

**Geochemische und mineralogische Untersuchungen
an pannonischen Sedimenten der Ton-Lagerstätte Mataschen
(Steirisches Becken, Österreich)**

**Geochemical and Mineralogical Investigations of Pannonian
Sediments in the Clay Pit Mataschen (Styrian Basin, Austria)**

Gerd RANTITSCH, Nadja MÜLLER & Fritz EBNER

4 Abbildungen und 1 Tabelle

Zusammenfassung: Die pannonischen Sedimente der Ton-Lagerstätte Mataschen (SW Fehring, Steiermark) wurden in einem 24 m mächtigen Profil durchgehend beprobt und auf ihre geochemische Zusammensetzung (Hauptelemente, organischer Kohlenstoff, Schwefel, Kerogentyp der organischen Substanz) und ihren mineralogischen Inhalt untersucht. Die Variabilität der gewonnenen Daten wird durch die Verlandung eines brackischen Sees erklärt.

Abstract: Pannonian sediments of the Styrian Basin were investigated geochemically and mineralogically in a 24 m thick continuous profile through an open pit clay mine in the area of Fehring (Styria, Austria). The data of this study (mineralogical composition, grain size distribution, major elements, organic carbon, sulfur, kerogen type of the organic matter) reflect the terrestrial filling of a brackish lake.

Schlüsselwörter: Steirisches Becken; Pannonium; Geochemie; Mineralogie; Seesedimente.

Key Words: Styrian Basin; Pannonian; Geochemistry; Mineralogy; Lake Sediments.

1. Einleitung

In der Ton-Lagerstätte Mataschen (5 km SW Fehring, Steiermark) ist die Entwicklung eines ufernahen Verlandungsbereiches eines brackischen Sees (DRAXLER et al. 1994; GROSS 1997; HOFMANN 2001; MELLER 2001) des steirischen Beckens (EBNER & SACHSENHOFER 1991) erhalten. Diese Entwicklung wird stratigrafisch mit dem Pannonium „Zone B“ datiert (GROSS 2003). Die Abfolge ist Teil der unterpannonischen Feldbach-Formation und wird von der marinen/brackischen, obersarmatischen Gleisdorf-Formation unterlagert und von der fluviatilen bis limnisch-?deltatischen Paldau-Formation überlagert (GROSS 2003).

Die bisherigen Vorstellungen über den Ablagerungsraum dieser Sedimente beruhen auf der sedimentologischen und geochemischen Bearbeitung von vereinzelt aufgesammelten Proben (z. B. LOBITZER et al. 1988).

In dieser Arbeit wird versucht, in einem durchgehenden Profil die mineralogische und geochemische Zusammensetzung der Sedimente zu erfassen und aufgrund dieser Daten Hinweise zur Rekonstruktion des Ablagerungsraumes zu finden.

2. Methodik

Proben

Die horizontal gelagerten Sedimente der Ton-Lagerstätte „Mataschenfeld II“ wurden im April 1998 in einem vertikalen Profil über fünf Abbauetagen zwischen den Höhen 362 m und 338 m durchgehend mit 24 Proben beprobt. Das Gesamtprofil wurde aus separaten Etagenprofilen (Mat 1–Mat 5 in Abb. 1, 2 und Tab. 1) zusammengesetzt, wobei jeder Profilmeter vollständig beprobt wurde. Die Analysen erfolgten an den homogenisierten Proben.

Korngrößenanalyse

Die getrockneten Proben wurden mit Wasserstoffperoxyd dispergiert und entsprechend DIN 18123 nass gesiebt. Dabei wurde die Fraktion $<63 \mu\text{m}$ quantitativ gewonnen und für die weitere Analytik repräsentativ beprobt. Diese Probe wurde mittels des vorher (gemäß DIN 18123) kalibrierten Fotosedimentometers „Lumosed“ auf ihre Korngrößenverteilung im Feinstbereich ($<63 \mu\text{m}$) untersucht. Da diese Methode die Korngrößenverteilung aus der zeitlichen Veränderung der Helligkeit in einer Küvette berechnet, beziehen sich die Korngrößen $<63 \mu\text{m}$ auf eine korngrößenäquivalente Quarkugel.

Kohlenstoff-Schwefel Analysen

An allen Proben wurde mit Hilfe eines LECO-Verbrennungsofens der Gehalt an Gesamtkohlenstoff, organisch gebundenem Kohlenstoff (TOC = total organic carbon) und an Gesamtschwefel gemessen. Aus der Differenz des Gesamtkohlenstoffgehaltes und des

TOC wurde aus der Stöchiometrie des CaCO_3 der Karbonatgehalt berechnet. Der Vergleich zwischen den aus den C-Gehalten errechneten CaCO_3 -Gehalten und den gasvolumetrisch (Scheibler-Methode) ermittelten Karbonatgehalten zeigt übereinstimmende Werte. Der Gesamtschwefelgehalt wird als pyritisch gebundener S betrachtet (vgl. RUSSEGGER et al. 1997). Die Elementkonzentrationen werden in Gewichtsprozent (%) angegeben und repräsentieren das arithmetische Mittel aus drei Messungen derselben Probe.

Rock-Eval Analysen

Mit Hilfe eines Rock-Eval II-Analysators wurde der Kerogentyp des organischen Anteiles der Proben bestimmt (vgl. PETERS 1986). Folgende Parameter wurden gemessen bzw. berechnet:

- S2: Menge an Kohlenwasserstoffen (mg KW/g Gestein), die während der Pyrolyse aus dem Kerogen neu gebildet wurde.
- S3: Menge an CO_2 (mg CO_2 /g Gestein), die während der Pyrolyse bis 390 °C gebildet wird.
- HI: Wasserstoffindex: $100 \times (\text{S2} / \text{TOC})$.
- OI: Sauerstoffindex: $100 \times (\text{S3} / \text{TOC})$.

Kerogen ist der in organischen Lösungsmitteln unlösliche Anteil an organischer Substanz. Durch die Messung des Wasserstoff- und Sauerstoffindex können die Kerogentypen I, II und III unterschieden werden: Typ I ist lipidreich und besteht vorwiegend aus nicht-marinen Algen, Typ II setzt sich bevorzugt aus marinem Phytoplankton und Bakterien zusammen und Typ III wird vom Detritus höherer Landpflanzen dominiert.

Anorganische Geochemie

Die Hauptelemente (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO, MgO, CaO, Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5) wurden durch Fusion-ICP am analysenfein gemahlene Gesamtgestein durch die Firma Actlab Inc. (Ancaster, Kanada) bestimmt.

Röntgendiffraktometeruntersuchungen

Die analysenfein gemahlene Proben wurden an einem Philips-Röntgendiffraktometer (Goniometer PW 1050/25, Generator LZ5: $\text{CuK}\alpha$ -Strahlung, Ni-Filter, 40 kV, 35 mA, Blenden 1–0,1–1, Zeitkonstante 1 s) auf ihren Gesamtmineralbestand untersucht. Für die tonmineralogischen Untersuchungen wurde aus einer vorsichtig (händisch) zerkleinerten Probe mittels Atterberg-Verfahren die Korngrößenfraktion $<2 \mu\text{m}$ separiert. Die Analyse der Tonmineralverteilung erfolgte an einem Röntgenpräparat mit kontrollierter Belegdichte (1 mg/cm^2) im luftgetrockneten und im glykolisierten Zustand. Die Identifizierung der Tonminerale folgt MOORE & REYNOLDS (1989). Smektitanteile in Mixed-Layer-Mineralen wurden nach MOORE & REYNOLDS (1989) und REYNOLDS & HOWER (1970) bestimmt.

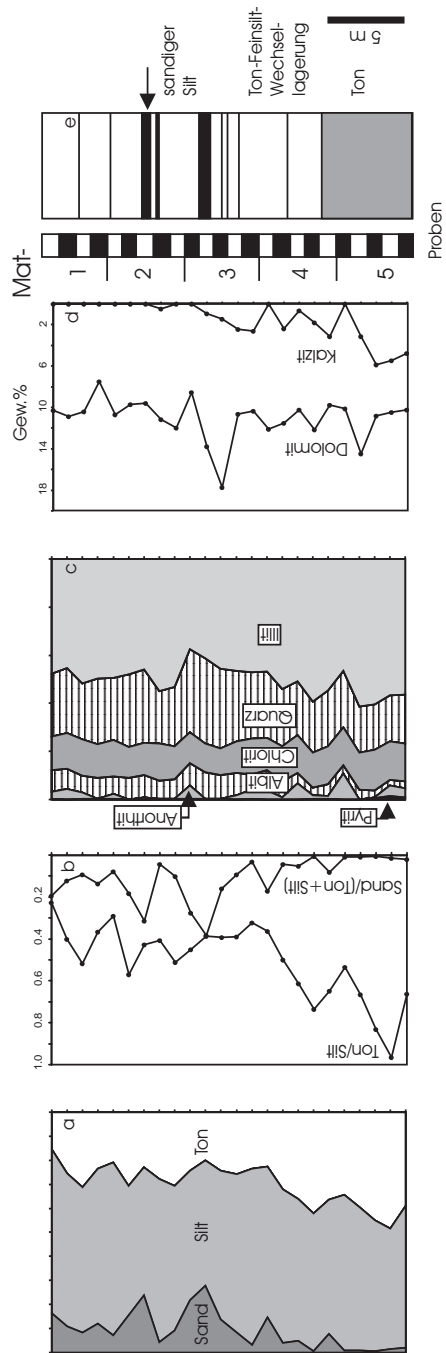


Abb. 1: Korngrößenverteilung (a, b) und Mineralogie (c, d) in einem 24 m mächtigen Profil (e) durch die Ton-Lagerstätte Mataschen. Die Datenpunkte repräsentieren 1 m mächtige Profilschnitte.

Fig. 1: Grain size distribution (a, b) and mineralogy (c, d) in a 24 m thick section (e) representative for the clay pit Mataschen. Data points represent 1 m thick intervals.

Quantifizierung des Modal-Mineralbestandes

Der Modalbestand wurde aus der Kombination der geochemischen mit den röntgenografischen Daten nach dem Verfahren von PAKTUNC (1998) berechnet. Dabei werden die Hauptelementkonzentrationen auf die röntgenografisch erkannten Mineralphasen aufgeteilt.

3. Ergebnisse

Die untersten 5 m des beprobten Profils (Abb. 1) zeigen einen blaugrauen, dichten Ton (Eisengraben-Subformation der Feldbach-Formation; GROSS 2003). Hier findet man Bivalvenschalen und vereinzelt inkohlte Baumstämme. Daran schließt eine tonig/siltige Wechsellagerung an (Sieglegg-Subformation der Feldbach-Formation; GROSS 2003), die stellenweise inkohlte Pflanzenreste enthält. Zum Teil findet man dm-große, harte Konkretionen in der Farbe des umgebenden Tones. Im höheren Abschnitt treten wasserführende, siltige bis sandige Zwischenlagen auf. Der Bänderton wird nach oben hin zunehmend fossilärmer und bräunlicher. Vor allem in den siltig/sandigen Zwischenlagen treten verstärkt Pflanzenreste auf. Diese Abfolge wird im Hangenden von einer ca. 15 m mächtigen Decke ockergelber Sande der Paldau-Formation (GROSS 2003) überlagert, die hier nicht bearbeitet wurde. Die analysierten Daten sind in Tabelle 1 angeführt.

Im Profil (Abb. 1a) ist eine kontinuierliche Vergröberung gegen das Hangende zu beobachten. Dieser Trend lässt sich im unteren Teil durch eine relative Zunahme des Siltanteiles gegenüber dem Tonanteil und im oberen Bereich durch den detritären Eintrag von Sand erklären (Abb. 1b). Mineralogisch zeigt sich dies am abnehmenden Illitgehalt und an der relativen Zunahme von Quarz und Feldspat (Abb. 1c). Parallel dazu nimmt der Kalzitanteil ab, sodass der höhere Profildbereich kalzitfrei ist (Abb. 1d). Im gesamten Profildbereich ist ein \pm konstanter Anteil an Dolomit zu beobachten. In fünf Proben können erhöhte Gehalte an Smektit und Illit-Smektit-Mixed-Layer-Mineralen nachgewiesen werden. Der unterste Profildbereich ist durch hohe Gehalte (0,7–1,1 %) an Pyrit gekennzeichnet. Der Pyritanteil nimmt dann ab und bleibt im restlichen Profil bei konstant niedrigen Werten ($<0,3$ %). Im Bereich der erhöhten Sandgehalte sind auch höhere Gehalte an organischem Kohlenstoff nachzuweisen (Abb. 2a). Eine direkte Korrelation mit dem Schwefelgehalt ist nicht zu erkennen. Einen deutlichen Trend zeigen die Wasserstoffindex-Werte, die vom Profilliegenden bis zur Profilmitte abfallen und dann konstant bleiben (Abb. 2c). Aufgrund der Beziehung zwischen Wasserstoff- und Sauerstoffindizes (Tab. 1) kann die (thermisch unreife) organische Substanz generell als Typ III Kerogen bezeichnet werden.

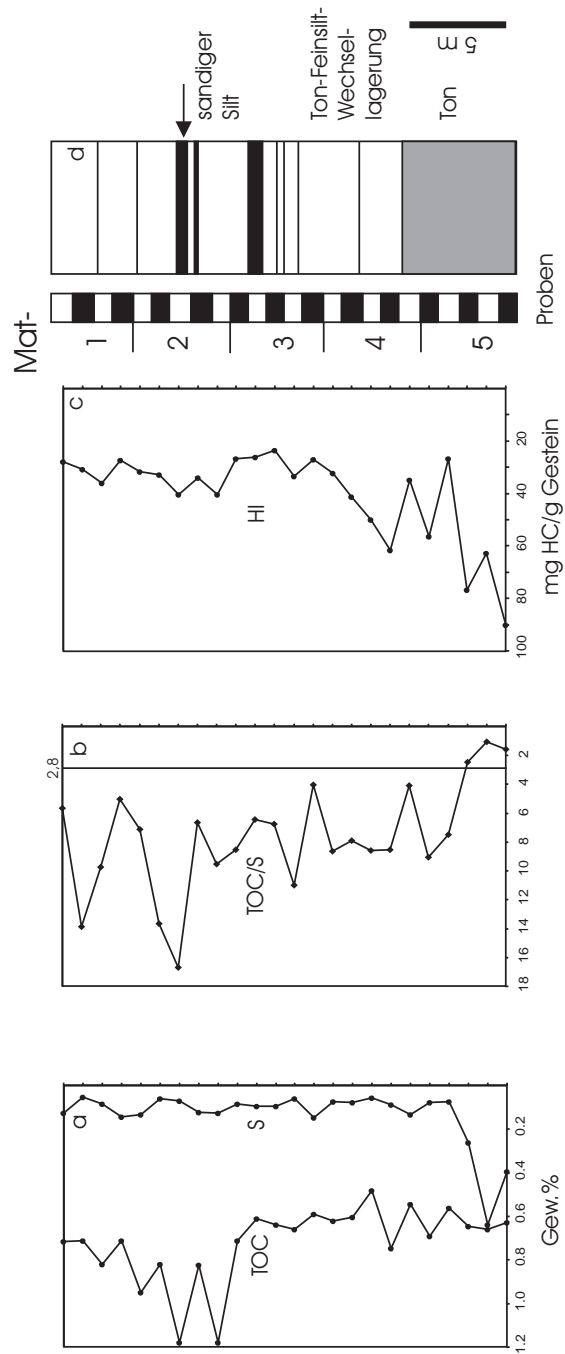


Abb. 2: Organischer Kohlenstoffgehalt (TOC, a), Gesamtschwefelgehalt (S, a), TOC/S-Verhältnisse (die 2,8 % Linie markiert marine Elementverhältnisse, b) und Wasserstoffindizes (HI, c) in einem 24 m mächtigen Profil (d) durch die Ton-Lagerstätte Mataschen. Die Datenpunkte repräsentieren 1 m mächtige Profilschnitte.

Fig. 2: Total organic carbon content (TOC, a), total sulphur (S, a), TOC/S ratio (the 2.8 % line indicates marine ratios, b) and hydrogen indices (HI, c) in a 24 m thick section (d) representative for the clay pit Mataschen. Data points represent 1 m thick intervals.

Probe	TOC	S	GK	HI	OI	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	FeO	LOI	Ton	Silt	Sand
	%	%	%	mg KW/g Gestein	mg CO ₂ /g Gestein	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Mat 1-1	0,714	0,126	10,31	28,01	293,42	52,28	17,35	7,15	0,11	3,15	3,13	1,08	3,06	1,02	0,20	3,22	9,93	15,5	68,4	16,2
Mat 1-2	0,711	0,051	10,89	30,94	286,92	52,22	17,09	7,38	0,11	3,22	3,45	1,02	2,97	0,98	0,18	3,32	10,33	25,5	63,7	10,8
Mat 1-3	0,819	0,084	10,40	36,02	238,71	50,42	18,13	7,60	0,14	3,22	3,05	0,83	3,17	0,94	0,15	3,42	11,24	31,2	60,4	8,4
Mat 1-4	0,712	0,142	7,52	27,39	278,79	55,02	17,70	7,21	0,10	3,03	1,86	0,97	2,97	0,97	0,15	3,24	8,95	23,6	64,4	12,0
Mat 1-5	0,948	0,133	10,72	31,65	256,86	51,40	17,38	7,73	0,13	3,20	3,04	0,88	3,11	0,96	0,20	3,48	10,58	20,9	71,8	7,3
Mat 2-1	0,819	0,060	9,68	32,97	300,37	55,36	16,64	6,51	0,11	2,99	2,38	1,02	2,98	0,96	0,15	2,93	9,59	30,7	53,8	15,5
Mat 2-2	1,179	0,071	9,59	40,29	167,09	56,06	16,72	6,75	0,11	2,97	2,52	1,10	2,89	1,00	0,16	3,04	8,78	22,8	53,3	23,9
Mat 2-3	0,825	0,124	11,59	33,94	280,00	46,37	16,98	7,41	0,12	3,00	2,70	0,78	2,92	0,91	0,16	3,33	10,73	27,7	68,0	4,3
Mat 2-4	1,179	0,124	11,98	40,29	167,09	50,52	17,34	6,73	0,13	3,11	2,71	0,81	2,77	0,95	0,14	3,03	10,77	30,7	60,0	9,3
Mat 2-5	0,713	0,083	8,54	26,65	273,49	56,75	15,50	6,34	0,12	2,94	3,18	1,10	2,48	1,00	0,24	2,85	9,20	24,3	54,0	21,7
Mat 3-1	0,612	0,095	14,69	26,14	348,04	57,98	15,10	6,49	0,11	2,90	3,19	1,18	2,45	0,98	0,17	2,92	8,88	20,2	52,1	27,7
Mat 3-2	0,639	0,094	19,20	23,47	389,67	55,31	15,56	6,10	0,12	3,05	3,91	1,06	2,62	0,95	0,15	2,74	9,84	24,3	62,0	13,7
Mat 3-3	0,658	0,060	13,11	33,43	305,47	52,72	16,19	6,41	0,12	3,17	4,14	1,05	2,88	0,92	0,17	2,88	10,71	25,7	66,0	8,4
Mat 3-4	0,590	0,146	12,94	27,12	447,46	50,42	16,55	7,34	0,13	3,28	4,56	0,79	2,95	0,90	0,22	3,30	10,96	23,6	73,3	3,1
Mat 3-5	0,621	0,072	12,08	32,21	318,84	52,68	17,13	6,78	0,11	3,08	3,60	1,00	3,01	0,95	0,16	3,05	9,73	22,7	62,7	14,6
Mat 4-1	0,605	0,076	13,91	41,32	374,38	50,71	17,92	7,09	0,13	3,35	4,09	0,79	3,17	0,90	0,17	3,19	10,69	32,0	63,9	4,1
Mat 4-2	0,481	0,056	10,92	49,90	404,37	48,77	18,40	7,56	0,13	3,28	4,00	0,62	3,15	0,89	0,19	3,40	11,52	36,1	58,9	5,0
Mat 4-3	0,745	0,088	13,90	61,74	306,71	47,69	18,50	6,99	0,16	3,38	4,04	0,44	3,32	0,82	0,11	3,15	13,20	42,1	57,4	0,5
Mat 4-4	0,545	0,133	12,91	34,86	326,61	49,28	17,91	7,81	0,14	3,12	4,12	0,58	3,08	0,87	0,39	3,51	11,99	36,3	56,1	7,6
Mat 4-5	0,692	0,076	10,14	56,36	305,64	48,77	18,31	7,59	0,13	3,35	4,44	0,58	3,12	0,87	0,15	3,42	11,70	34,5	64,5	1,0
Mat 5-1	0,560	0,075	17,58	26,79	230,36	47,78	19,16	7,73	0,15	3,36	4,42	0,39	3,11	0,85	0,14	3,48	12,30	39,6	59,5	0,9
Mat 5-2	0,645	0,261	16,71	76,74	182,95	46,17	18,71	8,53	0,16	3,23	5,39	0,29	2,99	0,80	0,38	3,84	13,12	45,1	54,3	0,6
Mat 5-3	0,661	0,638	15,92	62,78	135,40	44,76	18,27	8,78	0,17	3,10	5,79	0,28	2,84	0,80	0,21	3,95	13,88	48,4	50,1	1,5
Mat 5-4	0,627	0,393	15,02	90,11	138,76	47,41	18,82	8,52	0,15	3,17	5,42	0,35	3,04	0,89	0,19	3,83	12,76	39,0	58,9	2,1

Tab. 1: TOC (organischer Kohlenstoffgehalt), S (Schwefelgehalt), Gesamtkarbonatgehalt (GK), Wasserstoffindex (HI), Sauerstoffindex (OI), Hauptelemente, Glühverlust (LOI) und Korngrößenverteilung der untersuchten Proben. Die Proben sind vom Hangenden (Mat 1-1) zum Liegenden (Mat 5-4) angeführt.

Tab. 1: TOC (total organic carbon), S (sulfur), carbonate content (GK), hydrogen index (HI), oxygen index (OI), major elements, loss of ignition (LOI) and grain size distribution of the analyzed samples. The samples are arranged from the uppermost (Mat 1-1) to the lowermost (Mat 5-4) sample.

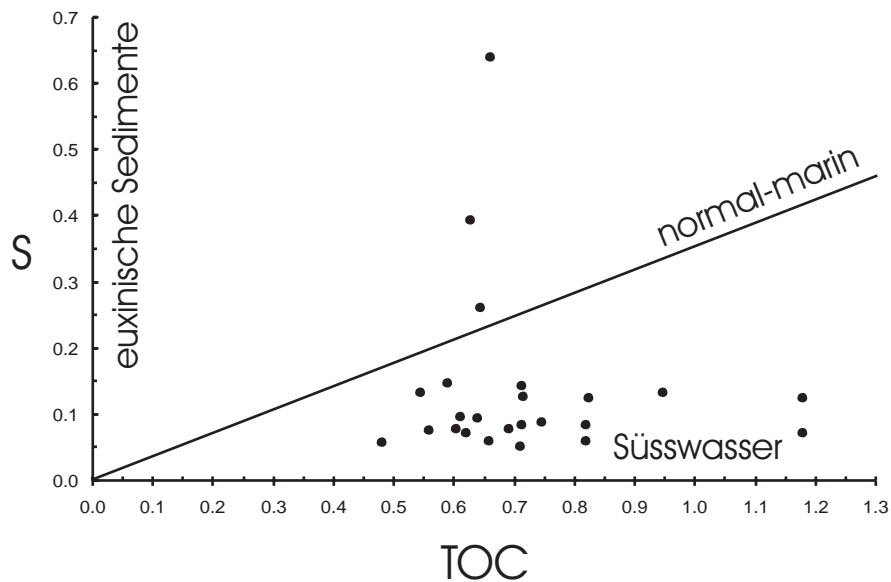


Abb. 3: TOC/S-Diagramm (Gewichtsprozent) mit den Bereichen für normal-marine Sedimente, Süßwassersedimente und euxinische Sedimente nach BERNER & RAISWELL (1984) und LEVENTHAL (1983). Drei Proben aus dem untersten Profilabschnitt liegen über der für normal-marine Sedimente typischen Geraden (TOC/S = 2,8 %) und zeigen daher erhöhte Sulfatgehalte im Porenwassers an.

Fig. 3: TOC/S-diagram (weight percent) with the fields typical for marine, freshwater and euxinic sediments (BERNER & RAISWELL 1984; LEVENTHAL 1983). Three samples from the base of the section indicate a high sulphate content in the pore water.

4. Diskussion

Die organische Substanz im aquatischen Milieu setzt sich aus dem detritär transportierten Anteil, aus den Organoklasten höher entwickelter Pflanzen und aus Algen bzw. Bakterien zusammen. Die Verteilung der organischen Fraktion im Sediment wird durch die Bioproduktivität, die Erhaltungsbedingungen und durch den klastischen Eintrag gesteuert. Das Verhältnis von organisch gebundenem Kohlenstoff (TOC) zu pyritisch gebundenem Schwefel (S) eines Sedimentes gibt Hinweise zu den primären Ablagerungsbedingungen. Nach BERNER & RAISWELL (1984) und LEVENTHAL (1983) ist es möglich mit Hilfe eines TOC/S-Diagramms normal-marine, euxinische und nicht-marine Sedimente zu unterscheiden (Abb. 3). Dies lässt sich durch die Entstehungsbedingungen von sedimentärem Pyrit erklären, für die im wesentlichen der Anteil an reaktivem organischen Material, der Sulfatgehalt im Wasser und das Angebot an reaktivem Eisen maßgeblich sind (BERNER 1984). In Abhängigkeit vom jeweiligen Ablagerungsmilieu wirken

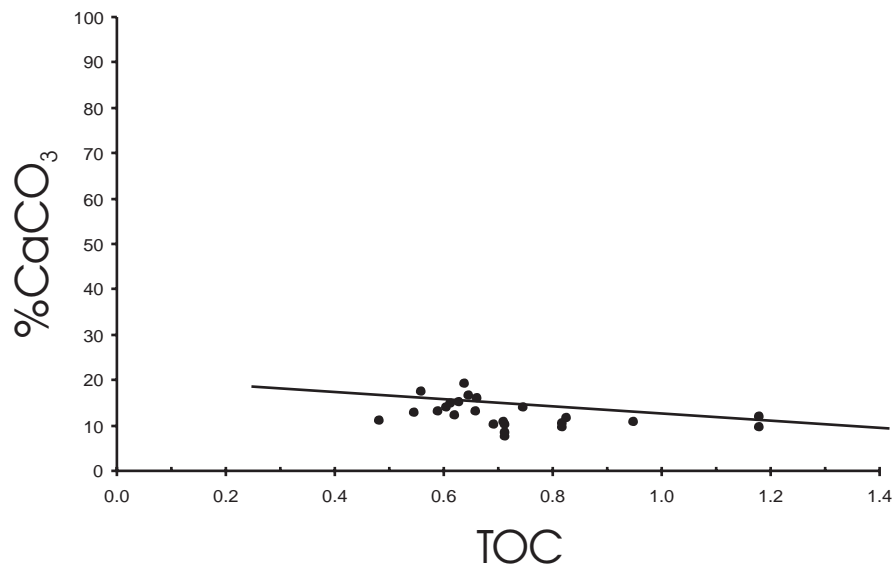


Abb. 4: CaCO₃/TOC-Diagramm (Gewichtsprozent) nach RICKEN (1993).
 Fig. 4: CaCO₃/TOC diagram (weight percent) following RICKEN (1993).

einer oder mehrere dieser Faktoren limitierend auf die Pyritbildung, was sich im beobachteten TOC/S-Verhältnis widerspiegelt.

In Abbildung 3 ist ein TOC/S-Diagramm der untersuchten Proben dargestellt. Unter Annahme eines unbedeutenden Kohlenstoffverlustes während der Diagenese (was durch die thermische Unreife der Proben unterstützt wird) und eines von der Verwitterung unbeeinflussten TOC/S-Verhältnisses, liegt der Großteil der Proben im Süßwasserbereich. Drei Proben von der Basis des Profils zeigen dagegen marine Elementverhältnisse (Abb. 2b). Somit kann die Annahme der Verlandung eines brackischen Sees geochemisch bestätigt werden.

Im bearbeiteten Profil kann der von DRAXLER et al. (1994) nachgewiesene Alginit (ein Smektit-reicher, laminiertes Ton mit 8,3 % TOC und einem HI von 622) nicht erkannt werden. Dies muss durch die gewählte Probennahme oder durch eine lateral nicht verfolgbare Akkumulation in einem durch eine engräumige Fazieszonierung gekennzeichneten See erklärt werden.

Nach RICKEN (1993) ist es möglich aufgrund der Beziehungen zwischen Karbonat- und TOC-Gehalt auf die wirkenden Ablagerungsprozesse zu schließen. Nach diesem Modell können Sedimente in die autochthon gebildete karbonatische Fraktion, in die vorwiegend aus Tonmineralen und Quarz zusammengesetzte und meist fluviatil eingetragene siliziklastische Fraktion und in die organische Fraktion aufgeteilt werden. Eine Änderung der Deposition einer Fraktion (variable Fraktion) verdünnt oder konzentriert

den Anteil der beiden anderen Fraktionen (stabile Fraktionen). Die Korrelationsgerade für die untersuchten Sedimente (Abb. 4) zeigt eine geringe Zunahme des Karbonatgehaltes mit Abnahme des TOC-Gehalts. Dies belegt die Variation des organischen Anteiles. Da die organische Substanz im Sediment eher untergeordnet zu finden ist, wird der Karbonatgehalt und die Sedimentationsrate bei Änderungen im organischen Eintrag nur wenig beeinflusst. Aufgrund der Rock-Eval-Ergebnisse kann eine wesentliche Beteiligung von Algen ausgeschlossen werden. Folglich muss hier die Variabilität des TOC-Gehalts auf die Variation des terrigenen Eintrags zurückgeführt werden.

5. Schlussfolgerungen

In der Ton-Lagerstätte Mataschen ergeben sich an der Basis (0–3 m) eines 24 m mächtigen Profils geochemische Hinweise auf marine bis brackische Verhältnisse. Ab dem dritten Profilmeter ist eine Aussüßung des Ablagerungsraumes anzunehmen. Dies geht mit einer zunehmend gröber werdenden Sedimentation einher, die durch die Verlandung eines Sees erklärt werden kann. Der organische Sedimentanteil wird dabei detritär eingebracht.

Dank

Die Arbeiten wurden durch die Vereinigung für angewandte Lagerstättenforschung Leoben, durch die Lias Österreich GmbH (vormals Österreichische Leca GmbH, Fehring) und durch Herrn Ing. Mag. H. POLIC gefördert. Die Autoren danken weiters M. GROSS, A. FENNINGER und R. SACHSENHOFER für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

Literatur

- BERNER, R.A. (1984): Sedimentary pyrite formation. – *American Journal of Science*, 268: 1-23, New Haven.
- BERNER, R.A. & RAISWELL, R. (1984): C/S method for distinguishing freshwater from marine sedimentary rocks. – *Geology*, 12: 365-368, Boulder.
- EBNER, F. & SACHSENHOFER, R.F. (1991): Die Entwicklungsgeschichte des Steirischen Tertiärbeckens. – *Mitteilungen der Abteilung für Geologie und Paläontologie am Landesmuseum Joanneum*, 49: 1-96, Graz.
- DRAXLER, I., SOLTI, G., LOBITZER, H. & CICHOCKI, O. (1994): Erster Nachweis von „Alginit“ (sensu JÁMBOR & SOLTI, 1975) im Südoststeirischen Tertiärbecken (Österreich). – In: LOBITZER, H., CSÁSZÁR, G. & DAURER, A. (Red.): *Jubiläumsschrift 20 Jahre Geologische Zusammenarbeit Österreich–Ungarn*. – 2: 19-54, Geologische Bundesanstalt, Wien.

- GROSS, M. (1997): Geologisch-paläontologische Untersuchungen im Obermiozän der Südoststeiermark (Paldau-Perlsdorf). – 228 S., unveröffentlichte Diplomarbeit, Karl-Franzens-Universität Graz, Graz.
- GROSS, M. (2003): Beitrag zur Lithostratigraphie des Oststeirischen Beckens (Neogen/Pannonium; Österreich). – Österreichische Akademie der Wissenschaften, Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen, 16: 11-62, Wien.
- HOFMANN, C. (2001): Kurzer Statusbericht des Projektes P 13739 GEO – Palynologie und Fazies-Untersuchungen an miozänen Ökosystemen. – Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Österreich, 45: 166, Wien.
- LEVENTHAL, J.S. (1983): An interpretation of carbon and sulfur relationships in Black Sea sediments as indicators of environments of deposition. – *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47: 133-137, Amsterdam.
- LOBITZER, H., KODINA, L.A., SOLTI, G., SCHWAIGHOFER, B. & SURENIAN, R. (1988): Fazies, Geochemie und Stratigraphie ausgewählter Vorkommen österreichischer organisch reicher Gesteine. – Ein Zwischenbericht. – *Geologisch-Paläontologische Mitteilungen Innsbruck*, 15: 85-107, Innsbruck.
- MELLER, B. (2001): FWF-Projekt: Extracting palaeoecological and palaeoclimatic data from dispersed fruits and seeds in Miocene terrestrial ecosystems of eastern Austria – Stand der Forschung. – *Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Österreich*, 45: 168-169, Wien.
- MOORE, D.M. & REYNOLDS, R.C.jr. (1989): X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. – 332 S., Oxford University Press, Oxford.
- PAKTUNC, A.D. (1998): Modan: An interactive computer program for estimating mineral quantities based on bulk composition. – *Computers & Geosciences*, 24: 425-431, Amsterdam.
- PETERS, K.E. (1986): Guidelines for evaluating petroleum source rocks using programmed pyrolysis. – *American Association Petroleum Geology Bulletin*, 70: 318-329, Tulsa.
- REYNOLDS, R.C.jr. & HOWER, J. (1970): The nature of interlayering in mixed-layer illite-montmorillonites. – *Clays and Clay minerals*, 1970: 25-36, London.
- RICKEN, W. (1993): Sedimentation as a three-component system. Organic Carbon, Carbonate, Noncarbonate. – *Lecture Notes in Earth Sciences*, 51: 1-211, Berlin.
- RUSSEGGER, B., RANTITSCH, G. & EBNER, F. (1997): Carbon-Sulfur ratios in Paleozoic sediments of the Eastern and Southern Alps (Austria). – *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, 1996: 573-583, Stuttgart.

Anschrift der Verfasser:

Mag. Dr. Gerd Rantitsch, Dr. Fritz Ebner
Montanuniversität Leoben
Department für Angewandte Geowissenschaften und Geophysik
Peter-Tunner Straße 5
A-8700 Leoben
gerd.rantitsch@notes.unileoben.ac.at
fritz.ebner@notes.unileoben.ac.at

DI Nadja Müller
Schlumberger Doll Research
36, Old Quarry Road
Ridgefield, CT 06877
USA
nmuller@ridgefield.oilfield.slb.com