

Petrologische, mineralogische und chemische Untersuchungen an Turbiditen und Hemipelagiten aus der Molassezone Oberösterreichs

Von HERMANN HUEMER*)

Mit 10 Abbildungen und 4 Tabellen

*Oberösterreich
Molassezone
Haller Serie
Untere Puchkirchener Serie
Hemipelagit
Turbidit
BOUMA-Zyklus*

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 27-33, 44-51

Inhalt

Zusammenfassung	415
Abstract	415
1. Einleitung	415
2. Geologie	416
3. Probenbeschreibung und -aufbereitung	417
4. Granulometrie	418
4.1. Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz	418
4.2. Momentstatistik und Parameterkorrelation	418
4.3. CM-Norm	419
5. Mineralanalysen	419
6. Geochemische Analysen	420
7. Zusammenfassende Bemerkungen	423
Dank	423
Literaturverzeichnis	423

Zusammenfassung

An ausgewählten Abfolgen von Feinkornsedimenten aus der Molassezone Oberösterreichs wurde versucht, mit Korngrößen-, Mineral- und Spurenelementanalysen turbiditische und hemipelagische Sedimente zu unterscheiden.

Die Turbidite (Intervall C bis E) zeichnen sich durch eine kontinuierliche Veränderung ihrer faziellen Eigenschaften zum Hangenden hin aus. So wurden eine positive Gradierung mit den sich daraus ergebenden Veränderungen der statistischen Parameter, eine Zunahme der Tonminerale und eine Abnahme von Quarz und Calcit sowie Veränderungen der Gehalte an Spurenelementen in Abhängigkeit vom Mineralbestand ermittelt.

Im Intervall F kommt es zu keiner weiteren Kornverfeinerung. Statt dessen konnte gelegentlich eine Zunahme der Sand- bzw. Siltfraktion, z.B. durch Fossilien festgestellt werden. Der Tonmineralgehalt steigt in diesem Abschnitt nicht weiter an. Quarz und Calcit treten stark zurück, ebenso wie die in Calcit angereicherten Spurenelemente Sr und Mn. Die von den Tonmineralen adsorbierten Elemente Cu, V, Ni und Cr erreichen andererseits entsprechende Höchstwerte. Dies wird als Übergang zur normalen Beckensedimentation interpretiert, sodaß diese Sedimente vom eigentlichen Turbidit abgegrenzt werden müssen.

Abstract

The petrological, mineralogical and geochemical properties of fine-grained sediments of the Upper Austrian "Molassezone" have been investigated in order to distinguish between turbiditic and hemipelagic layers.

The turbidites (interval C to E) are remarkable for their continuous variation of properties continuing to the top. Positive grading is accompanied by changes of statistical parameters, an increase of clay-minerals and a decrease of quartz and calcite as well as variations in trace elements due to mineralogical composition.

Interval F develops from interval E. Rather than a decrease of grain size an increase of the sand and silt fraction can be observed (due to fossils). The content of clay-minerals depends directly on grain size distribution and obtains the highest values within one sequence. So do the values of Cu, V, Ni and Cr which are adsorbed by clay minerals. On the other hand, quartz and calcite decrease to a minimum and so do the trace elements Sr and Mn which are bound mainly to calcite.

No more variation of data is supposed to represent normalization of deposition. Therefore, those sediments may be classified as "hemipelagites" and have to be separated from the actual turbidites.

1. Einleitung

Die asymmetrische Anlage des Molassebeckens mit flachem Schelf im Norden und steilen Hängen im Süden und beträchtliche maximale Wassertiefen lassen zumindest zeitweilig Bedingungen vermuten, die einem Turbiditbecken entsprechen.

Turbiditbecken sind normalerweise einer Orogenzone vorgelagert, zu der sie parallel verlaufen. Ihr Randbereich ist generell schmal und relativ steil. Die Sedimentation erfolgt aus Trübeströmen, die hauptsächlich durch "slumps" (Rutschungen) ausgelöst werden und

*) Anschrift des Verfassers: Mag. rer. nat. HERMANN HUEMER, Institut für Geochemie, Universität Wien, Dr. Karl Lueger-Ring 1, A-1010 Wien.

sich rasch über die Hänge der Becken bewegen. An den tiefsten Stellen bilden sie fächerartige Akkumulationen. In den distalen Bereichen der Fächer lagern sich feinkörnige, gradierte Silte ab. Darüber können sich unter bestimmten Voraussetzungen auch hemipelagische, tonige Lagen ausbilden.

Die verschiedenen Intervalle solcher Abfolgen wurden von BOUMA (1962) mit den Buchstaben A bis E bezeichnet. VAN DER LINGEN (1969) erweiterte dieses Modell um den hemipelagischen/pelagischen Abschnitt F. Unvollständige Abfolgen bilden die Regel. Sie werden u.a. von BOUMA (1962), WALKER (1978), PIPER (1978), STOW & SHANMUGAM (1980) und READING (1986) diskutiert.

Einen guten Überblick über die verfügbare Literatur (bis 1984) bietet dazu die 2. Ausgabe von „Sedimentary Environments and Facies“ von READING (1986).

Das pelitische Intervall E besteht aus den feinsten Partikeln des Trübestroms und leitet zur „normalen“ Beckensedimentation, die sich im pelagischen oder hemipelagischen Intervall F manifestiert, über.

Der Abschnitt F unterscheidet sich von turbiditischen Sedimenten vor allem dadurch, daß praktisch keine systematischen vertikalen Änderungen im Kornaufbau festzustellen sind. Er enthält im wesentlichen homogene, siltige Tone. Eine untergeordnet vorhandene Sandfraktion kann von biogenen Partikeln gebildet werden. Strömungsinduzierte Strukturen fehlen, Bioturbation hingegen ist typisch. Bei den grabenden Organismen handelt es sich um solche, die an feinkörnige Sedimente, niedrige Sedimentationsraten und strömungsfreie Bedingungen angepaßt sind, womit sie einen entscheidenden Unterschied zu den Faunen in Turbiditen und in Konturiten darstellen (GONTHIER et al., 1984).

Weitere Literaturhinweise, zusammenfassende Definitionen sowie verschiedene Faziesmodelle zur Interpretation von feinkörnigen Tiefwassersedimenten bieten STOW & PIPER (1984).

2. Geologie

Die Molassezone von Oberösterreich wird im Norden vom Kristallin der Böhmischer Masse und im Süden durch die Flyschzone bzw. das Helvetikum begrenzt. Die maximale Breite des Molassebeckens wird auf rund 200 km geschätzt (WAGNER et al., 1986).

Die Schichtfolge der Molassezone beginnt über dem Kristallin der Böhmischer Masse und wird in den prä-tertiären Untergrund und die tertiären Molassesedimente unterteilt.

Das Molassestadium begann im Obereozän mit Seichtwasserablagerungen wie Sandsteinen und Lithothamnienkalk (WAGNER, 1980), ging in den Fischeschiefern des Lattorf über zu Sedimenten größerer Tiefe und kehrte in den hellen Mergelkalken des Rupel, aus denen sich die Bändermergel entwickelten, wieder zum epikontinentalen Charakter zurück, der sich bis in die Tonmergelstufe fortsetzte. Die mit den Bändermergeln einsetzende Schlierfazies zeigt den Beginn der kontinuierlichen Absenkung des Molassebeckens an (BRAUMÜLLER, 1961), was mit der Subduktion des Untergrundes unter die Zentralalpen in Verbindung gebracht werden kann. Die Folge war eine Einengung und Stapelung bzw. Verschuppung der Sedimente von Flysch, Helvetikum und Molasse (WAGNER et al., 1986).

Im Eger setzte sich die Schlierfazies in die Puchkirchener Serie fort. Diese enthält am südlichen Rand Grobkornsedimente, die aus den Gerölldeltas der alpinen Flüsse, aus Schlamm- und aus Trübestromen stammen und die das wichtigste Erdgas-Speicherstein der oberösterreichischen Molasse (MALZER, 1981) repräsentieren. Zwischen diesen Konglomerat- und Sandsteinlagen findet man gelegentlich dunkle, äußerst feinkörnige, geringmächtige Einschaltungen, deren hemipelagischer Charakter zu untersuchen war.

Zwischen Eger und Eggenburg endeten die Bewegungen der Schuppen. Die transgredierende Haller Serie enthält hauptsächlich einförmige Tonmergelgesteine, die nach PETERS (1936) als „Haller Schlier“ bezeichnet werden. Abb. 1 gibt die paläogeographische Verbreitung der Molasseserien östlich vom Inn wieder (aus KOLLMANN, 1977).

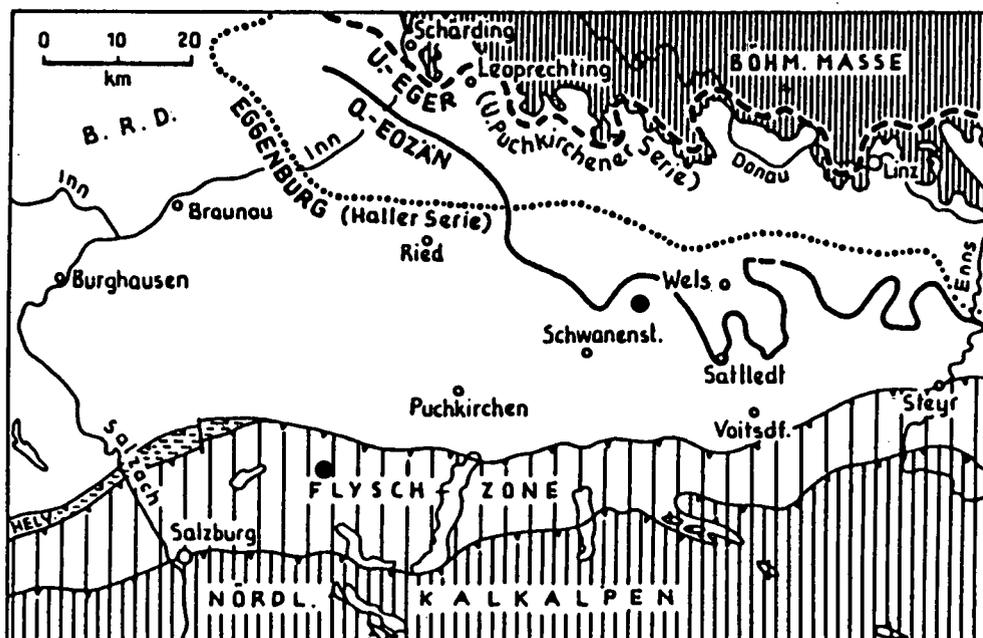


Abb. 1. Paläogeographische Verbreitung der Molasseserien östlich vom Inn. Nach KOLLMANN & MALZER (aus K. KOLLMANN, 1977). Auskeilungslinien am Molassenordrand von Obereozän, Untereger und Eggenburg. ● = Probenahmepunkte.

3. Probenbeschreibung und -aufbereitung

Die Proben 1A, 1B und 2B stammen aus der Bohrung Oberhofen 1 der Rohöl-Ausfindungs GmbH. (RAG) aus der Unteren Puchkirchner Serie (Teufe zwischen 4072 und 4074 m). Für Vergleichszwecke standen Proben vom „Haller Schlier“ (Haller Serie) aus der

Bohrung Offenhausen 14 zur Verfügung (Teufe zwischen 722 und 723 m; Bezeichnung: 5B).

Die beprobten Bohrkernabschnitte sind in HUEMER (1988) dargestellt und im Detail beschrieben.

Für die Probenaufbereitung wurden die separierten Intervalle in zwei Teile geteilt, von denen der eine für die Bestimmung des Hauptmineralbestandes und des

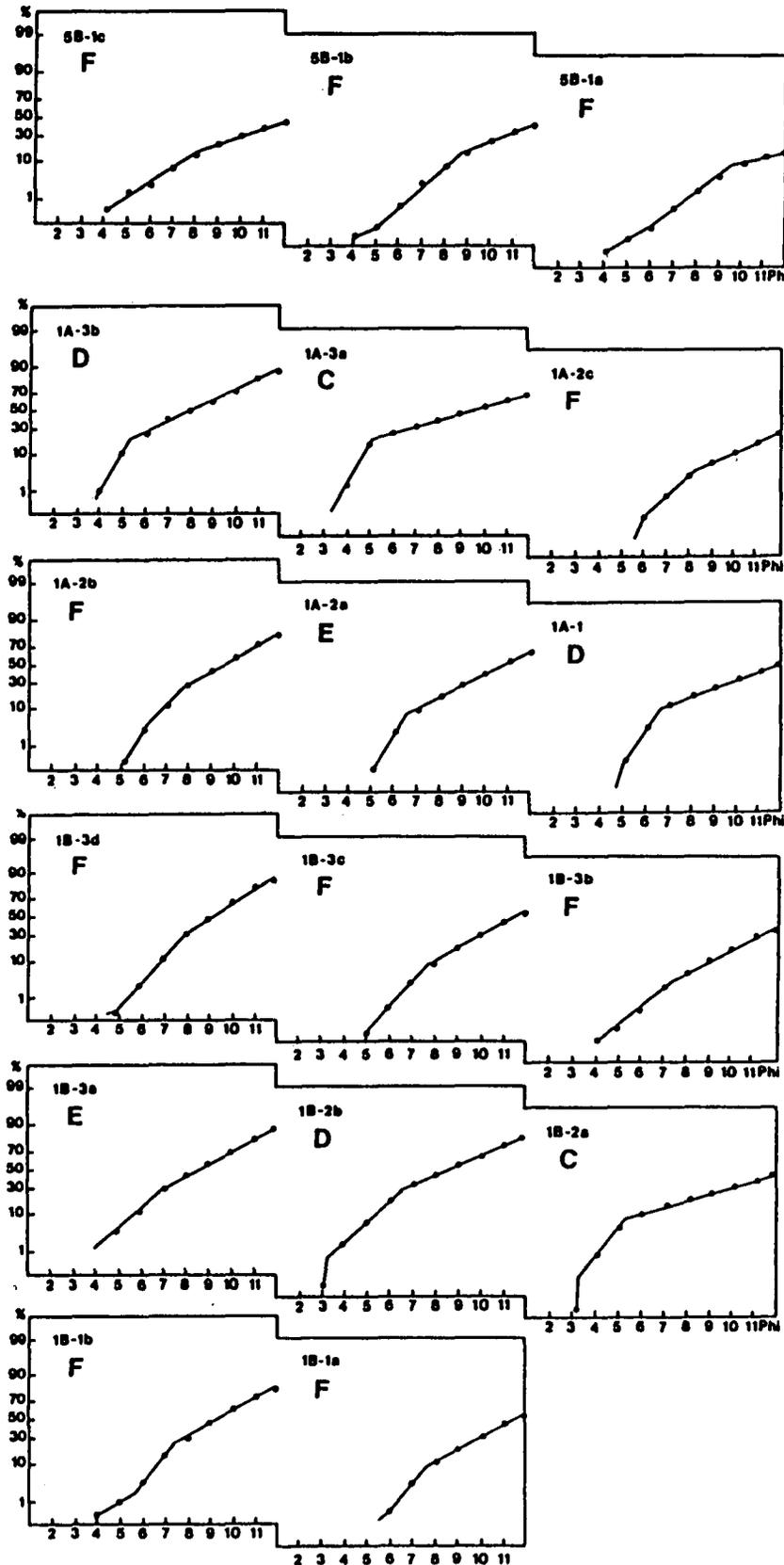


Abb. 2.

Kornsummenkurven der Sedimentabfolge 1B - 1A und vom Haller Schlier 5B im Wahrscheinlichkeitsnetz. Die Buchstaben kennzeichnen das jeweilige BOUMA-Intervall

Chemismus, der andere Teil für die Korngrößen-, Ton- und Schwermineralanalysen verwendet wurde.

Bei der Wahl des Aufbereitungsverfahrens muß darauf geachtet werden, daß die Korngrößenverteilung nicht verändert wird, daß im Hinblick auf mineralogische Untersuchungen Tonminerale nicht zerstört werden und daß sich keine schwerlöslichen Salze bilden (MÜLLER, 1964).

Andererseits muß das Gestein vollständig in seine Einzelkomponenten zerlegt werden, um die Korngrößenverteilung quantitativ erfassen zu können. Dafür mußten die Karbonatzemente sowie die an den Mineraloberflächen adsorbierten mehrwertigen Kationen entfernt werden. Diesen Bedingungen wurde durch die Behandlung der Proben mit EDTA-Lösung am besten entsprochen (GLOVER, 1961; HEROLD, 1970).

4. Granulometrie

Die Korngrößenverteilung (als Abbild der bei der Sedimentation herrschenden Strömungsbedingungen) wurde durch Siebung und Sedimentation ermittelt.

In Hinblick auf die gegebenen Korngrößenverhältnisse erfolgte die Klassierung des Grobanteils bis 0,032 mm Durchmesser durch Naßsiebung. Dabei wurden Siebe mit Maschenweiten von 0,250 mm, 0,125 mm, 0,063 mm und 0,032 mm verwendet. Die Fraktionen <0,032 mm wurden mit einem SEDIGRAPH 5000 ET der Firma MICROMERITICS (Georgia, USA) gemessen.

Die Daten wurden über das Computerprogramm SEDPAK (MALECKI, 1985) ausgewertet. Einschränkend ist hinzuzufügen, daß im Zuge der Aufbereitung neben den Zementen auch ein unbestimmter Anteil detritärer Karbonate weggelöst wurde, der somit nicht in die weiteren Untersuchungen eingegangen ist.

Die Proben wurden nach dem Benennungsdreieck Sand-Silt-Ton nach FÜCHTBAUER (1959) und MÜLLER (1961) klassifiziert (Tab. 1). In den Intervallen C bis E

Tabelle 1.
Prozentuelle Häufigkeiten der Sand-, Silt- und Tonfraktionen und Benennung nach MÜLLER (1961) und BOUMA (1961).

	Sand%	Silt%	Ton%	MÜLLER	BOUMA
5B-1c	0.3	21.5	78.2	silt.Ton	F
5B-1b	0.2	34.7	65.1	Siltton	F
5B-1a	0.4	34.1	65.5	Siltton	F
1A-3b	0.5	60.4	39.1	Tonsilt	D
1A-3a	5.8	63.3	30.9	Tonsilt	C
1A-2c	0.0	36.7	63.3	Siltton	F
1A-2b	0.0	42.6	57.4	Siltton	F
1A-2a	0.0	50.0	50.0	Tonsilt	E
1A-1	0.0	69.7	30.3	Tonsilt	D
1B-3d	0.1	45.4	54.5	Siltton	F
1B-3c	0.1	38.6	61.3	Siltton	F
1B-3b	0.8	47.1	52.1	Siltton	F
1B-3a	1.2	52.3	46.5	Tonsilt	E
1B-2b	6.2	69.1	24.7	ton.Silt	D
1B-2a	11.0	57.0	32.0	sand.Tonsilt	C
1B-1b	0.3	43.7	56.0	Siltton	F
1B-1a	0.0	39.6	60.4	Siltton	F
2B-3b	0.0	42.5	57.5	Siltton	F
2B-3a	0.0	48.2	51.8	Siltton	E
2B-2	1.6	67.8	30.6	Tonsilt	C/D
2B-1b	0.0	42.6	57.4	Siltton	F
2B-1a	0.0	40.7	59.3	Siltton	F

dominieren demnach Silte mit zunehmendem Tonanteil. In F schließlich nimmt der Ton in der Regel mehr als 50 % ein.

4.1. Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz

Mit Hilfe der im Wahrscheinlichkeitsnetz in mehrere Geraden zerfallenden Summenkurven lassen sich Rückschlüsse auf die am Aufbau einer Suspension beteiligten Kornpopulationen ziehen. Daraus kann auf die möglichen Transportarten bzw. auf den Zustand des Sediments vor der Ablagerung geschlossen werden.

Versuche mit ausgeflockten Suspensionen (KRANCK, 1975) ergaben, daß sich bei Strömungsgeschwindigkeiten, unter denen sich Körner mit einem Durchmesser >150 Mikrometer ablagern, keine Aggregate („flocs“) bilden. Je geringer die Turbulenzen werden, desto feiner sind die abgesetzten Korngrößen und desto stärker tendieren die Feinanteile dazu, auszuflocken. Bei „well flocculated suspensions“ koagulieren nur jene Partikel, die kleiner sind als der Modalwert. Jene, die größer sind und jene, die zur häufigsten Korngröße gehören, lagern sich als Einzelkörner ab („single grain population“). Somit müssen die feineren Partikel Flocken in der Größe der Partikel mit der häufigsten Größe gebildet haben, da sie unter den gleichen Bedingungen wie diese abgesetzt wurden („floc population“).

Die Kornsummenkurven der betrachteten Proben zerfallen im Wahrscheinlichkeitsnetz (Abb. 2) zumeist in zwei Geraden, von denen jene im gröberen Bereich nach obigen Erkenntnissen der „single grain population“ entspricht, während die Gerade im Feinbereich mit der „floc population“ korreliert werden kann.

Hemipelagite zeichnen sich dadurch aus, daß ihr Anteil an „floc population“ größer und die kleinste Korngröße der „single grain population“ (Korngröße beim „truncation point“) kleiner ist als in Turbiditen. Dies steht in Einklang mit dem Fehlen von Turbulenzen während der hemipelagischen Sedimentation.

Eine nur wenige Prozent umfassende Population am groben Kurvenende, die gelegentlich in den pelitischen Sedimenten auftritt, ist wahrscheinlich in erster Linie auf Fossilien (Foraminiferen) zurückzuführen.

4.2. Momentstatistik und Parameterkorrelation

Die Berechnung der statistischen Parameter Mittelwert, Sortierung und Schiefe aus den Korngrößenanalysen erfolgte mittels Momentstatistik (vgl. MARSAL, 1979). Sie sind in Tab. 2 angegeben.

Über den Mittelwert (mean) können Turbidite und Hemipelagite am deutlichsten unterschieden werden, wie die Korrelation mit Sortierung und Schiefe, mit Mineralgehalt und mit Chemismus zeigt (Abb. 3, 6, 7).

Mit der Sortierung (standard deviation) ist eine eindeutige Unterscheidung von turbiditischen und hemipelagischen Sedimenten nicht möglich, obwohl bei den gröberen Ablagerungen im allgemeinen eine schlechtere Sortierung festgestellt wurde. Aus den Steigungen der Kurven im Wahrscheinlichkeitsnetz ergibt sich für die „single grain populations“, besonders für jene der Turbidite, eine bessere Sortierung als für die „floc populations“.

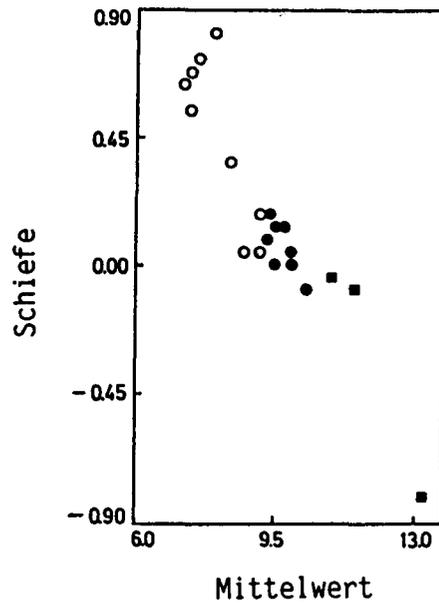
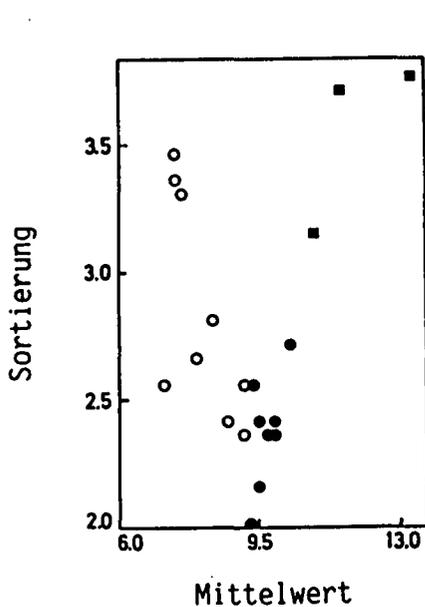


Abb. 3.
Parameterkorrelation: Mittelwert gegen Sortierung und Schiefe.
○ = Turbidite; ● = Hemipelagite;
■ = Haller Schlier.

Die Schiefe (skewness) zeigt deutlichere Unterschiede. Sie ist in Turbiditen stärker positiv, während Hemipelagite annähernd symmetrisch verteilt sind und mitunter auch negative Koeffizienten (bis $-0,77$) erreichen.

Als Ursache für die schlechte Sortierung und die schiefe Verteilung kommen Transport- und Ablagerungsmechanismen ebenso wie analytische Ursachen im Zuge der Dispergierung in Frage (HOUGH, 1940).

Tabelle 2.
Statistische Parameter: mean, st.-dev standard deviation, skewn skewness.
D1 = Korngröße bei 1 % der Summenkurve; D50 Median (bei 50 % der Summenkurve).

	mean	st.-dev.	skewn	D1 in mm	D50 in mm
5B-1c	13.20	3.79	-0.77	0.039	0.0001
5B-1b	11.00	3.16	-0.03	0.021	0.0009
5B-1a	11.59	3.72	-0.08	0.049	0.0008
1A-3b	8.37	2.80	0.38	0.060	0.0040
1A-3a	7.53	3.48	0.70	0.107	0.0137
1A-2c	10.44	2.70	-0.06	0.020	0.0009
1A-2b	9.74	2.37	0.16	0.020	0.0014
1A-2a	9.32	2.59	0.22	0.030	0.0020
1A-1	7.98	2.67	0.82	0.042	0.0079
1B-3d	9.47	2.04	0.18	0.019	0.0017
1B-3c	10.01	2.37	0.00	0.024	0.0011
1B-3b	9.41	2.59	0.09	0.057	0.0018
1B-3a	8.89	2.44	0.08	0.070	0.0025
1B-2b	7.29	2.57	0.63	0.112	0.0104
1B-2a	7.48	3.37	0.56	0.117	0.0119
1B-1b	9.69	2.41	0.14	0.024	0.0015
1B-1a	10.00	2.41	0.02	0.023	0.0012
2B-3b	9.57	2.15	0.02	0.020	0.0014
2B-3a	9.29	2.36	0.05	0.032	0.0018
2B-2	7.66	3.30	0.74	0.072	0.0109
2B-1b	9.79	2.39	0.14	0.023	0.0014
2B-1a	9.89	2.43	0.05	0.023	0.0012

4.3. CM-Norm

Die CM-Norm nach PASSEGA (1957) erlaubt Rückschlüsse auf die Transportart bzw. den Ablagerungsbe- reich eines Sediments.

Durch die Korrelation des groben 1 %-Wertes C mit dem Median M lassen sich verschiedene Felder im CM-Diagramm abgrenzen, die, von rezenten Ablagerungs- räumen abgeleitet, verschiedenen Sedimentations- milieus zugeordnet werden können (PASSEGA & BYRAMJEE, 1969).

Wie Abb. 4 zeigt, ergeben sich aus den vorliegenden Untersuchungen für die Intervalle C und D die Felder für gleichförmige Suspensionen.

Dem Intervall E und den Hemipelagiten entspricht das Feld der Stillwassersedimente. Dabei ist festzuhalten, daß sich die Proben vom Haller Schlier nicht durch kleinere Grobwerte, jedoch durch die kleinsten Medianwerte auszeichnen. Die Hemipelagite liegen generell in einem Bereich mit weniger als 1 % Sandfraktion und mehr als 50 % Tonfraktion.

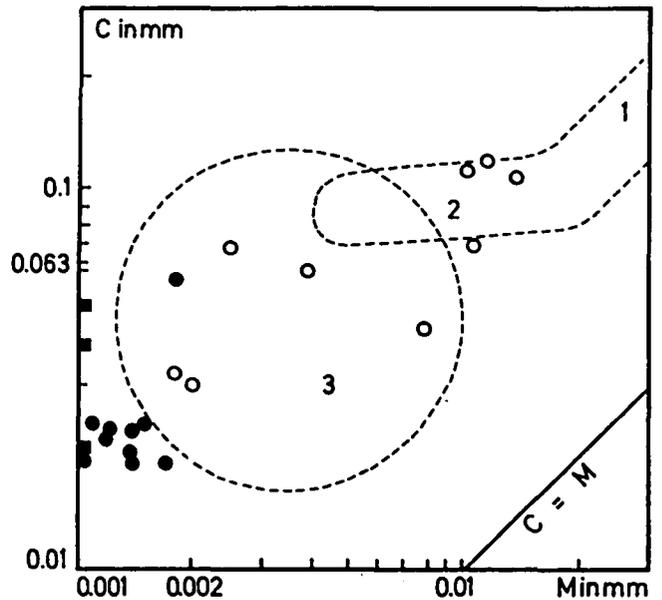


Abb. 4.
CM-Diagramm (nach PASSEGA & BYRAMJEE, 1969).
M = Median, C = Coarse-Wert; Bereich der gradierten Suspension (1), der ho- mogenen Suspension (2) und der Stillwassersedimente (3).
○ = Turbidite; ● = Hemipelagite; ■ = Haller Schlier.

5. Mineralanalysen

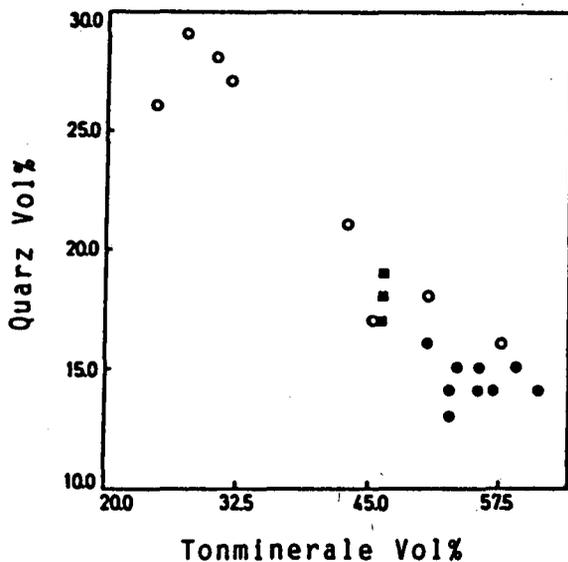
Die mineralogischen Untersuchungen wurden mittels Röntgendiffraktometrie durchgeführt. Die Präparateher- stellung und die Auswertung der Röntgendiffrakto- gramme basiert auf Anleitungen von AUGUSTIN-GYURITS et al. (1983).

Die Analysen ergaben als wichtigste Hauptgemengteile in den Gesamtproben Glimmer, Chlorit sowie Quarz und Karbonate. Von untergeordneter Bedeutung sind Plagioklas und Kalifeldspat sowie Pyrit (Tab. 3). Die Karbonate umfassen Calcit, Dolomit, Ankerit und in der Haller Serie auch Siderit.

Tabelle 3.
Relative Häufigkeiten der wichtigsten Minerale in % (bestimmt nach einem modifizierten Verfahren nach SCHULTZ, 1964).
Tm = Tonminerale; Qz = Quarz; Cc = Calcit; R = Feldspäte, Karbonate ohne Calcit, Pyrit.

	Tm	Qz	Cc	R
5B-1c	47	17	16	20
5B-1b	47	18	15	20
5B-1a	47	19	17	17
1A-3b	43	21	9	27
1A-3a	28	29	19	24
1A-2c	56	15	5	24
1A-2b	57	14	6	23
1A-2a	51	18	9	22
1A-1	35	24	13	28
1B-3d	56	14	6	24
1B-3c	54	15	7	24
1B-3b	51	16	7	26
1B-3a	47	17	8	28
1B-2b	31	28	14	27
1B-2a	32	27	17	24
1B-1b	53	14	6	27
1B-1a	53	13	5	29
2B-3b	61	14	5	20
2B-3a	58	16	6	20
2B-2	25	26	21	28
2B-1b	59	15	4	22
2B-1a	57	14	5	24

Bei den in der Tonfraktion dominierenden Mineralen handelt es sich um Glimmer, Chlorit und Smektit bzw. mixed layer-Phasen (in der Unteren Puchkirchener Serie) mit Schichtabständen zwischen 12 und 14 Angström. In der <0,2 Mikrometer-Fraktion tritt Quarz nicht mehr auf. Chlorit ist stark reduziert. Andererseits erreichen schlecht geordnete Illite sowie Smektite bzw. mixed layer-Phasen hier ihr Verteilungsmaximum.



Die Verteilung von Quarz, Calcit und Tonmineralen-gesamt läßt zwei gegenläufige Tendenzen erkennen: Beim Übergang von turbiditischen zu hemipelagischen Abschnitten nimmt der Tonmineralgehalt sprunghaft zu. Dagegen nehmen der Anteil an Quarz und der Calcit-Gehalt ab (Abb. 5). Im Haller Schlier ist der Calcit-Gehalt stark erhöht, sodaß diese Proben nicht im üblichen Trend liegen. (Die Mengen an Dolomit und Ankerit bleiben relativ konstant, was wahrscheinlich auf sekundäre Entstehung zurückzuführen ist).

Somit kann das Vorherrschen von Quarz und Calcit als Merkmal turbiditischer Sedimente, eine Übermacht an Tonmineralen als Eigenschaft hemipelagischer Ablagerungen betrachtet werden. Diese Beziehungen kommen auch in der Korrelation mit der mittleren Korngröße zum Ausdruck (Abb. 6). Markante Unterschiede im Tonmineralbestand von Turbiditen und Hemipelagiten bestehen nicht (HUEMER, 1988).

Die mikroskopische Auswertung der Schwermineralpräparate (Korngrößenfraktion 63 bis 32 Mikrometer) stützte sich im wesentlichen auf die Mineralbeschreibungen von MILNER (1962) und BOENIGK (1983). Die häufigsten transparenten Minerale in beiden Sedimenttypen sind Granat, Turmalin, Apatit, Hornblende, Rutil und Zirkon. Daneben finden sich noch Staurolith und Titanit. Spinell tritt praktisch überall in Spuren auf.

Der Anteil an opaken Phasen ist in den tonigen Sedimenten der Intervalle E und F stark erhöht, eignet sich jedoch auch nicht für deren sichere Unterscheidung.

6. Geochemische Analysen

Im Rahmen geochemischer Untersuchungen erwiesen sich Mn, Sr und Kohlenstoff sowie Cu, Ni, Cr, V und organischer Kohlenstoff als für eine Unterscheidung von turbiditischen und hemipelagischen Sedimenten geeignete Parameter (Tab. 4).

Die Bestimmung von Kohlenstoff erfolgte an einem Carbon-Sulfur Determinator LECO CS-244 (Leco Corporation, St. Joseph, Michigan, USA).

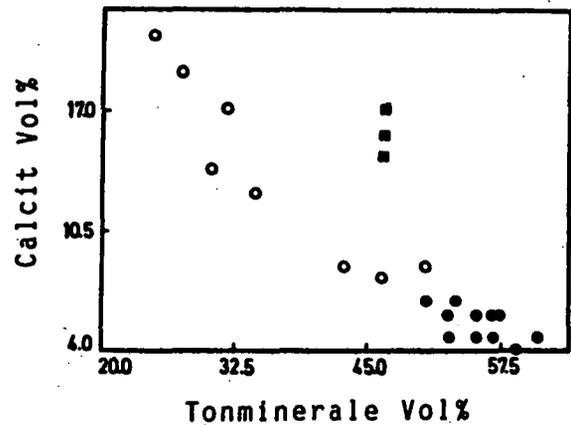


Abb. 5.
Korrelationsdiagramme: Tonminerale gegen Quarz und Calcit (in Vol-%).
○ = Turbidite; ● = Hemipelagite; ■ = Haller Schlier.

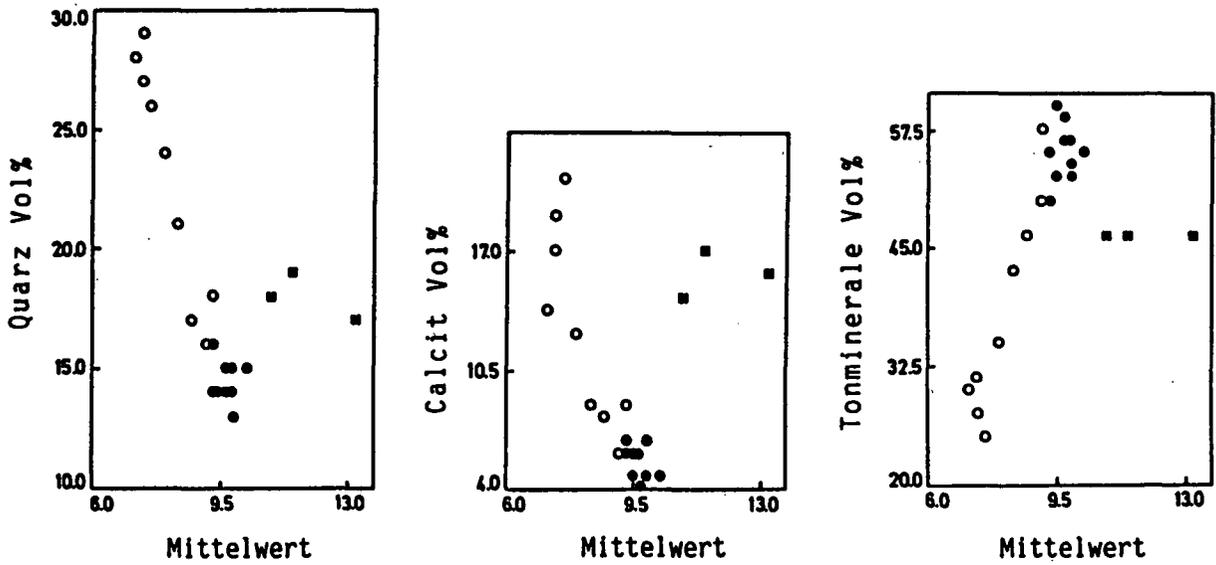


Abb. 6.
Korrelationsdiagramme: Mittelwert gegen Quarz, Calcit und Tonminerale (in Vol-%).
○ = Turbidite; ● = Hemipelagite; ■ = Haller Schlier.

Während der Gehalt an C-gesamt der Calcitverteilung folgt, nimmt der Anteil an organischem Kohlenstoff mit abnehmender Korngröße zu und erreicht in den hemipelagischen Abschnitten die höchsten Werte (bis 0,75 %).

Neben dem Tonmineralgehalt kann auch die Menge an C-org. die Häufigkeit bestimmter Spurenelemente wie Ni, V, Cu u.a. durch die Bildung organo-metallischer Verbindungen beeinflussen.

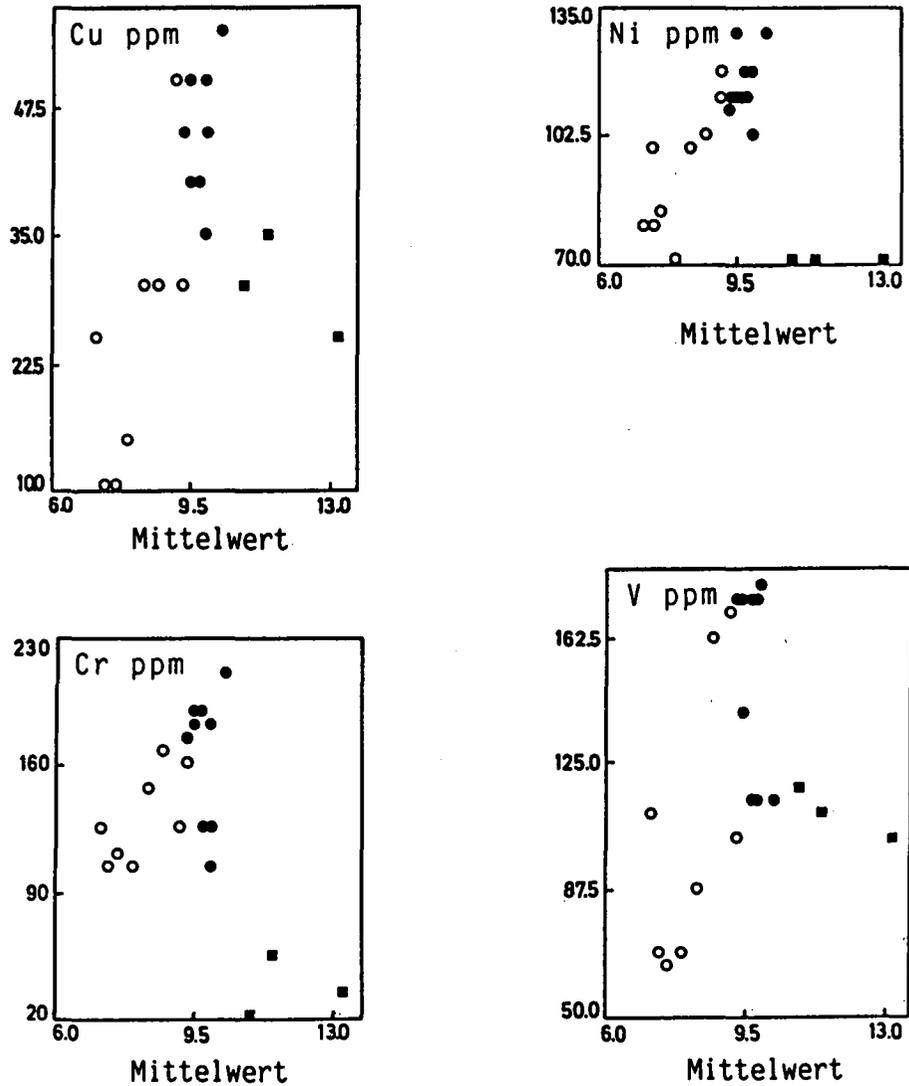


Abb. 7.
Korrelationsdiagramme: Mittelwert gegen Cu, Ni, Cr und V (in ppm).
○ = Turbidite; ● = Hemipelagite; ■ = Haller Schlier.

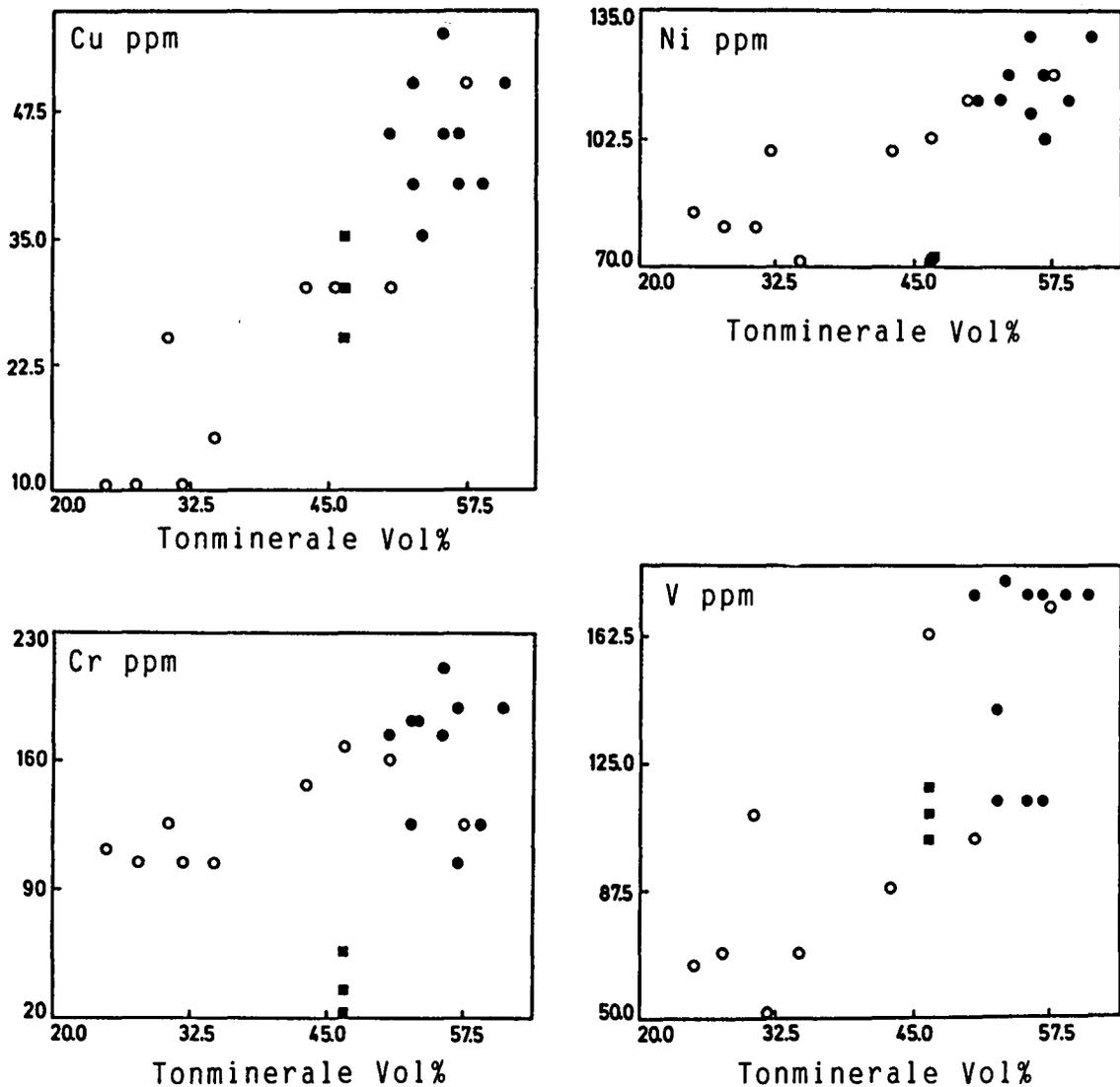


Abb. 8.
Korrelationsdiagramme: Tonminerale (in Vol-%) gegen Cu, Ni, Cr und V (in ppm).
○ = Turbidite; ● = Hemipelagite; ■ = Haller Schlier.

Tabelle 4.
Relative Häufigkeiten der Spurenelemente Cr, Ni, Cu, V, Mn und Sr (in ppm) sowie von C-gesamt und C-organisch (in %).

	Cr	Ni	Cu	V	Mn	Sr	C-ges	C-org
5B-1c	40	70	25	105	530	165	3.86	
5B-1b	20	70	30	120	555	145	3.97	
5B-1a	60	70	35	110	545	150	3.80	
1A-3b	150	100	30	90	390	100	3.19	0.71
1A-3a	105	80	10	70	495	195	3.62	0.36
1A-2c	210	130	55	115	355	70	2.96	0.72
1A-2b	190	120	40	115	355	75	2.95	0.73
1A-2a	165	115	30	105	370	95	3.29	0.67
1A-1	110	70	15	70	435	140	4.15	0.37
1B-3d	180	110	45	175	375	60	3.45	0.63
1B-3c	185	120	35	180	375	75	3.13	0.75
1B-3b	180	115	45	175	385	80	3.58	0.63
1B-3a	170	105	30	165	395	120	3.37	0.59
1B-2b	125	80	25	110	500	165	4.39	0.53
1B-2a	110	100	10	50	465	210	4.57	0.39
1B-1b	185	115	40	140	410	65	4.58	0.69
1B-1a	130	115	50	115	385	80	3.44	0.69
2B-3b	190	130	50	175	335	85	2.70	
2B-3a	125	120	50	170	375	85	2.93	
2B-2	115	85	10	65	500	185	4.58	
2B-1b	130	115	40	175	335	85	2.90	
2B-1a	105	105	45	175	330	85	2.88	

Für den Nachweis von Mn, Sr, Cu, Ni, Cr und V wurde ein Atom-Absorptions-Spektrophotometer von PERKIN-ELMER (für V mit Graphitrohrküvette) verwendet. Davor wurden die analysefein gemahlten Proben mit Perchlorsäure (70 %ig) und Flußsäure (40 %ig) aufgeschlossen. Nähere Angaben zur Methodik sind dem Handbuch und der „Methodensammlung“ von PERKIN-ELMER (1971, Bodenseewerk Perkin-Elmer & Co GmbH/Überlingen) zu entnehmen.

Die Gehalte an Cu, Ni, Cr und V steigen im allgemeinen mit zunehmender Feinkörnigkeit (Abb. 7) bzw. mit steigendem Tonmineralgehalt der Proben an (Abb. 8). Demnach weisen die turbiditischen Sande innerhalb einer Abfolge in der Regel die niedrigeren Werte auf, während in den überlagernden Peliten die Gehalte kontinuierlich zunehmen, bis sie sich in den als Hemipelagite eingestufteten Sedimenten stabilisieren.

Mn und Sr entsprechen in ihrem Verteilungsmuster weitgehend dem Calcit- und Quarz-Trend (Abb. 9). Dies bedeutet, daß sie sich entgegen den dem Tonmineral-trend folgenden Elementen in den grobkörnigen Sedimenten anreichern (Abb. 10).

Der Haller Schlier stellt auch hier eine Ausnahme dar, indem er häufig in das Feld der Turbidite fällt. Beson-

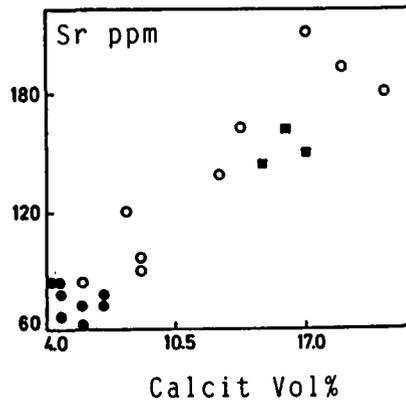
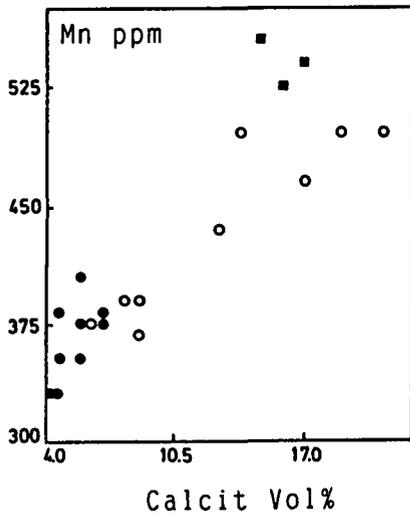


Abb. 9.
Korrelationsdiagramme: Calcit (in Vol-%) gegen Mn und Sr (in ppm).
○ = Turbidite; ● = Hemipelagite; ■ = Haller Schlier.

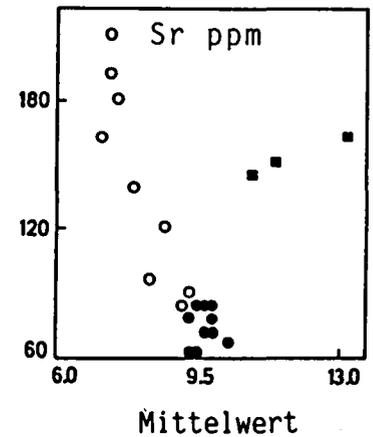
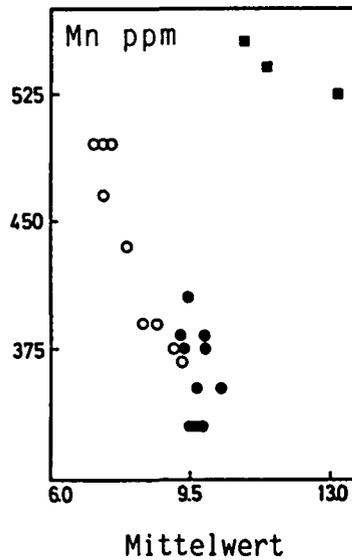


Abb. 10.
Korrelationsdiagramme: Mittelwert gegen Mn und Sr (in ppm).
○ = Turbidite; ● = Hemipelagite; ■ = Haller Schlier.

ders markant sind die extrem niedrigen Ni- und Cr-Werte und äußerst hohe Gehalte an Mn (vgl. Tab. 4).

7. Zusammenfassende Bemerkungen

Nach den vorliegenden Ergebnissen (vgl. HUEMER, 1988) unterscheiden sich turbiditische Feinkornsedimente von hemipelagischen besonders durch die mittlere Korngröße, durch das Verhältnis von „single grain-“ zu „floc-population“ und deren Korngrößenverteilung sowie die Korrelation von Median und Coarse-Wert (CM-Norm).

Auch Korrelationsdiagramme von Mittelwerten gegen Mineralgehalte und Mittelwerten gegen Spurenelementgehalte sowie von Mineralen gegen Spurenelemente ergeben für eine Unterscheidung brauchbare Trends. Dabei korrelieren hohe Quarz- und Calcitgehalte mit groben, hohe Tonmineralgehalte mit feinen mittleren Korngrößen.

Cu, V, Ni, Cr und C-org. erreichen parallel zum Tonmineralgehalt in Hemipelagiten die höchsten Werte. Sr und Mn hingegen sind vorwiegend an Calcit gebunden, der ebenso wie Quarz in turbiditischen Ablagerungen verstärkt auftritt.

Die Proben aus dem Haller Schlier weisen zwar die feinsten Korngrößenmittelwerte auf, enthalten aber we-

sentlich mehr Calcit als Hemipelagite aus der Unteren Puchkirchener Serie. Damit verbunden sind höhere Gehalte an Mn und Sr und niedrigere Werte von Cu, Ni, Cr und V. Dies deutet auf geänderte Sedimentationsbedingungen im Becken der Haller Serie hin, die sich in einer verstärkten Karbonatproduktion manifestieren.

Dank

Für die Bereitstellung der Bohrkerne danke ich Herrn Dr. L. WAGNER (Rohöl-Aufsuchungs GmbH.). Weiters ergeht mein Dank an die Herren Prof. Dr. H. KURZWEIL und Doz. Dr. F. KOLLER (Inst. f. Petrologie der Universität Wien), an Herrn Doz. Dipl.-Ing. Dr. H. MÜLLER (Inst. f. Baugeologie und Bodenforschung der Universität für Bodenkultur in Wien) und an die Herren Dr. P. KLEIN und Dr. R. ROETZEL (GBA Wien). Frau Th. BAUER gebührt mein Dank für die graphische Ausführung der Diagramme. Die Untersuchungen wurden im Rahmen einer Diplomarbeit am Institut für Petrologie der Universität Wien durchgeführt.

Literatur

AUGUSTIN-GYURITS, K. et.al.: Untersuchungen zur Genauigkeit semiquantitativer Aussagen auf röntgenographischem Weg zum Mineralbestand des frostkritischen Anteiles von Korngemischen. – Forschungsauftrag des Bundesministeriums für Bauten und Technik, Wien 1983.

- BOENIGK, W.: Schwermineralanalyse. – 158 S., 77 Abb., 4 Taf., 8 Tab., Stuttgart (Enke) 1983.
- BOUMA, A.H.: Sedimentology of some Flysch Deposits (a graphic Approach to Facies Interpretation). – Amsterdam (Elsevier) 1962.
- BRAUMÜLLER, E.: Die paläogeographische Entwicklung des Molassebeckens in Oberösterreich und Salzburg. – Erdöl-Z., **77**, 509–520, 1961.
- FÜCHTBAUER, H.: Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine. – Erdöl und Kohle, **12/8**, 605–613, Hamburg 1959.
- GLOVER, E.D.: Method of solution of calcareous materials using the complexing agent, EDTA. – Jour. Sed. Petrol., **31**, 622–626, 1961.
- GONTHIER, E.G., FAUGERES, J.C., STOW, D.A.V.: Contourite facies of the Faro Drift, Gulf of Cadiz. – In: Fine-grained Sediments: Deep-Water Processes and Facies. (Ed. by D.A.V. STOW & D.J.W. PIPER). – Geological Society, Special Publication No 15, 1984.
- HEROLD, R.: Sedimentpetrographische und mineralogische Untersuchungen an pelitischen Gesteinen der Molasse Niederbayerns. – Diss. Univ. München, 1970.
- HOUGH, J.L.: Sediments of Buzzards Bay, Massachusetts. – Jour. Sed. Petrol., **10**, 19–32, 1940.
- HUEMER, H.: Granulometrische, mineralogische und geochemische Methoden zur Unterscheidung von turbiditischen und hemipelagischen Feinkornsedimenten an Bohrkernen aus der Molassezone Oberösterreichs. – Diplomarbeit Univ. Wien, 1988.
- KOLLMANN, K.: Die Öl-Gasexploration der Molassezone Oberösterreichs und Salzburgs aus regional-geologischer Sicht. – Erdöl-Erdgas Z., **93** (Sonderheft), 36–49, 1977.
- KRANCK, K.: Sediment deposition from flocculated suspensions. – Sedimentology, **22**, 111–123, 1975.
- MALECKI, G.: SEDPAK. – Geologische Bundesanstalt Wien, 1985.
- MALZER, O.: Geologische Charakteristik der wichtigsten Erdöl- und Erdgasträger der oberösterreichischen Molasse, Teil II: Die Konglomerate und Sandsteine des Oligozäns. – Erdöl-Erdgas Z., **97**, 20–28, 1981.
- MARSAL, D.: Statistische Methoden für Erdwissenschaftler. – 2. Auflage, Stuttgart (Schweizerbart) 1979.
- MILNER, H.B.: Sedimentary Petrography, Band I, Methods in Sedimentary Petrology. – London (George Allen & Unwin Ltd.) 1962.
- MÜLLER, G.: Das Sand-Silt-Ton-Verhältnis in rezenten marinen Sedimenten. – N. Jb. Min., Mh., 148–163, Stuttgart 1961.
- MÜLLER, G.: Sediment-Petrologie, Teil I: Methoden der Sediment-Untersuchung. – Stuttgart (Schweizerbart) 1964.
- PASSEGA, R.: Grain-size representation by CM patterns as a geological tool. – Jour. Sed. Petrol., **34/4**, 830–847, Tulsa, Oklahoma 1957.
- PASSEGA, R. & BYRAMJEE, R.: Grain-size image of clastic deposits. – Sedimentology, **13**, 233–252, Amsterdam 1969.
- PERKIN-ELMER: Handbuch und Methodensammlung. – Bodenseewerk Perkin-Elmer & Co GmbH/Überlingen, 1971.
- PETTERS, V.: Geologische und mikropaläontologische Untersuchungen der Eurogasco im Schlier Oberösterreichs. – Petroleum, **32/5**, 10–12, Wien 1936.
- PIPER, D.J.W.: Turbidite muds and silts on deep sea fans and abyssal plains. – In: Sedimentation in submarine canyons, fans and trenches (Ed. by D.J. STANLEY & G. KELLING). – 163–175, Stroudsburg (Dowden, Hutchinson and Ross) 1978.
- READING, H.G.: Sedimentary Environments and Facies. – 2. Auflage, Blackwell Scientific Publications 1986.
- STOW, D.A.V. & PIPER, D.J.W.: Deep-water fine-grained sediments: facies models. – In: Fine-Grained Sediments: Deep-water Processes and Facies. (Ed. by D.A.V. STOW & D.J.W. Piper). – Geol.Soc., Special Publication No 15, 1984.
- STOW, D.A.V. & SHANMUGAM, G.: Sequence of structures in fine-grained turbidites: Comparison of recent deep sea and ancient flysch sediments. – Sed.Geol., **25**, 23–42, 1980.
- VAN DER LINGEN, G.J.: The turbidite problem.- N.-Z. Jour. Geol. Geophys., **12**, 7–50, Wellington, 1969.
- WAGNER, L.: Geologische Charakteristik der wichtigsten Erdöl- und Erdgasträger der oberösterreichischen Molasse, Teil II: Die Sandsteine des Obereozän. – Erdöl-Erdgas Z., **96**, 338–346, 1980.
- WAGNER, L., KUCKELKORN, K. & HILTMANN, W.: Neue Ergebnisse zur alpinen Gebirgsbildung Oberösterreichs aus der Bohrung Oberhofen 1 – Stratigraphie, Fazies, Maturität und Tektonik. – Erdöl-Erdgas-Kohle, **102/1**, 12–19, 1986.
- WALKER, R.G.: Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans: models for exploration for stratigraphic traps. – Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., **62**, 932–966, 1978.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 17. April 1989.