

Geochemie „anisischer“ Sedimentgesteine in den Nordkarawanken

(Raum Eisenkappel, Kärnten)

Von Immo CERNY

(Mit 8 Abbildungen und 10 Tabellen)

Herrn Univ.-Prof. Dr. Heinz MEIXNER
zur Vollendung seines 70. Lebensjahres gewidmet

EINLEITUNG

Die vorliegende Arbeit ist ein Teil der Dissertation, die 1976 an der Universität Graz abgeschlossen wurde. Zweck der Arbeit war es, eine lithologische Gliederung der „anisischen“ Stufe (Alpiner Muschelkalk) Mitteltrias durchzuführen und mit Hilfe sedimentologisch-geochemischer Kriterien den Ablagerungsraum zu charakterisieren.

Für die Betreuung während der Dissertation danke ich Herrn Prof. Dr. H. W. FLÜGEL (Universität Graz). Herrn Prof. Dr. L. KOSTELKA (Bleiberger Bergwerks Union) danke ich für die zahlreichen Anregungen und dafür, daß er es ermöglichte, die Analytik im Labor der Bleiberger Bergwerks Union durchführen zu lassen.

Für die finanzielle Unterstützung im Rahmen eines IGCP-Projektes bin ich Prof. KOSTELKA zu Dank verpflichtet.

LAGE DER PROFILE

Das Arbeitsgebiet liegt östlich und westlich von Eisenkappel (vgl. Abb. 1).

Die Profile sind an Forststraßen aufgeschlossen (1: Profil Luscha-Alm, 2: Profil an der Landesstraße Globasnitz–Gasthaus Riepl, 3: Profil entlang des NW-Abhanges der Goreca, 4: Profil Leinschitz, westlich von Eisenkappel).

PROBENNAHME

Von 400 in Profilen genommenen Handstücken wurden 380 Dünnschliffe angefertigt. Auf Anregung von Prof. Dr. L. KOSTELKA wurden 275 Proben von der Analytischen Abteilung der Bleiberger Bergwerks Union auf 9 Elemente untersucht. Jedoch geochemische Probe ist mikrofaziell typisiert (Typisierung nach LEIGHTON & PENDEXTER 1962).

Es wurde primär an eine profilmäßige Blei/Zink-Prospektion gedacht, um eine Verbindung der Pb/Zn-Lagerstätte Topla (Jugoslawien) herzustellen. Topla ist wenige Kilometer vom bearbeiteten Gebiet entfernt. Vererzt sind nach STRUCL (1974) die „anisischen“ Anteile der „Mittleren Dolomitserie“. Nach den gewonnenen Daten ist eine unmittelbare Fortsetzung der Lagerstätte auf österreichisches Gebiet nicht gegeben (vgl. CERNY 1977).

Analytik

275 Proben wurden mittels Röntgenfluoreszenz auf folgende Elemente analysiert:

Tabelle 1:
Nachweisgrenzen, Maximalwerte und Mittelwerte der diskutierten Elemente.

Element	Nachweisgrenze in ppm	erhaltene Maximalwerte	Mittelwert \bar{x}
Ca	1000	stöchiometr.	–
Mg	1000	stöchiometr.	–
SiO ₂	100	150.000	14.800
Fe	100	14.500	1.350
Sr	100	4.100	87 ¹⁾
Mn	100	510	265 ²⁾
Cd	500	1.000	630 ²⁾
Ba	1000	2.600	2.140 ²⁾
Zn	100	860	198 ²⁾

¹⁾ Mittelwert aus der Summenkurve ermittelt

²⁾ Mittelwert von Proben über der Nachweisgrenze

Unabhängig von dieser Analytik wurden von sämtlichen Proben die säureunlöslichen Rückstandsmengen (u. R.) bestimmt.

Obwohl die Nachweisgrenze einiger Elemente für die geochemische Problemstellung zu hoch erscheint, ergeben sich dennoch deutbare fazielle Bindungen.

LITHOLOGIE

Die „anisischen“ Schichtglieder (Alpiner Muschelkalk), die im Liegenden von Werfener Schichten, im Hangenden von Wettersteinkalk

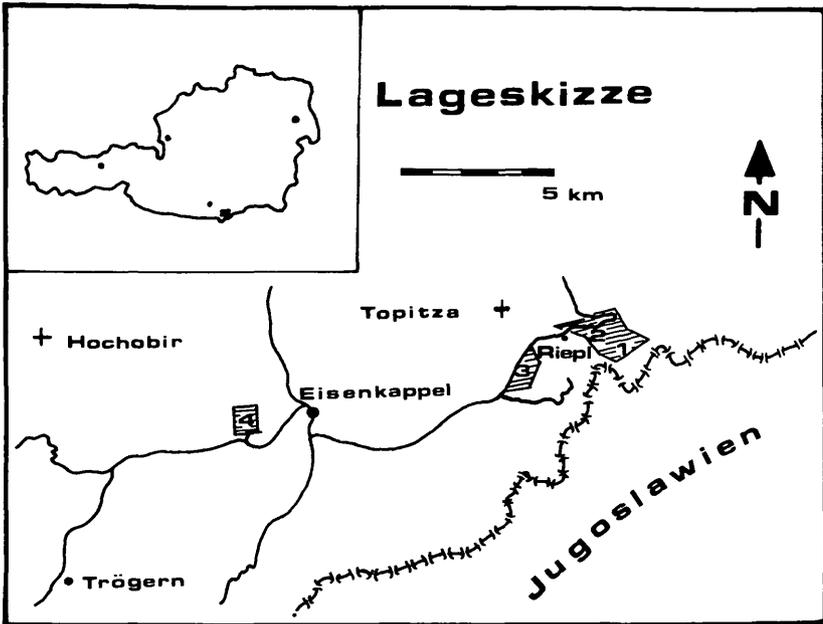


Abb. 1: Lage der Profile

(-dolomit) bzw. meist tektonisch von Partnachsichten begrenzt werden, wurden im Raum Eisenkappel (vgl. BAUER 1970, 1973, CERNY 1977) lithostratigraphisch in drei Schichtgruppen gegliedert, wobei eine Mächtigkeit von maximal 480 m erreicht wird.

Eine vorwiegend kalkige Untere Schichtgruppe mit Einschaltung von Rauhwacken, Breccien und geringmächtigen Dolomithorizonten leitet über in ein dolomitisches Zwischenniveau („Zwischendolomit“), gefolgt von Kalken und Dolomiten der Oberen Schichtgruppe.

SEDIMENTOLOGIE

Für die geochemische Interpretation erschien es sinnvoll, die mikrofaziell reich zu gliedernde Abfolge in wenige übersehbare Gruppen zu gliedern.

Sparitische Kalke: Bewegtwasserfazies, z. T. hochenergetische sparitische Flachwasserfazies mit Schuttkalken, Kalkareniten, -ruditen, Ooidfazies.

Mikritische Kalke: Stillwasserfazies (niedrig-energetische mikritische Fazies) mit lagunären Mikriten, fossil- und allochemarmen Bankkalken, bioturbaten Flaserkalken („Wurstelkalken“).

Evaporitische Rauwacken-Schlammfazies, mit erhöhtem Gehalt an terrigenem Material (detritärer Quarz, Hellglimmer und nicht näher bestimmte Schwerminerale).

„Pelagische“ Knollenkalke (-dolomite) und kieselige Kalke (Dolomite) werden zufolge des zu heterogenen Datenmaterials nicht näher behandelt.

Die auftretenden Dolomite werden nach dem wahrscheinlichen Dolomitierungszeitpunkt in frühdiagenetische (primär gebildet) – spät-diagenetische und epigenetische Dolomite gegliedert und die geochemischen Daten diesem Schema zugeordnet.

Tuffite (petrographisch nicht nachgewiesen), die in der Oberen Schichtgruppe auftreten, erweisen sich als lithostratigraphische Leithorizonte. Die Mächtigkeit der meist grünen Lagen schwankt zwischen dem mm- bis dm-Bereich. Das Auftreten der Tuffite beschränkt sich auf die „pelagische“ Knollenkalkfazies (z. T. stark dolomitisierte und verkieselte Kalke), in der Flachwasserfazies fehlen Tuffitlagen – vereinzelt tritt arenitisches Tuffitmaterial in Dünnschliffen auf.

GEOCHEMIE

Calcium, Magnesium, unlöslicher Rückstand (u. R.)

Bezüglich der angeführten „Makrokomponenten“ erschien es zweckmäßig, das Datenmaterial nach lithostratigraphischen Gesichtspunkten (Untere, Obere Schichtgruppe bzw. nach auftretenden Dolomit-typen) zu gliedern.

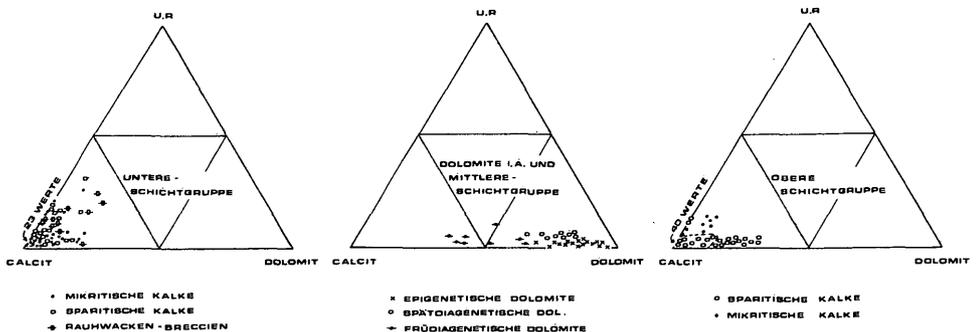


Abb. 2: Klassifikation der Sedimentgesteine nach ihrem Calcit-Dolomit-R.-Gehalt.

SiO₂:

Die SiO₂-Gehalte schwanken zwischen 0,1% und 15% (mit Extremwerten bis 50% in Hornsteinkalken), wobei innerhalb der Abfolge SiO₂ in verschiedener Form vorliegt.

In der Unteren Schichtgruppe tritt SiO₂ in Form von detritärem Quarz, Hellglimmer und Tonmineralen auf, in der Oberen Schichtgruppe in Form von Hornstein.

Neben nicht weiter untersuchten hornsteinführenden Knollenkalen tritt bänderförmiger Hornstein in Sedimenten des Gezeitenbereiches auf, sogar gebunden an supratidale Sedimenttypen.

Die Dolomite sind arm an SiO₂. Selten werden Werte über 1% erreicht. Innerhalb der auftretenden Dolomittypen fehlen signifikante Unterschiede.

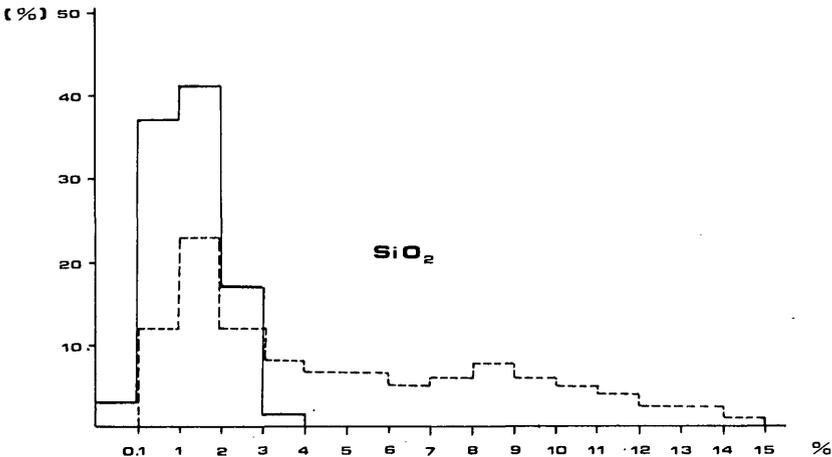


Abb. 3: zeigt das unterschiedliche Verhalten von SiO₂ in mikritischer (gestrichelt) und sparitischer Kalkfazies.

Eisen

Die Fe-Werte liegen als „Gesamteisen“ vor. Der Mittelwert aller Kalk- und Dolomitproben (ausgenommen Tuffite) beträgt 2100 ppm, wobei mikritische Kalke höhere Fe-Werte als sparitische Kalke aufweisen.

Bei Dolomiten können Fe-reiche „diagenetische“ und Fe-arme „epigenetische“ Dolomite unterschieden werden (vgl. RICHTER 1974, BRÜDERLIN 1970, MIŠIK 1970).

Nach BILLINGS & REGLAND (1968) ist die Verteilung von Eisen in erster Linie eine Funktion der Variation des Tongehaltes. Der Karbonatgehalt spielt eine sekundäre Rolle, vielmehr kommt es auf die adsorptiven Effekte in feinkörnigen karbonatischen Sedimenten an.

Zwischen Eisen und dem unlöslichen Rückstand (u. R.) ist stets eine positive lineare Korrelation gegeben (vgl. FRUTH & SCHERREIK 1975). Eine Ausnahme bilden frühdiagenetische Dolomite (meist subaerische Dolomitkrusten).

Tabelle 2:
Zusammenhang zwischen Eisen und dem unlöslichen Rückstand.
(r: Korrelationskoeffizient)

	r	\bar{x} (u. R. %)	\bar{x} (Fe, ppm)
sparitische Kalke			
„Schuttkalke“	0,262	1,96	190
Oosparite	0,333	2,63	1.860
„Arenit-Fazies“	0,514	2,76	294
mikritische Kalke			
Wurstel-Flaserkalke	0,732	10,04	3.700
Biomikrite	0,613	10,05	2.024
Mikrite i. A.	0,697	3,61	2.479
Dolomite			
„Zwischendolomit“	0,710	0,54	300
Dolomit-Bänke	0,476	2,71	2.790
Dolomit-Krusten	-0,087	3,90	1.140
„Rauwacken“	0,360	11,47	6.972
Tuffite und Kieselkalke	0,570	74,50	28.900

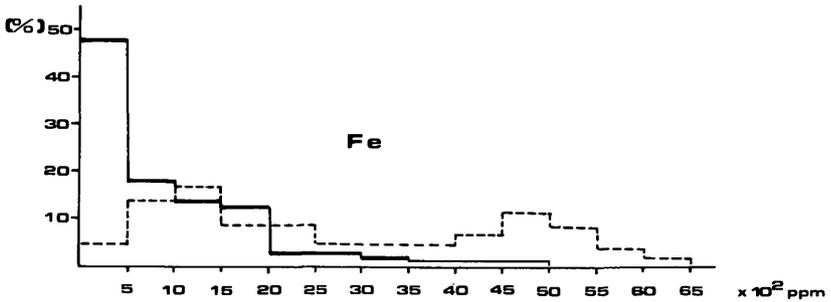


Abb. 4: Verteilung von Eisen in mikritischer (gestrichelt) und sparitischer Kalkfazies.

Mangan

Von der Gesamtprobenzahl sind lediglich 11 Mn-haltig (über 100 ppm), die als Streuwerte (vgl. Tab. 3) vorliegen. Der Mittelwert der vorhandenen Mn-Gehalte beträgt 265 ppm (100–510 ppm). Zwischen Mn und den übrigen Elementen läßt sich keine signifikante Bindung ableiten.

Tabelle 3:
Geochemische Daten Mn-haltiger Proben
(Ca, Mg, u. R. in %, Mn, Sr, Fe in ppm)

	Mn	Ca	Mg	u. R.	Fe	Sr
Tuffitisch	150	12,6	3,1	53,50	12.500	–
beeinflusste	340	20,8	10,4	10,20	4.000	–
Sedimente	180	6,8	1,0	83,30	18.600	–
spätdiagenetische	230	21,2	10,3	1,00	2.000	–
Dolomite	510	19,8	9,7	1,30	2.300	–
	150	30,3	5,5	1,40	1.900	260
	200	22,6	11,3	0,35	3.100	–
mikritische	220	31,2	1,8	18,03	13.000	450
Kalke	120	34,6	0,8	11,48	6.500	230
	360	21,8	0,8	23,00	17.000	220
	360	26,5	1,9	18,40	16.500	350

Nach BENCINI & TURI (1974) ergeben sich folgende Aspekte für die Manganverteilung in Karbonatgesteinen:

Mn ist hauptsächlich an den Karbonatanteil gebunden

Flachwassersedimente zeigen niedrige Mn-Gehalte im Zusammenhang mit Aragonit. Tiefere Ablagerungen mit Calcit als primäre Karbonatphase zeigen deutlich höhere Mn-Werte.

Diagenetische Prozesse sowie Dolomitisierung beeinflussen den primären Mn-Gehalt nicht.

Relativ hohe Mn-Gehalte, die isoliert in Horizonten auftreten, können mit Trockenlegungsphasen in Bezug gebracht werden.

Erhöhte Mn-Werte sind in submarinen Tuffen möglich.

Bindung an die Tonfraktion.

Nach MARCHIG (1974) finden sich in rezenten karbonatischen Sedimenten des Indischen Ozeans in Küstennähe im Mittel 330 ppm Mangan, in Küstenferne um 3000 ppm Mangan in CaCO_3 .

Nach MARCHIG (1974) können somit küstennahe Mn-arme Karbonate und küstenferne Mn-reiche Karbonate unterschieden werden.

Maßgebend für die „anisischen“ Sedimente im Nordstamm der Karawanken erscheinen MARCHIG's Angaben über küstennahe Mn-arme Karbonate bzw. BENCINI & TURI's Feststellung, daß Mangan in Flachwassersedimenten fehlt oder unter 100 ppm vertreten ist.

Cadmium

Trotz der Nachweisgrenze von 500 ppm ergibt sich für Cadmium eine deutliche fazielle Bindung an eine terrigen beeinflusste mikritische Kalkfazies.

Von der Gesamtprobenzahl sind 7 Cd-haltig (520–700 ppm, \bar{x} : 630 ppm), die auf den lithostratigraphisch tiefsten Bereich (Untere Schichtgruppe östlich von Eisenkappel) beschränkt sind. Die auftretenden Rauhwacken, Collaps-Breccien und bioturbaten Flaserkalke sind z. T. reich an detritärem Glimmer, Quarz und nicht näher bestimmten Schwermineralen.

Trotz der relativ hohen Korrelation mit Mg ($r = +0,691$) und Eisen ($r = +0,423$) erscheint die Bindung des Cadmiums unklar. Zink und Cadmium-Werte schließen einander weitgehend aus.

Das Auftreten von Cadmium in einer eng begrenzten terrigen beeinflussten Fazies läßt den Schluß zu, daß dieses Element an die detritäre Komponente gebunden sein könnte.

Nach SCHROLL (mündliche Mitteilung) können Glimmer erhöhte Cadmium-Gehalte aufweisen.

Tabelle 4:

Geochemische Daten in Proben terrigen beeinflusster Fazies (mit Hellglimmer, Quarz und Schwermineralen in den säureunlöslichen Rückständen). Ca, Mg, u. R. in %, Mn, Sr, Fe, Zn in ppm.

Cd	Mg	Ca	u. R.	Sr	Fe	Zn
700	1,9	35,8	3,0	–	4.800	–
700	1,4	38,7	4,0	–	2.300	300
520	1,2	36,7	4,0	270	7.000	–
600	0,7	36,5	4,0	–	8.580	230
640	0,6	36,8	4,2	210	3.200	–
600	–	38,1	2,3	190	1.150	–
580	–	36,8	7,0	–	2.450	–

Barium

Von der Gesamtheit der Proben sind 14 Ba-haltig (über 1000 ppm), wobei der Mittelwert 2140 ppm (1900–2600 ppm) beträgt. Barium tritt sowohl in sparitischer als auch in mikritischer Flachwasserfazies auf: in Schuttkalken, oolastreichen Kalken und subaerischen Krustenbildungen bzw. in der evaporitischen Rauhwacken-Schlammfazies.

Barium zeigt mit keinem der angeführten Elemente eine ausgeprägte Korrelation.

DEMOVIC (1974) gibt für Kalke Mittelwerte zwischen 2 und 7 ppm an. SCHROLL (1971) nennt für Kalke und Dolomite des Ladin 10 bzw. 38 ppm Barium. Nach SCHROLL können rekristallisierte Kalkpelite und dolomitische Gesteine eine gewisse Anreicherung an Barium aufweisen. Dies

Tabelle 5:
Geochemische Daten von Ba-haltigen Proben
(Ca, Mg, u. R. in %, Ba, Sr, Fe in ppm)

	Ba	Mg	Ca	u. R.	Sr	Fe
spartische	2.600	9,1	19,2	0,50	–	–
Fazies	2.000	5,1	30,2	3,60	–	1.650
	2.400	4,7	32,6	2,36	210	770
	2.100	3,3	34,3	0,81	–	720
	2.400	1,7	36,8	1,81	–	480
	2.000	0,9	38,4	0,65	–	120
	2.400	–	39,2	0,70	–	540
mikritische	2.100	2,1	37,2	3,45	–	1.300
Fazies	1.900	1,0	38,0	2,50	200	1.050
	2.000	0,8	37,7	1,15	430	1.900
	2.200	0,7	34,1	14,30	170	10.040
	2.200	–	34,4	12,80	850	2.650

deutet darauf hin, daß dieses Element während diagenetischer Prozesse in erhöhten Konzentrationen in den Porenlösungen gegenwärtig sein kann. Ba^{2+} -Ionen werden nach WIRTH (1974) unabhängig vom pH-Wert leicht in Lösung transportiert.

WEDEPOHL (1972) sieht hingegen im Vorhandensein von Barium hohe Verdunstungsgrade des Meerwassers, wobei diagenetische Wechselwirkungen für lokale Barytanreicherungen verantwortlich sein dürften.

Für die in Flach- und Flachstwasserfazies auftretenden Ba-Gehalte dürften WEDEPOHL's Angaben zutreffen.

Das Auftreten einiger Ba-Werte könnte ferner im Zusammenhang mit dem „oberanischen“ Vulkanismus stehen. Tuffitlagen wurden von BAUER (1970), CERNY (1977) in mikritischer Fazies (Knollenkalke, ohne Ba-Gehalte) angetroffen, in spartischer Bewegtwasserfazies fehlen sie.

SCHROLL (1971) weist auf die Bindung von Barium an Tonminerale im Zusammenhang mit Vulkanismus hin.

Ob eng begrenzte Ba-reiche Karbonathorizonte (12 gleichartige Proben von subaerischen Krustenbildungen zeigen 3 Bariumwerte, vgl. Abb. 8) einen Rückschluß auf vulkanische Tätigkeit (Barium-übersättigtes Meerwasser) zulassen, wäre anhand weiterer Untersuchungen zu klären.

Strontium

Die Verteilung von Strontium ist (vgl. Abb. 5) bimodal: mit hohen Sr-Werten in mikritischer Fazies (\bar{x} : 600 ppm, 130–4100 ppm) und niedrigen Sr-Werten in spartischer Fazies (\bar{x} :124 ppm, 100–400 ppm).

In Angleichung zu DEMOVIC (1974) kann als Ausgangsmaterial der mikritischen Fazies – Aragonit in der sparitischen Fazies – hochmagnesi-aler Calcit angenommen werden.

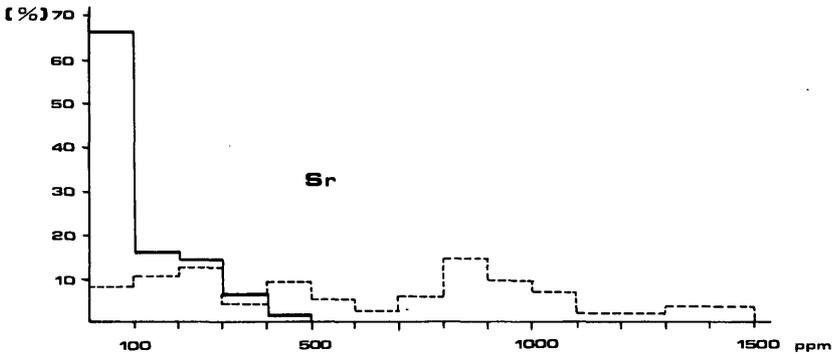


Abb. 5: Verteilung von Strontium in mikritischer (gestrichelt) und sparitischer Fazies.

Bindung des Strontiums

Es wurde mit Hilfe des Bestimmtheitsmaßes R^2 geprüft, wie sich der Sr-Gehalt mit der Karbonatkomponente bzw. in Verbindung mit dem unlöslichen Rückstand (u. R.) verhält. (Die höchste Korrelation ist bei $R^2 = 1$ erreicht). Diese statistische Untersuchung wurde anhand einiger Mikrofaziestypen durchgeführt.

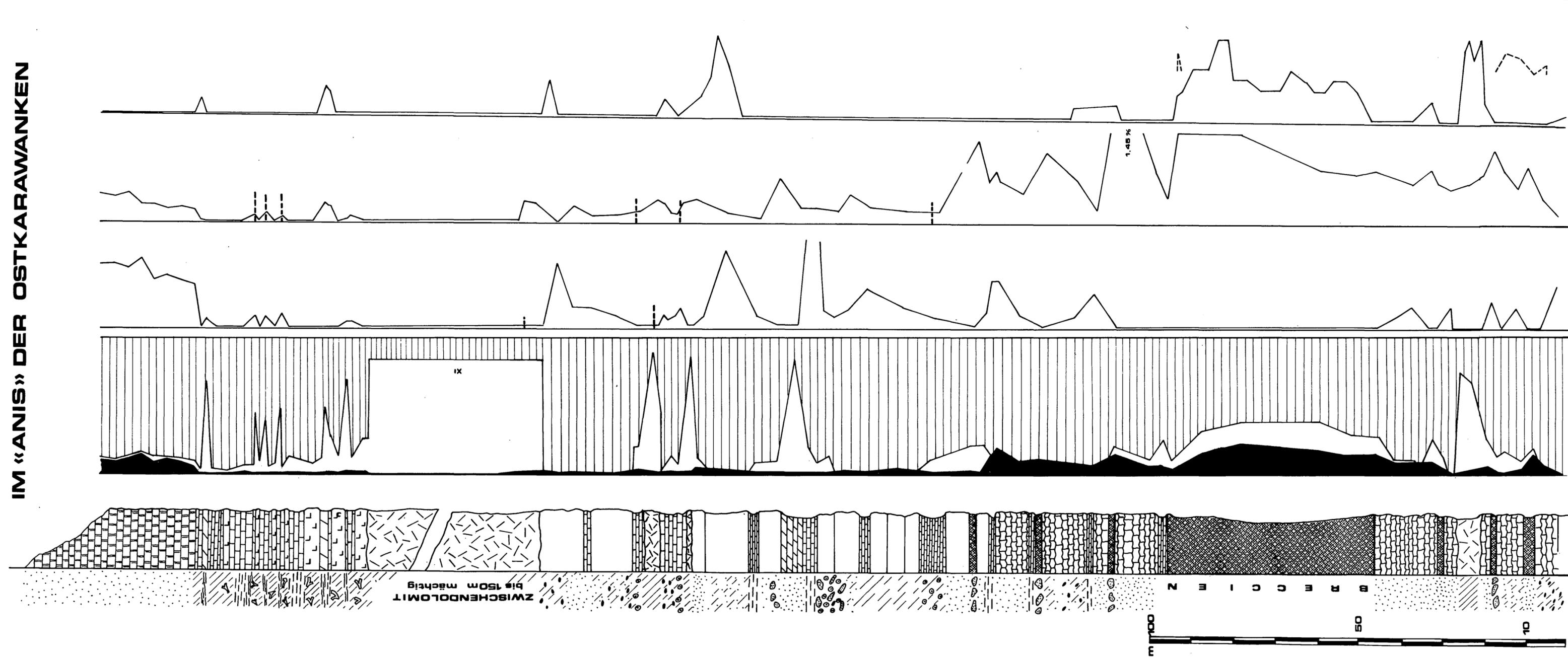
Tabelle 6:
3-Variable lineare Korrelation. + Korrelation signifikant bei 99%,
°-signifikant bei 95%

MF-Typus	Ca/Mg/Sr R^2	Ca/u. R./Sr R^2	Mg/u. R./Sr R^2
1 Biomikrite	0,172	0,695 ⁺	0,239
2 bioturbate Flaserkalke	0,560	0,889°	0,667
3 fossilere Mikrospare	0,893 ⁺	0,195	0,088
4 Oosparite	0,889 ⁺	0,356	0,589
5 sparitische Kalkarenite	0,572°	0,206	0,171
6 Schuttkalke	0,852 ⁺	0,174	0,092
7 Laminites des Gezeitenbereiches	0,962 ⁺	0,124	0,123
8 Dolomitkrusten	0,980 ⁺	0,198	0,048
9 Rauhacken	0,521°	0,334	0,033

Tabelle 6 zeigt, daß bei 95 bis 99% Signifikanz innerhalb der Mikrofazies-Typen 3–9 ein Zusammenhang zwischen Strontium und der Karbonatkomponente besteht.

LITHOLOGIE & GEOCHEMIE

IM «ANIS» DER OSTKARAWANKEN



LEGENDE

- | | | | | | |
|--|--------------------------------|--|--------------------|--|---------------------|
| | bioturbate Flaserkalk | | Sparit-Mikrosparit | | Dolomitkrusten |
| | Rauhdecken & Breccien | | Mikrit | | Tubiphytes obscurus |
| | Kalke i.A. | | Ooide | | |
| | Dolomite (epigenet./diagenet.) | | Pellets | | |
| | Dolomite (frühdigenetisch) | | mikrit. Klasse | | |
| | Lagunenkalke (bituminös) | | Laminites | | |
| | Schuttkalke | | | | |

MIKROFAZIES

- | | | | | | |
|--|------|--|---------|--|--------|
| | U.R. | | DOLOMIT | | CALCIT |
|--|------|--|---------|--|--------|

Für Biomikrite und bioturbate Flaserkalke, die einen erhöhten unlöslichen Rückstand und die weitaus höchsten Sr-Gehalte aufweisen, besteht ein Zusammenhang zwischen Ca/u. R./Sr.

FLÜGEL & WEDEPOHL (1967) erklären die Beziehung zwischen Strontium und Tonrückstandswerten durch den eingeschränkten Umsatz von Diageneselösungen mit steigendem Tongehalt, durch die Verminderung des zusammenhängenden Porenraumes.

Eine nicht weiter untersuchte Beziehung dürfte zwischen Strontium und dem „Bitumengehalt“ bestehen.

Die Sr-Gehalte der auftretenden Dolomite liegen unter 100 ppm. RICHTER (1974) sieht die Abnahme des Sr-Gehaltes in der Zunahme der Dolomitisierung. Eine Ausnahme bilden subaerische Krustenbildungen, die Sr-Gehalte zwischen 130 und 390 ppm aufweisen (vgl. PURSER & LOREAU, 1973).

Zink/Blei

Die Elemente Zn und Pb wurden vom Verfasser 1977 gesondert behandelt. Nach BILLINGS & REGLAND (1968) scheinen Zn-Konzentrationen vom Tongehalt abhängig zu sein. Diese Abhängigkeit trifft im eigenen Fall kaum zu, vielmehr scheint ein Zusammenhang zwischen Zink und Magnesium gegeben, der sich speziell in der z. T. supratidalen „evaporitischen“ Rauhswacken-Schlammfazies (mit Collaps-Breccien) äußert (R = 0,452).

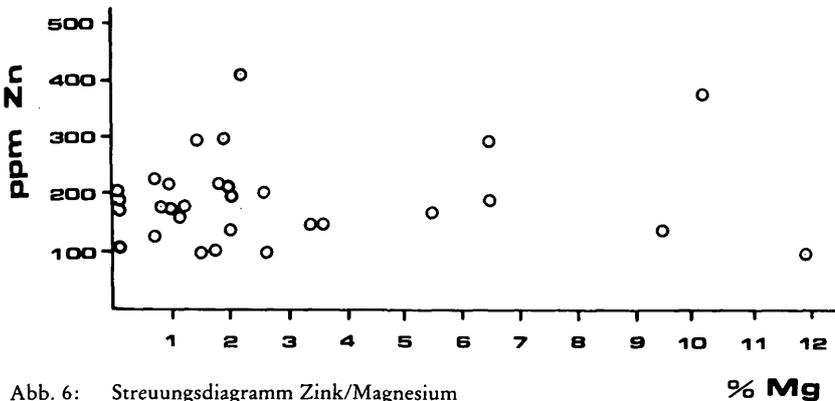


Abb. 6: Streuungsdiagramm Zink/Magnesium

Dolomite

Die auftretenden Dolomite (vgl. Kap. Sedimentologie und Abb. 2) lassen sich nach den Verhältnissen Mg/Ca bzw. Dolomit/Calcit und dem Eisengehalt wie folgt typisieren:

1. Frühdiagenetische Dolomite. Sie entsprechen den „non-ideal-dolomites“ bei SHINN et al. (1965). Die geochemischen Daten stimmen relativ mit den Angaben supratidaler Dolomite der Bahamabank überein.

2. (Spät-) diagenetische Dolomite (vgl. BRÜDERLIN 1970) als Dolomitbänke in kalkiger Abfolge mit relativ geringer Schwankungsbreite der Dolomit/Calcit-Verhältnisse und erhöhten Fe-Gehalten (um 3000 ppm).

3. Epigenetische Dolomite (vgl. RICHTER 1974, BRÜDERLIN 1970) des „Zwischendolomits“ mit stärker variierenden Dolomit/Calcit-Verhältnissen und extrem niedrigen Fe-Gehalten (max. 680 ppm).

Tabelle 7:

Geochemische Streu- und Mittelwerte und Verhältnisse in den auftretenden Dolomitgesteinen (Mg, Ca, u. R. in %, Sr, Fe in ppm).

	Mg/Ca × 10 ²	Mg	Ca	Fe	u. R.	Sr
frühdiagenetisch	10–32	3,5–7,5	24,0–32,8	1.140	3,1	267
(spät-)diagenetisch	31–49	8,4–10,3	19,8–36,6	3.000	–	–
epigenetisch	32–55	8,4–12,2	19,2–26,2	680	0,5	–

Tuffite

Grüne und bläuliche Tuffitlagen, die innerhalb von Knollenkalken (Obere Schichtgruppe) auftreten, werden als lithostratigraphische Leit-horizonte herangezogen. Die submarine Ablagerung der Tuffite wurde von BAUER (1970) durch *Pseudoglandulina* sp. festgelegt.

Schliffe von Tuffiten zeigen eine optisch nicht auflösbare Substanz. Zuzufolge des hohen Zersetzungsgrades (Diffraktometeraufnahmen ergaben Quarz, Illit/Muskowit, z. T. Kaolinit, untergeordnet Plagioklas und Pyrit) kann keine petrographische Typisierung der „Tuffite“ erfolgen.

MILLOT (1970) beschreibt von Tuffen, die sich in „Bentonite“ umgewandelt haben, einen wechselnden Gehalt an Montmorillonit und Illit. Die Umwandlung zu Illit führt er auf das Environment während der Sedimentation zurück.

Tabelle 8:

Geochemische Daten von Tuffiten (Angaben in %)

u. R.	SiO ₂	Ca	Mg	Fe	Mn	Sr	Cd	Ba	Zn	Pb
83,3	58,5	6,2	1,0	1,86	0,018	–	–	–	–	–
92,7	31,5	3,4	2,8	3,95	–	–	–	–	–	–
92,6	38,0	–	1,8	6,45	–	–	–	–	–	–
95,2	48,5	–	4,6	2,47	–	–	–	–	–	–

GEOCHEMISCHE BEZIEHUNGEN

Mit Hilfe der Statistik sollte die Frage geklärt werden: Besteht ein Zusammenhang zwischen dem Chemismus einzelner Mikrofazies-Typen, die gemeinsam Flachwassersedimente darstellen?

Der erste Schritt der statistischen Behandlung beinhaltet die Standardisierung der Mittelwerte (Variable: Ca, Mg, u. R., Sr, Fe), vgl. Tab. 9. Die paarweisen Abhängigkeitsbeziehungen der Variablen sind in Tab. 10 dargestellt. Die höchste Korrelation ist bei $r = 1$ erreicht, keine Korrelation bei $r = 0$. Die Methodik wurde aus SOKAL & SNEATH (1963), GASSER (1974) entnommen.

Tabelle 9:

Mittelwerte von Ca, Mg, u. R., Sr, Fe innerhalb der Mikrofaziestypen (1-9). (Angaben in %, Sr und Fe in ppm, Zahlen in Klammer = Probenzahl).

Mikrofazies-Typus	Ca	Mg	u. R.	Sr	Fe
1. Biomikrite (21)	34,23	0,65	10,05	993	2.024
2. bioturbate Flaserkalke (7)	34,45	0,24	10,04	915	3.700
3. fossilere Mikrosparite (23)	37,31	0,68	3,20	402	1.975
4. Oosparite (9)	37,59	1,25	2,63	352	1.860
5. sparitische Kalkarenite (16)	35,13	1,43	2,26	79	229
6. Schuttkalke (16)	36,21	1,39	1,75	50	190
7. Laminite des Gezeitenbereiches (18)	34,80	2,72	3,01	127	890
8. Dolomitkrusten (12)	28,93	6,17	3,07	267	1.062
9. Rauhacke (16)	33,73	1,22	10,96	41	6.972

Tabelle 10:

Korrelationskoeffizienten-Matrix der untersuchten Merkmale (Ca, Mg, u. R., Sr, Fe) innerhalb der Mikrofaziestypen 1-9 (vgl. Tab. 9).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	x								
2	0,88	x							
3	0,10	0,26	x						
4	-0,10	0,02	0,96	x					
5	-0,35	-0,40	0,68	0,76	x				
6	-0,49	-0,57	0,57	0,70	0,97	x			
7	-0,47	-0,70	-0,82	-0,62	-0,29	-0,10	x		
8	-0,36	-0,60	-0,82	-0,60	-0,38	-0,20	0,98	x	
9	-0,19	0,18	-0,21	0,32	-0,41	-0,44	-0,17	-0,21	x

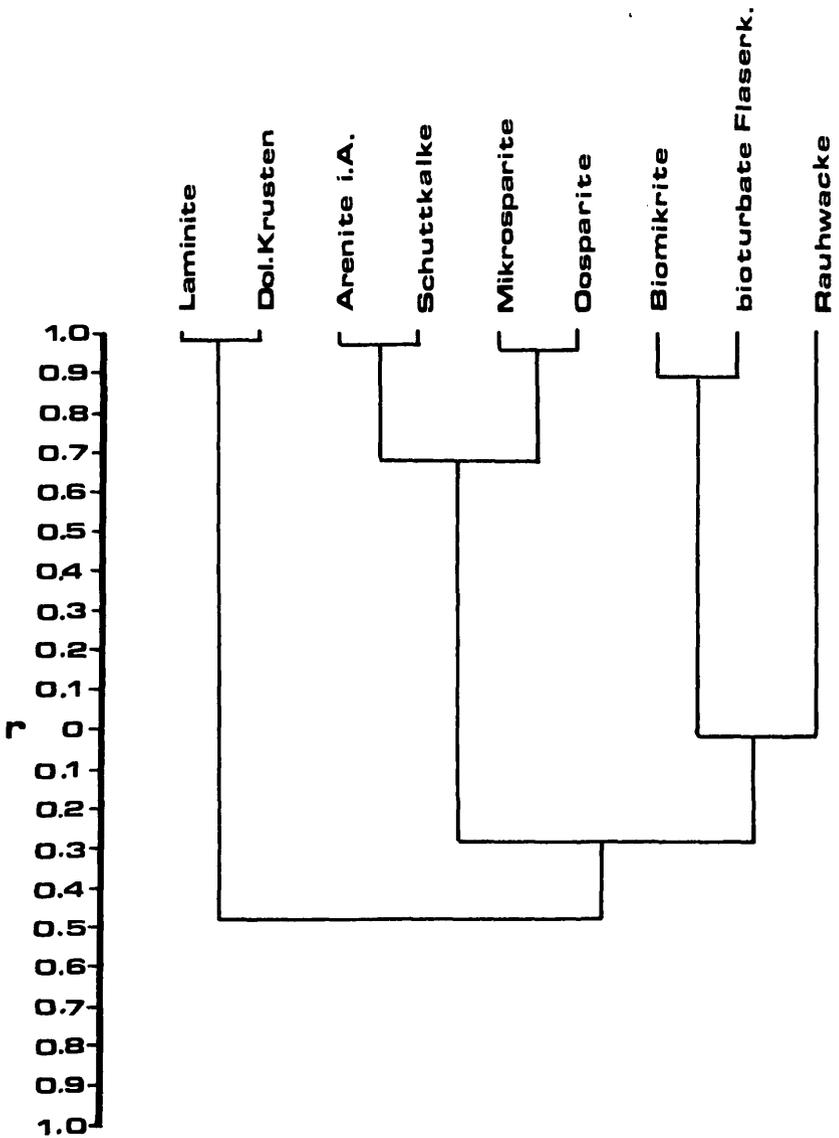


Abb. 7: Dendrogramm der „Reaction-groups“.

Wie aus dem Dendrogramm hervorgeht, besteht ein (99–95%) signifikanter geochemischer Zusammenhang innerhalb sparitisch-mikrosparitischer Sedimente. Als weitere Gruppe spalten sich Biomikrite

(lagunärer Fazies) und bioturbate Flaserkalke ab. Sie zeigen keinen Zusammenhang zur Gruppe der Laminite und Dolomitkrusten.

Völlig isoliert erweist sich die „evaporitische“ Rauhacken-Schlammfazies.

Eine geochemische Abhängigkeit ergibt sich:

1. von den energetischen Verhältnissen
2. von der Bathymetrie.

Sedimente des bearbeiteten Raumes, die in „gleicher“ bathymetrischer Stellung und unter „gleichen“ energetischen Bedingungen abgelagert wurden, zeigen geochemisch keine Unterschiede. Der biologische Aspekt, der durch die Mikrofazies klar zum Ausdruck kommt, spiegelt sich jedoch in der Geochemie nicht wider.

ZUSAMMENFASSUNG

275 mikrofazial typisierte Gesteinsproben aus „anisischen“ Profilen (Alpiner Muschelkalk, Mitteltrias, östlich und westlich von Eisenkappel, Kärnten) wurden auf 9 Elemente analysiert.

Anhand von Spurenelementen werden neben einer geochemischen Typisierung von Flachwassersedimenten mögliche Beziehungen der Elemente zueinander diskutiert.

Strontium, Eisen und SiO_2 (bzw. unlöslicher Rückstand) zeigen eine bimodale Verteilung, mit hohen Werten in mikritischer und niederen Werten in sparitischer Fazies.

Das Fehlen von Manganwerten bestätigt die Ablagerung der Sedimente im Flachwasserbereich. Barium, in hohen Einzelwerten vertreten, zeigt eine Bindung an hochenergetische Sedimenttypen und an die evaporitische Fazies. Ein möglicher Zusammenhang mit dem „oberanisischen“ Vulkanismus wird diskutiert. Cadmium scheint an terrigene Komponenten gebunden.

Mit Hilfe der Statistik wurden die geochemischen Zusammenhänge in mikritisch-sparitischen Sedimentgesteinen dargestellt.

LITERATUR

- BAUER, F. K. (1970): Zur Fazies und Tektonik des Nordstammes der Ostkarawanken von der Petzen bis zum Obir. – *Jahrb. Geol. B. A.* 113:184–245.
- (1973): Ein Beitrag zur Geologie der Ostkarawanken. – *Festschrift Heißel, Veröff. Univ. Innsbruck* 86:1–23.
- BENCINI, A., & TURI, A. (1974): Mn-Distribution in the Mesozoic carbonate rocks from Lima Valley, Northern Apennines. – *J. Sediment. Petrol.* 44/3:774–782.
- BILLINGS, G. K., & REGLAND, P. C. (1968): Geochemistry and mineralogy of the recent reef and lagoonal sediments south of Belize (British Honduras). – *Chem. Geol.* 3:135–153.

- BRÜDERLIN, M. (1970): Beiträge zur Lithostratigraphie und Sedimentpetrographie des Oberen Muschelkalkes im südwestlichen Baden-Württemberg, Teil II: Sedimentpetrographie. – Jber. u. Mitt. geol. Ver., N. F. 52:175–209.
- CERNY, I. (1977): Zur Fazies- und Blei/Zink-Verteilung im „Anis“ der Karawanken. – Carinthia II, 167(87):59–78.
- DEMOVIC, R. (1974): Geochemie der Mittel- und Obertriassischen Kalke des Slowakischen Karstes, der Krizna- und der Choc-Decke. – Geol. Zborn Slov. akad. vied. 25/2:335–354.
- FLUGEL, H. W., & WEDEPOHL, K. W. (1967): Die Verteilung des Strontiums in oberjurassischen Karbonatgesteinen der Nördlichen Kalkalpen. – Contr. Mineral and Petrol. 14:229–249.
- FRUTH, I., & SCHERREIKS, R. (1975): Facies and geochemical correlation in the Upper Hauptdolomit (Norian) of the Eastern Lechtaler Alps. – Sedimentary Geology 13:27–45.
- GASSER, U. (1974): Zur Struktur und Geochemie der stratiformen Sulfidlagerstätte Meggen (Mitteldevon, Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Rundschau 63/1:52–73.
- LEIGHTON, M. W., & PENDEXTER, C. (1962): Carbonate Rock Types. – In HAM, W. E. (Ed.): Classification in carbonate rocks. – Am. Assoc. Petrol. Geol., Mem. 1:33–61.
- MARCHIG, V. (1974): Zur Geochemie rezenter Sedimente des Indischen Ozeans, II. Arabisches Meer, afrikanischer Kontinentalrand und Vergleich mit dem indisch-pakistanischen Kontinentalrand. – „Meteor“-Forschungsergebnisse, Reihe C, 18:1–35.
- MILLOT, G. (1970): Geology of Clays. – 429 S., New York (Springer).
- MÍŠIK, M. (1970): Verwischung der ursprünglichen Merkmale in kalkigen Sedimenten und Kalken bei der Dolomitisierung. – Verh. Geol. B. A. 1970/4:673–688.
- PURSER, B. H., & LOREAU, J. P. (1973): Aragonitic, supratidal encrustations on the Trucial Coast, Persian Gulf. – In PURSER, B. H. (Ed.): The Persian Gulf: 343–376.
- RICHTER, D. (1974): Entstehung und Diagenese der devonischen und permotriassischen Dolomite in der Eifel. – Contr. Sedimentology 2:1–101.
- SCHROLL, E. (1971): Beitrag zur Geochemie des Bariums in Carbonatgesteinen und klastischen Sedimenten der ostalpinen Trias. – Tschermaks Min. Petr. Mitt. 15/4:258–278.
- SHINN, E. A., GINSBURG, R. N., & LLOYD, R. M. (1965): Recent supratidal Dolomit from Andros Island, Bahamas. – Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Mineral. 13:112–123.
- SOKAL, R. R., & SNEATH, P. H. A. (1963): Principles of numerical taxonomy. – 359 S. San Francisco (Freeman).
- STRUCL, I. (1974): Die Entstehungsbedingungen der Karbonatgesteine und Blei-Zinkvererzungen in den Anissschichten von Topla. – Geologija 17:383–399.
- WEDEPOHL, K. H. (1972): Handbook of Geochemistry. – II/3, Berlin–Heidelberg–New York (Springer).
- WIRTH, K. (1974): Spurenelementgehalte in Quellwässern und ihre Beziehung zum durchflossenen Gestein. – Geol. Mitt. 12:367–388.

Anschrift des Verfassers: Dr. Immo CERNY, Geologische Abteilung der Bleiberger Bergwerks Union, 9530 Bleiberg.