Roßfeldschichten, aber auch Lavanter Schichten.

Abb. 5. Chemische Variabilität der detritischen Spinelle aus der Gosau-Gruppe der Kalkalpen. Die Diagramme 10-13 repräsentieren den höheren Gosaukomplex, die Diagramme 14-15 dienen als Beispiele für jene Schichten der Tieferen Gosau, deren Detritus höchstwahrscheinlich auch von der Südprovinz abzuleiten ist. 10 = Brunnbachschichten in mergeliger Turbiditfazies, Gosau im Gebiet der Weyerer Bögen; 11 = Höllgrabenschichten, Gosau bei Lilienfeld; 12 = Gießhübler Schichten, Gießhübler Gosau; 13 = Orbitoidensandstein, Gosau des Miesenbachtals; 14 = Schneckengrabenschichten, Gosau von Wörschach; 15 = Reschitzgrabenschichten, Gosau von Wörschach.



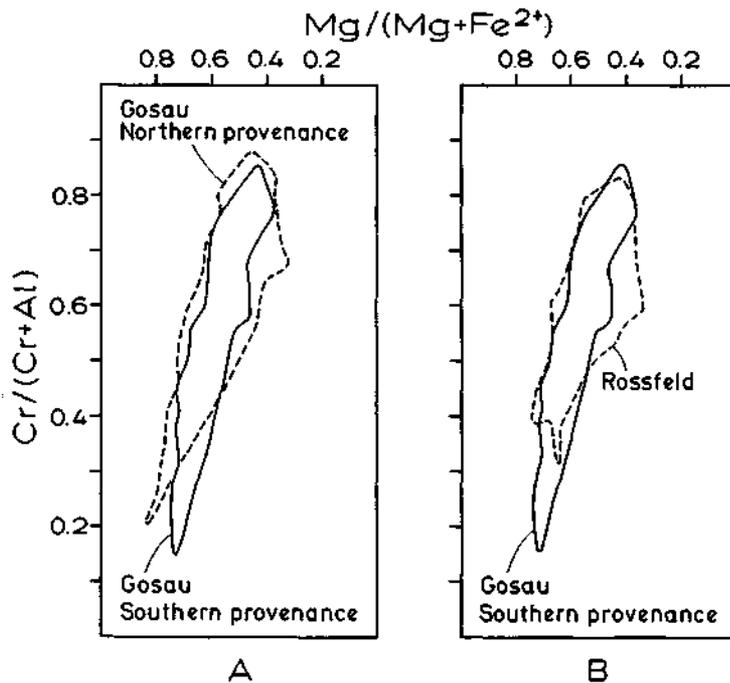


Abb. 6.

- A) Vergleich der chemischen Variabilität von detritischen Chromspinnellen aus der Tieferen Gosau (Nordprovinz, unterbrochene Linie) und der Gosau mit einer Materialherkunft aus der Südprovinz (ausgezogene Linie).
 B) Vergleich der chemischen Variabilität von detritischen Chromspinnellen aus den Rossfeldschichten und jenen aus der Südprovinz der Gosau.

ten, ist die Variabilität von Cr^* deutlich größer und schwankt zwischen 0,15–0,85. Diagramm 11 (Höllgrabenschichten, Gosau von Lilienfeld) mit allerdings nur 23 Analysenwerte bildet eine Ausnahme.

Die aluminiumreichsten Spinelle treten also hier auf. Die Analysenpunkte streuen sowohl über das Harzburgit- als auch über das Lherzolithe-Feld. Die große Variation der Cr -Werte ist kennzeichnend für Typ II-Peridotite nach der Klassifikation von DICK & BULLEN (1984). Der Großteil der Punkte liegt jedoch im Feld des Typ I.

In den Diagrammen 14 und 15 (Abb. 5) sind die schon erwähnten Chromspinnell-Daten aus der Tieferen Gosau von Wörschach dargestellt, die sich sehr gut mit jenen aus der Höheren Gosau (Flyschgosau) vergleichen lassen. In Abb. 6a sind die Chromspinnellverteilungen der Gosau der Südprovinz jenen der Nordprovinz gegenübergestellt. Abgesehen vom unterschiedlichen Trend in der Cr^* - und Mg^* -Variation ist zu beachten, daß rund 80% der Punkte der Nordprovinz zwischen 0,45 und 0,65 Cr^* liegen, während die Spinelle der Südprovinz eine gleichmäßige Besetzung des Cr^* -Spektrums zeigen. Fallweise auftretende aluminiumreiche Spinelle der Nordprovinz weisen deutlich höhere Mg -Gehalte auf als jene der Südprovinz. Die Chromspinnelle der Höheren Gosau haben im Durchschnitt höhere Ti -Gehalte als jene der Tieferen Gosau.

3.4 Geochemischer Trend in der Chromspinnellentwicklung der Südprovinz

Bei einer Gegenüberstellung der Diagramme (Abb. 3–5) läßt sich eine deutliche Änderung in den Chromspinnellspektren beobachten (vgl. auch Abb. 6b). Während aluminiumreiche Spinelle in der Unterkreide fehlen und die Chromspinnelle daher überwiegend von Ophiolithen mit harzburgitischem Charakter abgeleitet werden können, ist die Ausweitung der Spektren zu Al-Spinnellen lherzolitischer Herkunft in den mitteltretazischen Lavanter Schichten und dann besonders ausgeprägt in jenen der Höheren Gosau bemerkbar.

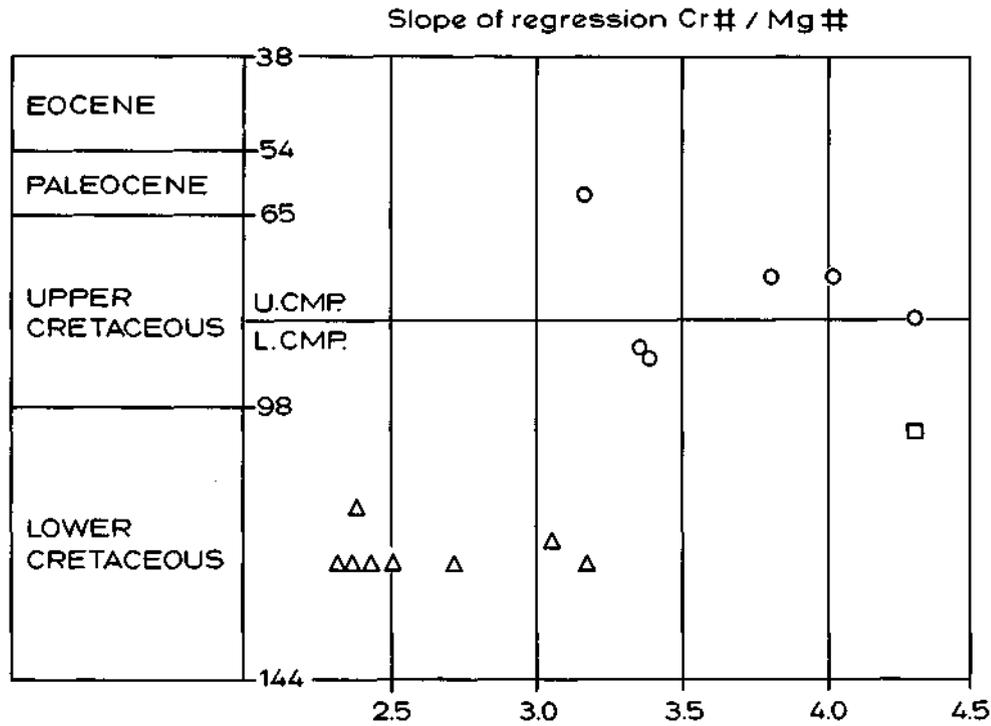
Da das Verhältnis Cr^* zu Mg^* eines der wichtigsten diagnostischen Merkmale für die Spinell-Datengruppen ist, wurden die einzelnen Vorkommen nach der Steigung der Regressionslinie Cr^* gegen Mg^* dargestellt (Abb. 7a). Die Datengruppen der Roßfeldschichten weisen durchwegs niedrigere Steigungswerte auf als jene der Gosau und der Lavanter Schichten. Zum Vergleich wurden in Abb. 7b die Vorkommen der sogenannten Nordprovinz zusammengestellt, wo solch ein Trend nicht zu beobachten ist.

Der hier festgestellte Trend von Typ III zu Typ I nach der Peridotit-Klassifikation von DICK & BULLEN (1984) kann folgendermaßen interpretiert werden: Für die Roßfeldschichten sind Ophiolithkörper als Liefergebiete für den detritischen Chromspinnell zur Verfügung gestanden, die aus einem ozeanischen Krustenbereich stammen, der sich während eines initialen Stadiums der Entwicklung eines magmatischen Bogens gebildet hat. Das Auftreten von aluminiumreichen Spinellen in den jüngeren Serien dürfte nun die Erweiterung des Liefergebietes um lherzolitische Ophiolithkörper (Typ I-Peridotite), wie sie von abyssalen Peridotiten der mittelozeanischen Rücken bekannt sind, belegen.

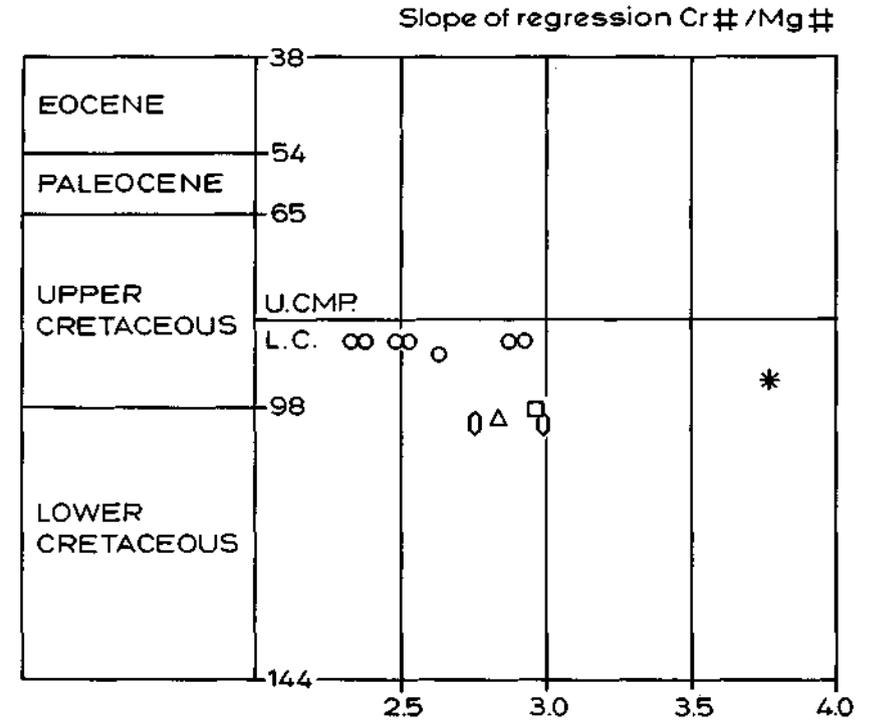
Ausgehend von diesem geochemischen Trend wird daher angenommen, daß sich die sogenannte Südprovinz aus zwei geochemisch unterschiedlichen Ophiolith-Sequenzen zusammengesetzt hat, die wahrscheinlich auch verschieden alt sind.

4. Zur paläogeographischen Stellung und Entwicklungsgeschichte der Südprovinz

Das hier als Südprovinz bezeichnete Liefergebiet der Chromspinnelle der kalkalpiner Unterkreide, der Lavanter Schichten und der Höheren Gosau muß, wie schon erwähnt, aus sedimentologischen und faziellen Gründen südlich des Kalkalpins gelegen haben. Eine Herleitung des Detritus vom Rumunischen Rücken („Nordprovinz“) ist für diese Schichtglieder daher nicht mög-



- Gosau Group - southern provenance (NCA)
- Lavant Form. - Lienzer Dolomiten
- △ Rossfeld Form. (NCA)



- Gosau Group - northern provenance (NCA)
- * Branderfleck Formation
- ◊ Losenstein Form.
- Lower Austroalpine series
- △ South Penninic of the Arosa zone

Abb. 7.

Die chemische Zusammensetzung der detritischen Spinelle der Südprovinz (A) im Vergleich zu jenen der Nordprovinz (B).

Zur chemischen Charakterisierung von Datengruppen wurde die Steigung der Regressionsgeraden $Cr/(Cr+Al)$ zu $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ verwendet. Innerhalb der Südprovinz wird der Unterschied zwischen Proben der unterkretazischen Rosfeldschichten und Proben der Mittel- und Oberkreide deutlich sichtbar. In der Nordprovinz läßt sich ein solcher Trend nicht beobachten (Ausnahme: Branderfleckschichten).

lich. Außerdem konnte für die Chromspinelle der Nordprovinz auch gezeigt werden, daß sie eine andere geochemische Entwicklung aufweisen als jene der Südprovinz.

Ausgehend von der Chromspinellchemie der von der Südprovinz belieferten Schichtglieder ist insgesamt eine petrologisch komplexe ophiolithische Liefergebietszone zu erwarten. Für eine solche, bezogen auf das Ostalpin intern gelegene Ophiolithzone bieten sich besonders die ophiolithischen Serien der Dinariden an. So hat bereits ROEDER (1976) in einer Obduktionsfront der Dinariden das Herkunftsgebiet für den ophiolithischen Detritus in den Gosauserien gesehen. Allerdings muß, nach unserer heutigen Einsicht, auch für die Liefergebiete der Gosau zwischen Nord- und Südprovinz unterschieden werden.

Zieht man dinarische Ophiolithzonen für die südliche Herkunftsprovinz in Betracht, so bedeutet dies paläogeographisch, daß diese Zonen sich ursprünglich bis südlich des Kalkalpins erstreckt haben und demnach innerhalb der ostalpinen Einheit gelegen haben müssen. In diesem Zusammenhang erlangt die Entdeckung eines permischen Gabbros, der als Relikt innerhalb der eoalpin metamorphen Eklogitserie des Koralpe/Saualpe-Kristallins steckt, besondere Bedeutung (THÖNI, 1990; THÖNI & JAGOUTZ, im Druck). Das Permalter (275 ± 18 Ma) wurde mittels der Sm/Nd-Methode nachgewiesen. Die geochemischen Parameter weisen auf einen MORB-Chemismus hin. Es ist daher wahrscheinlich, daß diese Eklogitzone ein Relikt der Vardarsutur repräsentiert.

Die Vorstellung, daß der sogenannte „Vardarozean“ als paläogeographische Heimat dieser dinarischen Ophiolithzonen (vgl. RICOU et al., 1986; KNIPPER et al., 1986) bis in den Bereich südlich der Kalkalpen gereicht hat (DECKER et al., 1987), deckt sich gut mit den von PREY (1978), KOVACS (1982) und LEIN (1985, 1987) vertretenen Vorstellungen zur Triaspaläogeographie. Die Hallstätter Zone stellt dabei den faziellen Kontakt zum

eigentlichen ozeanischen Bereich des triadischen Tethysgolfs her.

In den heutigen Dinariden werden zwei große Ultramafitizonen unterschieden, wobei Übergänge möglich sind (PAMIC, 1983). Es handelt sich um eine östlich gelegene Harzburgitzone (= Innerdinarische Ophiolithzone, Vardarzone) und eine westliche Lherzololithzone (= Zentraldinarische Ophiolithzone). MAKSIMOVIC & MAJER (1981) haben auf die unterschiedliche chemische Zusammensetzung der Chromspinelle dieser beiden Gesteinsprovinzen hingewiesen (Abb. 8). Im geochemischen Trend der detritären Chromspinelle der Südprovinz von eher Cr-reichen Typen von harzburgitischen Ausgangsgesteinen in der Unterkreide bis hin zur Beteiligung Al-reicher Spinelle von Lherzololithischen Peridotiten ab der Mittelkreide scheint sich diese Zonenengliederung der Dinariden auch in der Südprovinz abzuzeichnen.

Die Vorstellung, daß sich der „Vardarozean“, dessen Relikte durch diese beiden Zonen verkörpert werden, in den Bereich des Ostalpines hinein erstreckte, steht in Gegensatz zu paläogeographischen Modellen, bei denen von einer Verbindung des ligurisch-piemontesischen Ozeans mit dem Vardarozean über ein transform fault-System ausgegangen wird (vgl. DERCOURT et al., 1986). Der ligurisch-piemontesische Ozean, der sich in den penninischen Ophiolithen der Ostalpen bis an den Alpenostrand hin verfolgen läßt, weist allerdings eine gänzlich andere Entwicklungsgeschichte als der Vardarozean auf. Die Entstehung des ligurisch-piemontesischen Ozeans steht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Rifting- und Spreadinggeschehen im südlichen Nordatlantik während der Jurazeit (vgl. FRISCH, 1977, 1980). Aus dem Vardarozean sind hingegen bereits aus dem tieferen Malm Kollisionsergebnisse und damit verbundene Obduktionen von Ophiolithen bekannt (MUS-SALAM & JUNG, 1986; RICOU et al., 1986). Es läßt sich daher vermuten, daß das Einsetzen von ozeanischer Krustenbildung im ligurisch-piemontesischen Ozean mit dem Beginn des Schließungsvorganges im Vardarozean plattentektonisch interferiert. Die endgültige Schließung des Vardarozean vollzog sich während der Kreidezeit.

Geht man von einer Verbindung der dinarischen Ophiolithzonen mit der „Südprovinz“ als Liefergebiet für die Chromspinelle der kalkalpinen Unterkreide, der Lavanter Schichten und der Höheren Gosau aus, so läßt sich für diese „Südprovinz“ folgendes Entwicklungsbild zeichnen: Im tieferen Oberjura kam es, analog zur Entwicklung der Vardarzone, zu ersten Kollisionsvorgängen und in Zusammenhang damit zu Obduktionen von ophiolithischen Abfolgen. In den Kalkalpen wurde dadurch die im Oxford beginnende Gravitationstektonik (TOLLMANN, 1981, 1987a) ausgelöst. Die so entstandenen ersten Ophiolithserien hatten, wie sich aus der Zusammensetzung des Chromspinell-detritus aus der Unterkreide schließen läßt, vorherrschend harzburgitischen Charakter. Die Dominanz von Chromspinellen, die von Typ III-Peridotiten abgeleitet werden können, spricht dafür, daß ein Krustenabschnitt eines intraoceanischen magmatischen Bogens, wie in den Dinariden durch die Harzburgitzone belegt, an diesem ersten jurassischen Kollisions-/Obduktionsereignis beteiligt war.

Mit der Erweiterung des Chromspinell-Detritus um aluminiumreiche Typen in den mittelkretazischen Lavan-

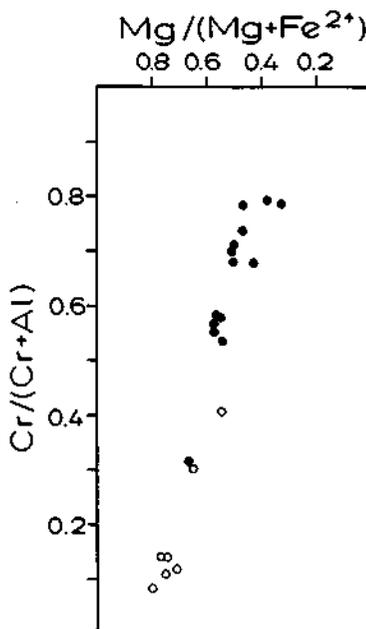


Abb. 8.
Chemismus von Chromspinellen aus den Dinariden.
Daten von MAKSIMOVIC & MAJER (1981).
● = Innerdinarische Ophiolithzone; ○ = Zentraldinarische Ophiolithzone.

ter Schichten macht sich allmählich eine Beteiligung ihrer lithischen Peridotite am Aufbau der Südprovinz bemerkbar. Ein größerer Anteil von Typ I-Peridotiten im Liefergebiet vor allem der Höheren Gosau kann dahingehend gedeutet werden, daß ozeanische Krustenstücke eines Mid-Ocean-Ridge-Environments während eines weiteren, wahrscheinlich auch abschließenden Kollisions-/Obduktionsereignisses den Ophiolithen des Liefergebietes angegliedert wurden.

5. Ausblick

Die hier vertretene Vorstellung, daß dinarische Ophiolithfolgen als Relikte des ehemaligen Vardarozäns ursprünglich bis in das Ostalpin hineingereicht haben, beruht einerseits auf Fazies- und Paläotransportdaten und andererseits auf dem geochemischen Trend von Typ III zu Typ I-Peridotiten, der sich im Chromspinneldetritus abzeichnet.

Ein solcher Trend sollte sich erwartungsgemäß auch in den zum Kalkalpin paläogeographisch benachbarten Gebieten nachweisen lassen. Von besonderem Interesse erscheinen in diesem Zusammenhang die Unter- bis Mittelkreideschichtfolgen der Gerecse Berge in der Bakony Einheit Ungarns (KAZMER, 1987; SZTANO, 1990), die von ihrer fazialen Entwicklung her mit den kalkalpinen Rossfeldschichten vergleichbar sind. Eine Herkunft des terrigenen Materials aus den Dinariden wird vermutet (l.c., p. 114). Chromspinneldetritus ist aus diesen Schichten bekannt und wird derzeit geochemisch untersucht (ARGYELAN, mündliche Mitteilung). Von Bedeutung wäre auch eine genaue Kenntnis der Chemie der Chromspinelle aus den Unter- bis Mittelkreideserien der Ivanscica Berge, einer östlichen Fortsetzung der Savefaltenzone in Nordkroatien (BABIC et al., 1979; ZUPANIC et al., 1981). Die von MISIK et al. (1980) aus den Karpaten mitgeteilten 13 Mikrosondenanalysen von detritischen Chromspinnellen, welche ein Vorkommen von sehr aluminiumreichen Spinellen belegen, lassen sich zur Zeit nicht mit den Daten aus den Ostalpen vergleichen.

Es erscheint wünschenswert, die hier vorgelegten Untersuchungen über den Schwermineraldetritus fortzusetzen, um zusätzliches Datenmaterial für Studien über die paläogeographischen Zusammenhänge zwischen Alpen - Karpaten - Dinariden zu gewinnen.

Dank

Die Autoren danken dem Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich für die Beistellung finanzieller Mittel im Projekt Nr. 5826. Für die Möglichkeit zur Benützung der Mikrosonde und für die Hilfestellung durch die Herrn Dr. H. DIETRICH und Doz. Dr. H. WEINKE sei hier besonders gedankt.

Literatur

- BABIĆ, L., ZUPANIĆ, J. & CRNJAKOVIĆ, M.: The recognition of the two units in the "clastic formation with ophiolites" of Mt. Ivančića and the role of a magmatic belt and an active continental margin (Abstract). – Zbornik Radova, 121–122, Zagreb 1979.
- BECHSTÄDT, Th.: Faziesanalyse permischer und triassischer Sedimente des Drauzuges als Hinweis auf eine großräumige Lateralverschiebung innerhalb des Ostalpines. – Jb. Geol. B.-A., 121, 1–121, Wien 1978.
- DECKER, K., FAUPL, P. & MÜLLER, A.: Synorogenic Sedimentation on the Northern Calcareous Alps during the Early Cretaceous. – In: FLÜGEL, H. W. & FAUPL, P. (eds.): Geodynamics of the Eastern Alps, 126–141, Vienna (Deuticke) 1987.
- DERCOURT, J., ZONENSHAIN, L. P., RICOU, L.-E., KAZMIN, V. G., LE PICHON, X., KNIPPER, A. L., GRAND-JAQUET, C., SBORTSHIKOV, I. M., GEYSSANT, J., LEVRIER, C., PECHERSKY, D. H., BOULIN, J., SIBUET, J.-C., SAVOSTIN, L. A., SOROKHTIN, O., WESTPHAL, M., BEZHENOV, M. L., LAUER, J. P. & BIJU-DUVAL, B.: Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamir since the Lias. – In: AUBOIN, J., LE PICHON, X. & MONIN, A. S. (eds.): Evolution of the Tethys, Tectonophysics, 123, 241–315, 1986.
- DICK, H. J. B. & BULLEN, T.: Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas. – Contr. Mineral. Petrol., 86, 54–76.
- FAUPL, P.: Sedimentologische Studien im Kreideflysch der Lienzer Dolomiten. – Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., 1976, 131–134, Wien 1977.
- FAUPL, P.: Zur räumlichen und zeitlichen Gliederung von Breccien- und Turbiditserien in den Ostalpen. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., 256, 81–110, Wien 1978.
- FAUPL, P., POBER, E. & WAGREICH, M.: Facies Development of the Gosau Group of the Eastern Parts of the Northern Calcareous Alps During the Cretaceous and Paleogene. – In: FLÜGEL, H. W. & FAUPL, P. (eds.): Geodynamics of the Eastern Alps, 143–155, Vienna (Deuticke) 1987.
- FAUPL, P. & TOLLMANN, A.: Die Roßfeldschichten: Ein Beispiel für Sedimentation im Bereich einer tektonisch aktiven Tiefseerinne aus der kalkalpinen Unterkreide. – Geol. Rdsch., 68, 93–120, Stuttgart 1979.
- FRISCH, W.: Die Alpen im westmediterranen Orogen – eine plattentektonische Rekonstruktion. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 24, 263–275, Wien 1977.
- FRISCH, W.: Plate-tectonic evolution of the Eastern Alps. – Acta Geol. Acad. Scientiarum Hungarica, 21/4, 223–228, Budapest.
- GAUPL, R.: Sedimentationsgeschichte und Paläotektonik der kalkalpinen Mittelkreide (Allgäu, Tirol, Vorarlberg). – Zitteliana, 8, 33–72, München 1982.
- GAUPL, R.: Die paläogeographische Bedeutung der Konglomerate in den Losensteiner Schichten (Alb, Nördliche Kalkalpen). – Zitteliana, 10, 155–171, München 1983.
- HAMLIN, P. R. & BONATTI, E.: Petrology of the mantle-derived ultramafics from the Owen fracture zone, northwest Indian Ocean: Implications for the nature of the oceanic upper mantle. – Earth and planetary Science Letters, 48, 65–79, 1980.
- IRVINE, T. N.: Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Part 2, Petrologic applications. – Can. Jour. of Earth Sciences, 4, 71–103, 1967.
- KAZMER, M.: A Lower Cretaceous Submarine Fan Sequence in the Gerecse Mts. – Ann. Univ. Scient. Budapest. R. Eötvös Nom., Sec. Geol., 28, 101–116, Budapest.
- KNIPPER, A., RICOU, L.-E. & DERCOURT, J.: Ophiolites as indicators of the geodynamic evolution of the Tethyan ocean. – In: AUBOIN, J., LE PICHON, X. & MONIN, A. S. (eds.): Evolution of the Tethys, Tectonophysics, 123, 213–240.
- KOVÁCS, S.: Problems of the "Pannonian Median Massif" and the plate tectonic concept. Contributions based on the distribution of Late Paleozoic – Early Mesozoic isopic zones. – Geol. Rdsch., 71/2, 617–640, Stuttgart.
- LEIN, R.: Das Mesozoikum der Nördlichen Kalkalpen als Beispiel eines gerichteten Sedimentationsverlaufes infolge fortschreitender Krustenausdünnung. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 6, 117–128, Wien 1985.
- LEIN, R.: Evolution of the Northern Calcareous Alps. – In: FLÜGEL, H. W. & FAUPL, P. (Eds.): Geodynamics of the Eastern Alps, 85–102, Vienna (Deuticke) 1987.

- MAKSIMOVIĆ, Z. & MAJER, V.: Accessory spinels of two main zones of alpine ultramafic rocks in Yugoslavia. – Bull. Acad. Serbe Sciences Arts, Classe de sciences naturelles et mathématiques, **75**, sciences naturelles, **21**, 48–58, 1981.
- MICHAEL, P. J. & BONATTI, E.: Peridotite composition from the North Atlantic: regional and tectonic variations and implications for partial melting. – Earth and Planetary Science Letters, **73**, 91–104, 1985.
- MÍŠIK, M., JABLONSKÝ, J., FEJDI, P. & SYKORA, M.: Chromian and ferrian spinels from Cretaceous sediments of the West Carpathians. – Mineralia Slovaca, **12**, 209–228, Bratislava.
- MÜLLER, K.: Das „Randcenoman“ der Nördlichen Kalkalpen und seine Bedeutung für den Ablauf der ostalpinen Deckenüberschiebungen und ihrer Schubweiten. – Geol. Rdsch., **62**, 54–69, Stuttgart.
- MUSSALAM, K. & JUNG, D.: Geologie und Bau des Sithonia-Ophioliths (Chalkidiki NE-Griechenland): Anmerkungen zur Bildung ozeanischer Krusten. – Geol. Rdsch., **75**, 383–409, Stuttgart 1986.
- OBERHAUSER, R.: Das Altalpidikum. – In: OBERHAUSER, R. (ed.): Der Geologische Aufbau Österreichs, 35–55, Wien (Springer) 1980.
- PAMIĆ, J.: Considerations on the boundary between Lherzolite and Harzburgite subprovinces in the Dinarides and Northern Hellenides. – Ophioliti, **8**, 153–164, Bologna 1983.
- POBER, E.: Stratigraphische und sedimentologische Untersuchungen in der Gosau von Wörschach (Steiermark). – Unpubl. Diss. Formal- und Naturwiss. Fak. Univ. Wien, 149 p., Wien 1984.
- POBER, E. & FAUPL, P.: The chemistry of detrital chromian spinels and its implications for the geodynamic evolution of the Eastern Alps. – Geol. Rdsch., **77**, 641–670, Stuttgart 1988.
- PREY, S.: Rekonstruktionsversuch der alpidischen Entwicklung der Ostalpen. – Mitt. Österr. Geol. Ges., **69**, 1–25, Wien 1978.
- RICOU, L.-E., DERCOURT, J., GEYSSANT, J., GRAND-JAQUET, C., LEPVRIER, C. & BIJU-DUVAL, B.: Geological constraints on the Alpine evolution of the Mediterranean Tethys. – In: AUBOUIN, J., LE PICHON, X. & MONIN, A. S. (eds.): Evolution of the Tethys. – Tectonophysics, **123**, 83–122, 1986.
- ROEDER, D.: Die Alpen aus plattentektonischer Sicht. – Ztschr. dt. geol. Ges., **127**, 87–103, Hannover 1976.
- RUTTNER, A. & WOLETZ, G.: Die Gosau von Weißwasser bei Unterlaussa. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **48** (1955), 221–256, Wien 1956.
- SZTANO, O.: Submarine fan conglomerate of Lower Cretaceous, Gerecse Mts., Hungary. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1990**, 431–446, Stuttgart 1990.
- STEVENS, R. E.: Composition of some chromites of the western hemisphere. – Am. Mineralogist, **29**, 1–34, 1944.
- THÖNI, M.: Eklogite in alpidisch amphibolitfazial geprägten Serien des Ostalpins – Alter und Genese. – TSK III Graz (Sammlung der Kurzfassungen), 231–232, Graz 1990.
- THÖNI, M. & JAGOUTZ, E.: Some new aspects of dating eclogites in orogenic belts: Sm-Nd, Rb-Sr and Pb-Pb isotopic results from the Austroalpine Saualpe and Koralpe type-locality (Carinthia/Styria, SE Austria) (im Druck).
- TOLLMANN, A.: Oberjurassische Gleittektonik als Hauptformungsprozess der Hallstätter Region und neue Daten zur Gesamttektonik der Nördlichen Kalkalpen in den Ostalpen. – Mitt. Österr. Geol. Ges., **74/75**, 167–195, Wien 1981.
- TOLLMANN, A.: Late Jurassic/Neocomian Gravitational Tectonics in the Northern Calcareous Alps in Austria. – In: FLÜGEL, H. W. & FAUPL, P. (eds.): Geodynamics of the Eastern Alps, 112–125, 6 Abb., Vienna (Deuticke) 1987a.
- TOLLMANN, A.: Neue Wege in der Ostalpengeologie und die Beziehungen zum Ostmediterrän. – Mitt. Österr. Geol. Ges., **80**, 47–113, Wien 1987b.
- WAGREICH, M.: Schichtfolge und Fazies der Gosau von Lilienfeld (Oberkreide; niederösterreichische Kalkvorlpen). – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **32**, 19–38, Wien 1986a.
- WAGREICH, M.: Sedimentologische und stratigraphische Untersuchungen des Tieferen Abschnittes der Gosauschichten von Gosau und Rußbach (Oberösterreich, Salzburg). – Unpubl. Diss. Formal und Naturw. Fak. Univ. Wien, 253 S., Wien 1986b.
- WEIDICH, K. F.: Über die Beziehungen des „Cenomans“ zur Gosau in den Nördlichen Kalkalpen und ihre Auswirkungen auf die paläogeographischen und tektonischen Vorstellungen. – Geol. Rdsch., **73**, 517–566, Stuttgart 1984.
- WEIDICH, K. F.: Stratigraphie der Branderfleck-Schichten (Untercenoman–Untercampan) in den Bayerischen Kalkalpen. – Österr. Akad. Wiss., Schriftenr. Erdwiss. Komm., **7**, 221–261, Wien 1985.
- WOLETZ, G.: Charakteristische Abfolge der Schwermineralgehalte in Kreide- und Alttertiärschichten der nördlichen Ostalpen. – Jb. Geol. B.-A., **106**, 89–119, Wien 1963.
- WOLETZ, G.: Schwermineralvergesellschaftungen aus ostalpinen Sedimentationsbecken der Kreidezeit. – Geol. Rdsch., **56**, 308–320, Stuttgart 1967.
- WOLETZ, G.: Zur Differenzierung der kalkalpinen Unterkreide mit Hilfe der Schwermineralanalyse. – Verh. Geol. B.-A., **1970**, A80–A81, Wien 1970.
- ZIMMERLE, W.: The Geotectonic Significance of Detrital Brown Spinel in Sediments. – Mitt. Geol. Paläont. Inst. Univ. Hamburg, **56**, 337–360, Hamburg 1984.
- ZUPANIĆ, J., BABIĆ, L. & CRNJAKOVIĆ, M.: Lower Cretaceous basinal clastics (Oštre Formation) in Mt. Ivanščica (northwestern Croatia). – Acta Geol., **11/1**, 1–44, Zagreb 1981.