

Sedimentologische Untersuchungen der Vöcklaschichten (Innviertler Gruppe, Ottnangien) in der oberösterreichischen Molassezone im Gebiet der Vöckla und der Ager

Von HANS GEORG KRENMAYR*)
Mit 14 Abbildungen und 2 Tabellen

*Oberösterreich
Molassezone
Innviertler Gruppe
Vöcklaschichten
Lithofazies
Paläoströmung
Sedimentologie
Sedimentpetrologie
Spurenfossilien
Ottnangien*

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 47, 48, 66

Inhalt

Zusammenfassung	83
Abstract	84
1. Einleitung	84
2. Lithofazielle Gliederung der Vöcklaschichten und ihres Übergangsbereiches in die Atzbacher Sande	89
2.1. Lithofaziestypen	89
2.1.1. Lithofazies A ₂	89
2.1.2. Lithofazies B ₁	89
2.1.3. Lithofazies B ₂	91
2.1.4. Lithofazies C ₁	91
2.1.5. Lithofazies C ₂	91
2.1.6. Lithofazies C ₃	92
2.1.7. Lithofazies C ₄	93
2.1.8. Lithofazies C ₅	93
2.2. Lithofaziesbeziehungen	93
3. Spurenfossilien	93
3.1. Fazielle Folgerungen	95
4. Paläoströmungen	95
5. Granulometrische Untersuchungen	95
6. Diskussion des sedimentären Environments	98
Dank	99
Literatur	99

Zusammenfassung

Die Vöcklaschichten und ihr Übergangsbereich in die hangenden Atzbacher Sande wurden im Gebiet Vöcklamarkt – Attnang-Puchheim (Oberösterreich) faziell untersucht. Allgemein handelt es sich dabei um sandreiche, marine Sedimente des Unteren Ottnangiens (Innviertler Gruppe, Untermiozän).

Die Sedimentstrukturen wurden in zahlreichen Detailprofilen dokumentiert. In Anlehnung an die lithofazielle Gliederung, die P. FAUPL & R. ROETZEL (1987) für die Atzbacher Sande vorgelegt haben, werden auch in den Vöcklaschichten mehrere Lithofaziestypen unterschieden.

Die Hauptmasse der Vöcklaschichten wird den vergleichsweise pelitreichen Lithofaziestypen C₁ bis C₅ zugeordnet. Sie werden hauptsächlich von Linsenschichtung, Flaserschichtung und welliger Wechselschichtung in allen Übergängen aufgebaut. Mit Ausnahme der Lithofazies C₁ weisen sie alle eine sehr hohe Bioturbationsrate auf. Lithofazies C₅ ist sogar durch eine weitgehende Gefügezerstörung aufgrund der intensiven Verwühlung charakterisiert. Lithofazies C₃ zeichnet sich durch das Auftreten zahlreicher, meist steilwandiger Rinnenstrukturen im Dezimeter- bis Meterbereich aus. Für die Lithofaziestypen C kommt ein Ablagerungsraum nahe der Tidenniedrigwasserlinie in Betracht. Für die Lithofazies C₂, C₃, C₄ und C₅ wird die Zuordnung in ein intertidales Milieu diskutiert.

*) Anschrift des Verfassers: Mag. HANS GEORG KRENMAYR, Institut für Geologie der Universität Wien, Universitätsstraße 7/III, A-1010 Wien.

Die Lithofaziestypen B₁ und B₂ bezeichnen die sandreichen, allgemein im Dezimeterbereich gebankten Sedimentanteile mit häufigen Schrägschichtungsstrukturen, erosiven Setgrenzen, mud drapes sowie Pelitklastenbelägen auf den Leebblättern und einer geringeren Bioturbation. Die pelitischen Intervalle sind meist nur wenige Zentimeter mächtig. Als Ablagerungsraum für die Lithofazies B₁ und B₂ werden subtidale Sandfelder mit kleinen Sandwellen und dazwischenliegenden Rippfeldern angenommen.

Die massigen Sande der Lithofazies A₂ wurden nur in einem Aufschluß angetroffen. Sie werden als Sediment großer, longitudinaler Sandbänke in breiten Rinnen gedeutet.

In den Vöcklaschichten ist ein sehr enges Ineinandergreifen der diversen Lithofaziestypen innerhalb einzelner Aufschlüsse zu beobachten.

Der Übergang in die Atzbacher Sande vollzieht sich ungefähr binnen 30 Mächtigkeitsmetern indem die pelitreicheren Lithofaziestypen C immer mehr zurücktreten.

Insgesamt legt die Analyse der Sedimentstrukturen und Lebensspuren sowie der durchgeführten Korngrößen- und Paläoströmungsmessungen, die Annahme eines gezeitenbeeinflussten Flachmeerbereiches, wahrscheinlich sogar teilweise intertidales Milieu, als Ablagerungsraum für die Vöcklaschichten nahe.

Sedimentological Investigations of the Vöckla Beds (Innviertel Group, Ottnangian) in the Molasse Zone of Upper Austria in the Area of the Rivers Vöckla and Ager

Abstract

The facies of the Vöckla Beds and of the transition zone into the overlying Atzbach Sands was investigated in the area between Vöcklamarkt and Attnang-Puchheim (Upper Austria).

Generally these sediments are very sand-rich, marine deposits of Lower Ottnangian age (Innviertel Group, Lower Miocene).

The sedimentary structures were documented in many detailed profiles. Based upon the suggestion of a lithofacial classification of the Atzbach Sands by P. FAUPL & R. ROETZEL (1987), several types of lithofacies are distinguished in the Vöckla Beds.

The main bulk of the sediments is ascribed to the relatively pelitic lithofacies-types C₁ to C₅. They are built up mainly by lenticular bedding, flaser bedding and wavy bedding, with all transitional types. Except lithofacies C₁, they all show a very high rate of bioturbation. Particularly lithofacies C₅ is characterized by nearly complete distortion of the original sedimentary structures, due to very strong bioturbation. Lithofacies C₃ is defined by the existence of numerous channels, some decimeters to meters wide, showing mostly steep walls. For lithofacies C a sedimentary environment close to the middle low-water-line seems very likely. For the lithofacies C₂, C₃, C₄ and C₅ an intertidal environment is discussed.

The lithofacies B denotes the sand-rich parts of the sediment, generally stratified in the decimetre-range and with less intense bioturbation. Cross-stratification, erosive planes and reactivation planes, as well as mud drapes and mud clasts on the foreset laminae are abundant. Most pelitic intervals are only a few centimetres thick. As sedimentary environment for lithofacies B subtidal sandfields, covered by small sandwaves and ripples can be assumed.

The structureless sands of lithofacies A₂ could be observed in only one locality and are interpreted as deposits of large, longitudinal sandbars within broad, subtidal channels.

The Vöckla Beds show a very intimate interfingering of the different lithofacies-types, which can be studied in single outcrops. The transition into the Atzbach Sands occurs within some 30 metres by a systematic decrease of the pelitic lithofacies-types C.

Summing up, the analysis of sedimentary structures and bioturbation, as well as the investigation of the grain-size data and paleocurrent data suggest, that the deposition of the Vöckla Beds took place in a very shallow marine environment with strong tidal influence. Partly even intertidal conditions may have existed.

1. Einleitung

Der oberösterreichisch-salzburgische Anteil des Molassebeckens war während des Unteren Miozäns vom Oberen Eggenburgien bis zum Ottnangien von einem schmalen Meeresbereich erfüllt.

Einen Überblick über die Sedimente dieses Zeitraums in der Molassezone von Oberösterreich und Salzburg gibt Tab. 1, beruhend auf der Gliederung von F. ABERER (1958).

Die marinen Sedimente der Innviertler Gruppe entsprechen dem Unteren und Mittleren Ottnangien. Sie sind vor allem in Oberösterreich, wo auch das Arbeitsgebiet liegt, sehr weit verbreitet.

Ziel dieser Arbeit, die auf einer Diplomarbeit am Institut für Geologie der Universität Wien basiert, ist eine sedimentologische Erfassung und fazielle Interpretation der Vöcklaschichten, die das liegendste Schichtglied der Innviertler Gruppe darstellen. Ihre Mächtigkeit wird von F. ABERER (1958, S. 49) mit 250–280 m angegeben,

wobei allerdings nur der hangende Anteil oberflächlich aufgeschlossen und somit der Bearbeitung zugänglich ist.

Die Vöcklaschichten sind gegen Hangend mit den sandreicheren Atzbacher Sanden durch einen kontinuierlichen Übergang verbunden. Generell handelt es sich bei beiden Schichtgliedern um sehr sandreiche Sedimente mit wechselnden Anteilen von harten, siltig-mergeligen Zwischenlagen.

Das sedimentäre Environment der Atzbacher Sande wird bei P. FAUPL & R. ROETZEL (1987, S. 443 f.) zusammenfassend als „gezeiten-beeinflußter, sandreicher, subtidaler Flachmeerbereich“ beschrieben. Für den Übergangsbereich in die Vöcklaschichten vermuten diese Autoren bereits eine große Nähe zur Tidenniedrigwasserlinie, eventuell sogar intertidales Milieu.

Die Vöcklaschichten und Atzbacher Sande bauen gemeinsam mit dem wesentlich pelitreicheren, zuoberst liegenden Ottnanger Schlier den Robulusschlier s.l. auf, der gegen W mit dem mittleren Anteil der Sand-

Tabelle 1.
Stratigraphische Tabelle der Schichtfolge des Oberen Eggenburgiens und des Ottnangiens der Molassezone von Oberösterreich und Salzburg (aus P. FAUPL & R. ROETZEL, 1987, S. 419).
Die Mächtigkeiten wurden entsprechend den Angaben von F. ABERER (1958) ergänzt.

		MOLASSEZONE IN OBERÖSTERREICH UND SALZBURG			
		SW- und W-Teil	Zentraler Teil	N-Teil	E-Teil
O T T N A N G I E N	OBER	ONCOPHORASCHICHTEN	ONCOPHORASCHICHTEN 15-20m		
	MITTEL	S A N D - S C H O T T E R G R U P P E	TREUBACHER SANDE 20-30m BRAUNAUER SCHLIER 30-40m MEHRNBACHER SANDE 60-80m RIEDER SCHICHTEN (ROTALIENSCHLIER) 60-80m	GLAUKONITISCHE SERIE	
	UNTER		OTTNANGER SCHLIER 80-100m ATZBACHER SANDE 60-80m VÖCKLASCHICHTEN 250-280m	ROBULUSSCHLIER S.L.	ROBULUSSCHLIER S.L. + ENZENKIRCHNER SANDE + PHOSPHORITSANDE - FOSSILREICHE GROBSANDE
EGGENBG.		HALLER FORMATION 560-830m			HALLER FORMATION

Schottergruppe verzahnt ist. Diese wird paläogeographisch als Fan-Delta einer Ursalzach betrachtet (F. TRAUB, 1948; F. ABERER & E. BRAUMÜLLER, 1949; J. HERBST, 1985; P. FAUPL & R. ROETZEL, 1987), das auch der Haupteinspeisungspunkt für das Sedimentmaterial im übrigen Becken gewesen sein dürfte.

Gegen E und NE ist nur die Fortsetzung der Vöcklaschichten als dem liegendsten Anteil des Robulusschliers s.l. erhalten. Nach den Angaben von F. ABERER (1958, S. 56) gehen diese in E Richtung ab Kremsmünster, in NE Richtung schon ab Attnang-Puchheim – Schwannstadt kontinuierlich in den auch mikropaläontologisch definierten Robulusschlier s.str. über. Nach N zu geht aus allen drei Schichtgliedern des Robulusschliers s.l. der einheitliche Robulusschlier s.str. hervor. Dieser wird von F. ABERER (1958, S. 49) als „grauer, glimriger, gut geschichteter Tonmergel mit dünnen Feinsandlagen und -bestegen“ charakterisiert. Diese Beschreibung spricht für eine größere Wassertiefe, als sie für die Vöcklaschichten und Atzbacher Sande angenommen wird.

Bezüglich der räumlichen Beziehungen von Vöcklaschichten, Atzbacher Sanden und Ottnanger Schlier gibt es noch viele Unklarheiten. Sicher aber sind die

drei Einheiten regional, und zum Teil sogar lokal betrachtet über bedeutende Höhendifferenzen miteinander verzahnt.

Im Liegenden der Vöcklaschichten folgt konkordant die Haller Formation des Eggenburgiens. Die Grenze zwischen beiden Einheiten ist weder lithologisch noch paläontologisch fixiert. F. ABERER (1958, S. 45) beschreibt den „Haller Schlier“ als „mergelige Beckenfazies“ mit „grünlichgrauen, feinsandig-glimmerigen, unruhig geschichteten Tonmergeln mit zahlreichen dünnen, feinkörnigen Sanden sowie harten Kalksandsteinlagen und -linsen.“

Eine Beschreibung der übrigen in Tab. 1 angeführten Schichtglieder sowie weitere Hinweise zur regionalen Geologie der Molassezone finden sich in der Arbeit von P. FAUPL & R. ROETZEL (1987, S. 416ff.).

Geologisch gesehen liegt das Arbeitsgebiet zur Gänze im Bereich der ungestörten Molasse, rund 5 km von der Flyschüberschiebungslinie entfernt, ist also von tektonischen Bewegungen nicht oder fast nicht mehr betroffen. F. ABERER (1958, S. 50) spricht von einer „deutlichen, etwa 2-3° gegen NNW fallenden Schichtung“, die tektonisch bedingt und an den festen Tonmergellagen in den großen Aufschlüssen zu erkennen

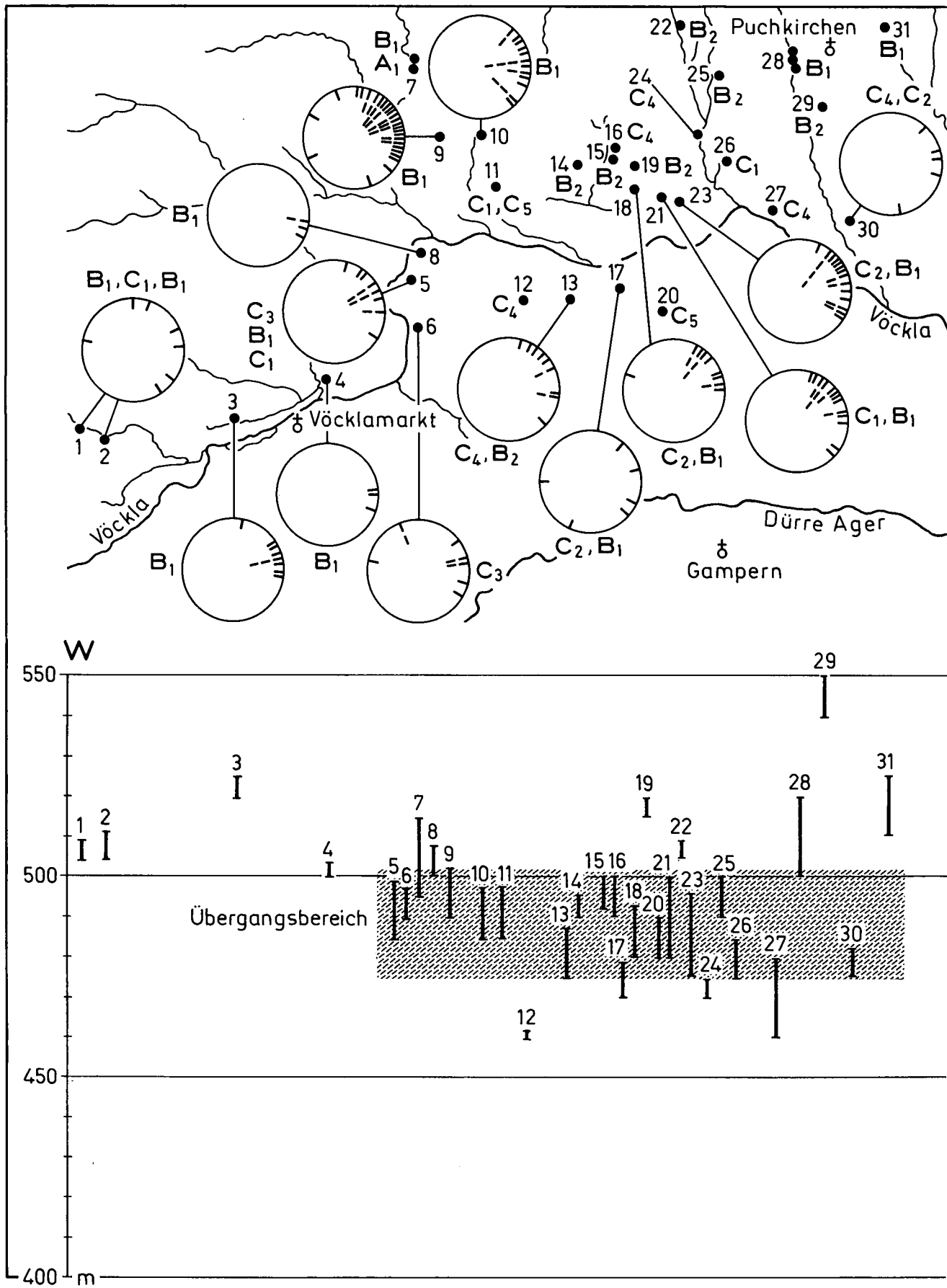
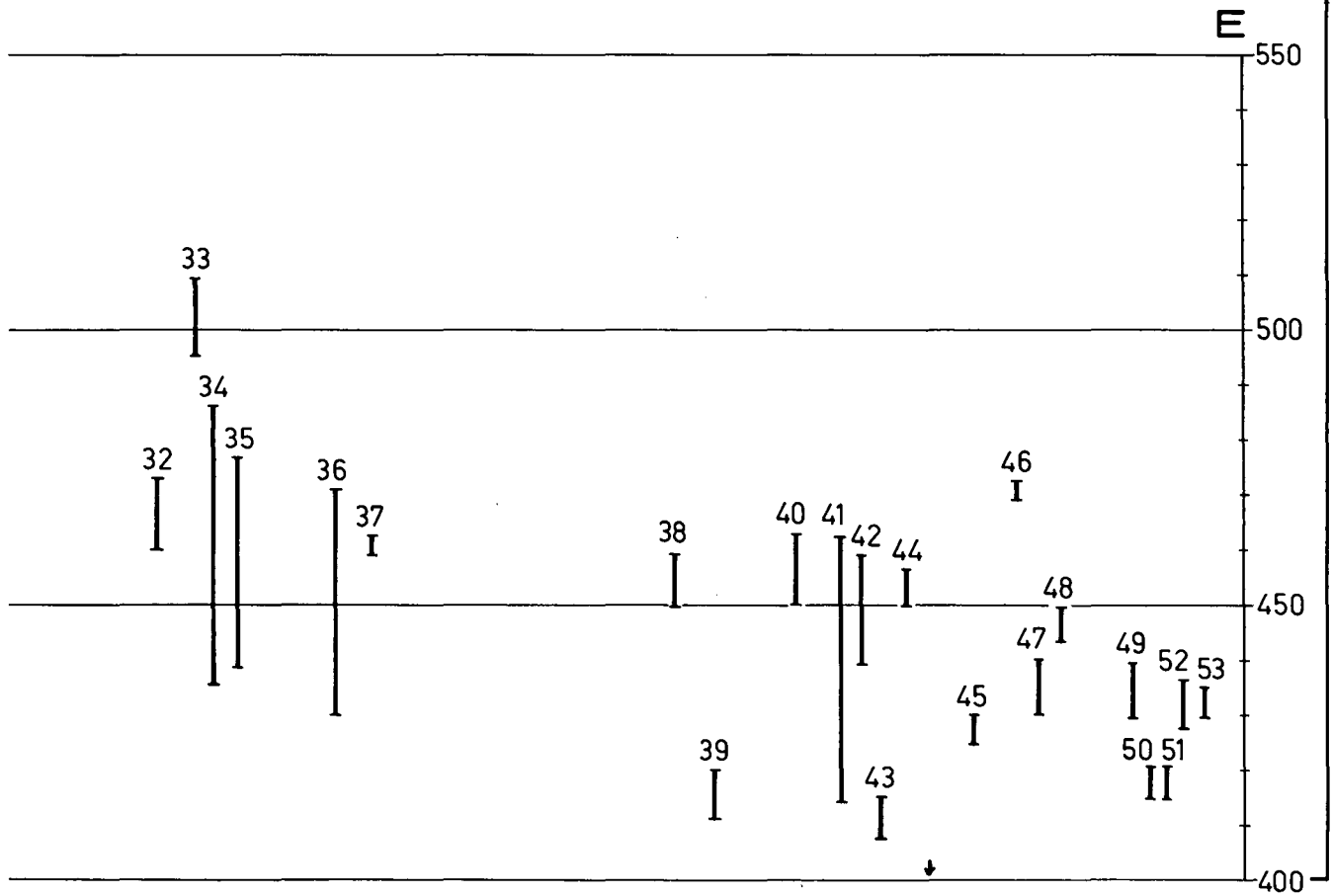
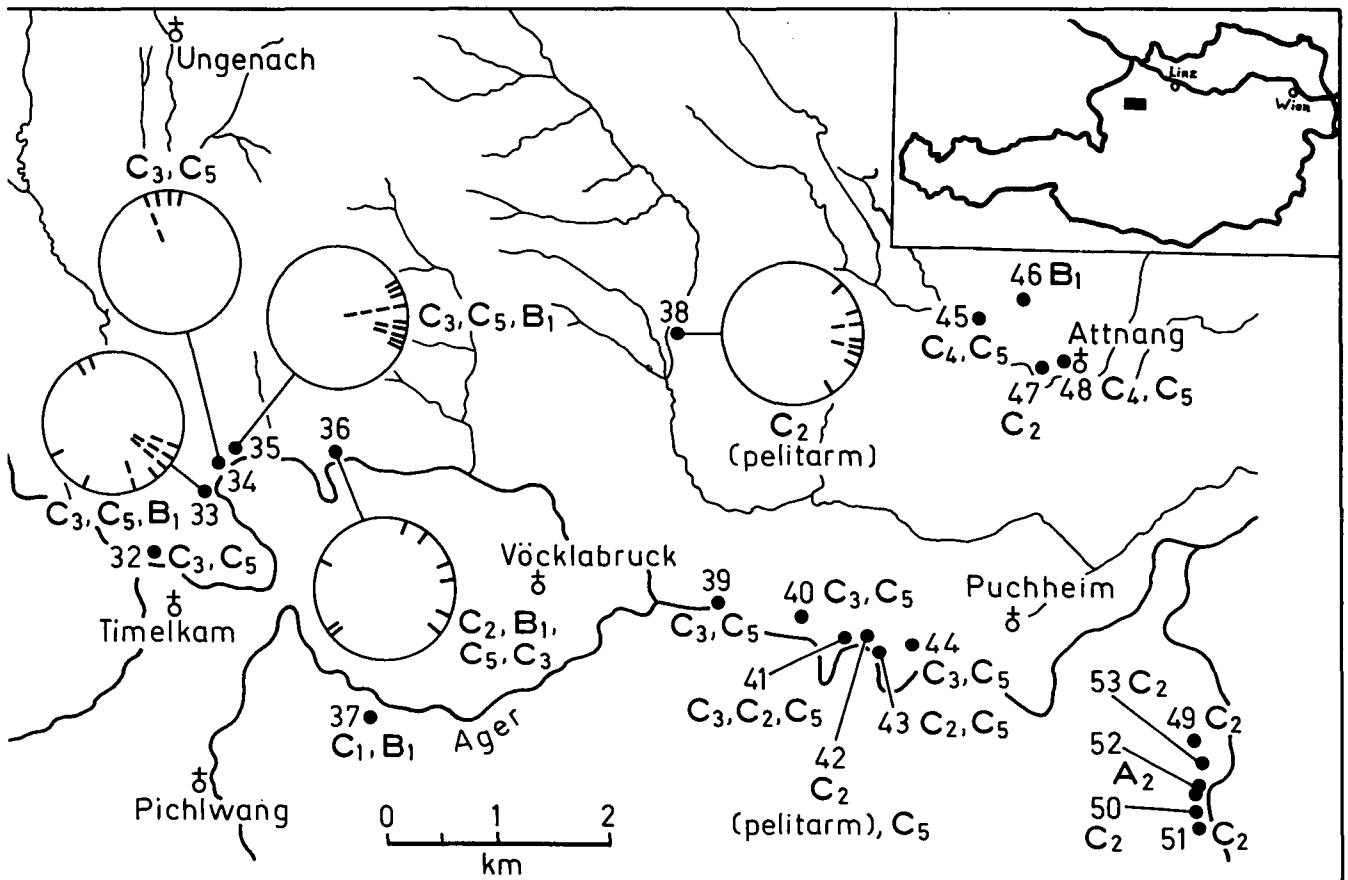


Abb. 1. Geographische Lage der bearbeiteten Aufschlüsse, ihre Einordnung in das Lithofaziesschema (vgl. Tab. 2) und die zugehörigen Paläoströmungsdiagramme (oben) sowie die Höhenverteilung der Aufschlüsse (unten; Projektion auf einen W-E-Schnitt).



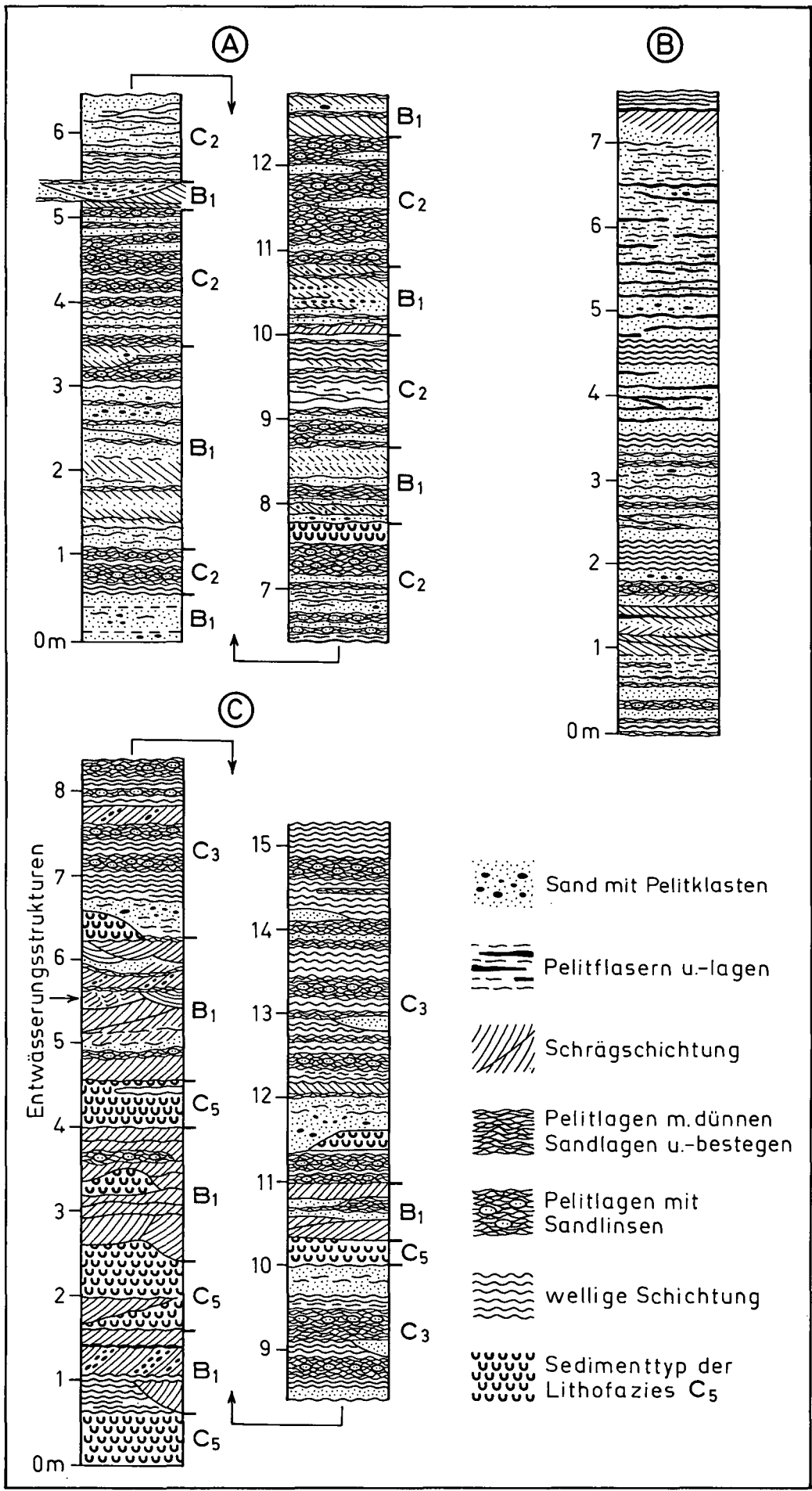


Abb. 2.
Detailprofile.
 A) Lithofazies B₁ und C₂ sind am Sedimentaufbau in mehrfachem Wechsel beteiligt. Neben tafel- und keilförmigen Schrägschichtungssets treten auch ab und zu kleine Rinnen auf, z.B. bei 3,2 m und 5,2 m (vgl. Abb. 4). Aufschluß Nr. 19.
 B) Lithofazies C₁ in Übergängen zu B₁: Einschaltung schräggeschichteter und strukturloser Sandpakete (zum Beispiel bei 1 m und 4 m) in die Linsen-Flaser- und wellige Schichtung der Lithofazies C₁. Die Bioturbation beschränkt sich in diesem Aufschluß auf einzelne, fingerdicke Grabgänge. Aufschluß Nr. 2.
 C) Beteiligt sind die Lithofaziestypen C₃, B₁ sowie C₅. Lithofazies C₅ tritt öfters an den Rinnenrändern, zum Teil nurmehr als Erosionsrelikt innerhalb der schräggeschichteten Sande auf (z.B. bei 1,5–3,5 m). Im Bereich einer B₁-Einschaltung (von 4,6–6,3 m) gibt es Entwässerungsstrukturen. Aufschluß Nr. 33.

sei; diese Beobachtung konnte nicht nachvollzogen werden.

Geographisch liegt der Bereich der bearbeiteten Aufschlüsse in der oberösterreichischen Molassezone im Gebiet der Ager und der Vöckla (Abb. 1). In den Prallhängen dieser Flüsse befinden sich auch einige natürliche Großaufschlüsse, die die sedimentologische Bearbeitung besonders reizvoll gestalten. Fast alle übrigen Aufschlüsse finden sich in sogenannten „Rötzgruben“, aus denen die Bauern das im Volksmund als „Schliersand“ bezeichnete Material in riesigen Mengen auf die Felder führten, bis der Kunstdünger diese Art der Bodenverbesserung verdrängte. Der Sand wirkte dabei bodenlockernd auf die meist schweren, lehmigen Böden des Gebietes, während die mergeligen Zwischenlagen als Kalkdünger dienten.

2. Lithofazielle Gliederung der Vöcklaschichten und ihres Übergangsbereiches in die Atzbacher Sande

Die geographische Lage der Aufschlüsse (Nr. 1–53) und ihre lithofazielle Einstufung ist Abb. 1 zu entnehmen.

Ausschlaggebend für verschiedene Schlußfolgerungen ist auch die Höhenverteilung der Aufschlüsse, die ebenfalls aus Abb. 1 ersichtlich ist.

In 17 der insgesamt 45 neubearbeiteten Aufschlüsse wurden detaillierte Profile, vor allem der Sedimentstrukturen und der bioturbaten Gefüge, im Maßstab 1 : 40 aufgenommen.

In die lithofazielle Gliederung, die P. FAUPL & R. ROETZEL (1987, S. 420ff.) für die Atzbacher Sande und Enzenkirchner Sande vorgelegt haben (Tab. 2) und in der auch einige Aufschlüsse aus dem Übergangsbereich in die Vöcklaschichten erfaßt sind, lassen sich auch die hier neubearbeiteten Aufschlüsse weitgehend einordnen.

Zuordnungen mancher Aufschlüsse des Übergangsbereiches zu den diversen Lithofaziestypen, die schon von den oben genannten Autoren vorgenommen wur-

den, konnten in dieser Arbeit großteils übernommen werden.

Zusätzlich zu dieser bestehenden lithofaziellen Gliederung wird, zwecks vollständiger Erfassung der Vöcklaschichten ein weiterer Lithofaziestyp „C₅“ vorgeschlagen.

Ausgenommen A₂ tritt Lithofazies A nicht in den neu untersuchten Aufschlüssen auf.

Die übrigen Lithofaziestypen, mit Ausnahme von Lithofazies C₅, sind bei P. FAUPL & R. ROETZEL (1987) detailliert beschrieben, weshalb hier, zusätzlich zu Tab. 2, nur einige ergänzende Hinweise und eine Dokumentation für den neubearbeiteten Bereich folgen soll. Lithofazies C₅ wird im Anschluß daran neu beschrieben.

Allgemein sei darauf hingewiesen, daß eine Gliederung in Lithofaziestypen, wie sie hier vorliegt, zwangsläufig recht schematischen Charakter hat und in der Natur auch zahlreiche Zwischentypen auftreten.

2.1. Lithofaziestypen

2.1.1. Lithofazies A₂

Diese Lithofazies tritt im neubearbeiteten Gebiet nur einmal in einem Doppelaufschluß im Aurachtal (Nr. 52) auf und entspricht in allen Details der Beschreibung von P. FAUPL & R. ROETZEL (1987, S. 422ff.; Tab. 2).

Zusätzlich konnte im Aufschluß Nr. 52 an einer Stelle die Durchschlagung einer eben laminierten Partie durch eine Entwässerungsstruktur beobachtet werden.

An einer anderen Stelle wird das sonst massige Sediment von einer etwa 1 m tiefen und 7 m breiten Rinne unterbrochen, deren erosive Basis von einer hellen, konkretionären Sandlage von 2–3 cm Dicke nachgezeichnet wird.

Eine weitere Besonderheit in diesem Aufschluß sind die zahlreichen Konkretionen, sehr unterschiedlicher Form und Größe, die Teile der Aufschlußwand bedecken.

2.1.2. Lithofazies B₁

Diese Lithofazies wurde in zahlreichen Aufschlüssen, vor allem des Übergangsbereiches zwischen Atzbacher Sanden und Vöcklaschichten, aber auch innerhalb der

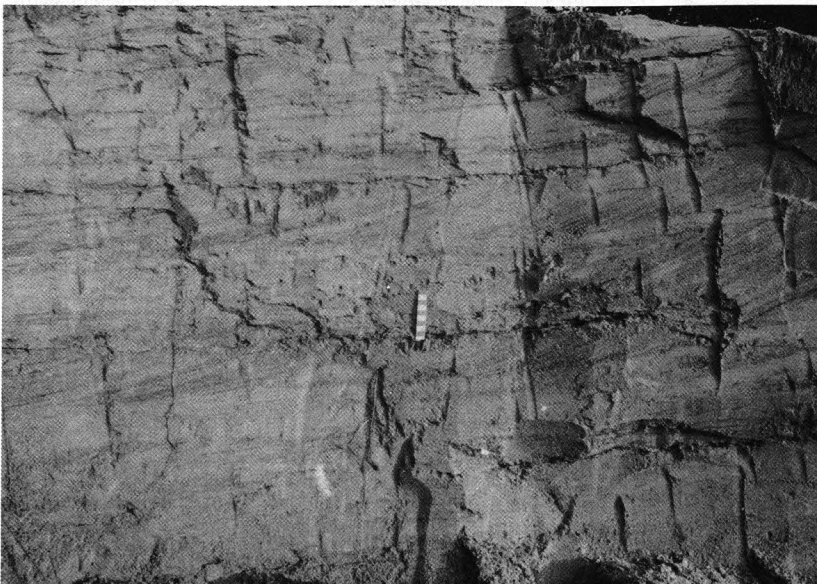


Abb. 3.

Lithofazies B₁.

Zahlreiche 10–15 cm dicke Schrägschichtungssets, tafel- bis flach keilförmig, mit tangentialen Schrägschichtungsblättern und Zentimeter-dicken, pelitischen Zwischenlagen, die lateral in Rippelschichtung übergehen (im Bild nicht mehr zu sehen). Rechts neben dem Maßstab (10 cm Länge) befinden sich einige Pelitklasten. Die optische Markierung der Leebblätter erfolgt durch dunkle Glaukonitkörnchen und unterschiedliche Oxidationsfarben.

Aufschluß Nr.19.

Letzteren, in enger Verbindung mit Lithofazies C, angetroffen. Die von P. FAUPL & R. ROETZEL (1987, S. 425ff.) gegebene Beschreibung konnte sehr gut nachvollzogen werden.

Die Bioturbationsrate dieser Lithofazies ist zwar allgemein gering, bei den häufig auftretenden strukturlosen Sandpaketen, zwischen den Schrägschichtungssets, erhebt sich aber der Verdacht, diese könnten durch in-

Tabelle 2.
Die Merkmale der Lithofaziestypen der Atzbacher Sande und der Vöcklaschichten sowie deren Faziesinterpretation. Übernommen aus P. FAUPL & R. ROETZEL (1987, S. 421), mit eigenen Ergänzungen (kursive Schrift).

Lithofazies	Typaufschluß	Lithologie Texturelle Merkmale	Schichtung Sedimentäre Strukturen	Bioturbation	Fazies- Interpretation
A ₁	GASPOLTSHOFEN	Mittelsand, Fein- bis Grobkies, Pelitklasten (Mergel).	Überwiegend massig. Vereinzelt undeutlich entwickelte grobe Schrägschichtung mit Pelitklasten auf den Leebältern. Breite Rinnenstrukturen (mit Pelitklasten als channel-lag).	Keine.	Subtidale Rinnensedimente.
A ₂	HASLAU	Mittelsande, tw. grobsandig, vereinzelt Pelitklasten, Reichtum an Pflanzenhäcksel in eben laminierten Partien.	Massige, flachwellige Sandbänke im Zehnermeterbereich. Gegliedert durch eben laminierte Partien (upper plane bed) mit intensivem Pflanzenhäckselbelag.	Vereinzelt.	Subtidale (?)longitudinale Sandbänke.
A ₃	OTTNANG-FISCHER	Mittel- bis Feinsande, cm- bis mm-dünne Mergellagen, Pelitklasten.	Tafel- und keilförmige Schrägschichtung mit Set-Dicken von 30–70 cm. Bottomset pelitreich mit Rippelschichten. Mud drapes und Pelitklasten auf den Leebältern. Reaktivationsflächen. Kreuzschichtung selten. Auflastmarken selten.	Vereinzelt.	Subtidale Sandwellen mit interner Bündelstruktur. Klasse III–IV nach dem Modell von ALLEN (1980). 2D-Typ nach TERWINDT & BROUWER (1986). Geschwindigkeit der vorherrschenden Gezeitenströmung um 0,50 m/sec.
A ₄	HASLAU-NEUE WELT	Kiesige Mittel- und Grobsande, tw. Feinsande, dünne sandige Siltlagen, Pelitklasten, gut gerundete Holzreste, Molluskenbruchstücke.	Tafel- und keilförmige Schrägschichtung mit Set-Dicken von 10–25 cm. Mud drapes, Pelitklasten und Holzreste auf Leebältern. Rutschungs- und Entwässerungsstrukturen.	Zahlreich nur auf Pelitzwischenlagen (Kriechspuren).	
A ₅	SEIFRIEDEDT (Abschnitt III)	Pelitklasten (5–15 cm) in sandiger Matrix. Clast-supported. Hinweis auf a-Achsenimbrikation.	Ungeschichtet. Deutlich erosive Grenzen gegenüber der Sandfazies.	Keine.	Pelitklastengefüllte Rinnen, wahrscheinlich Sturmflutbildungen.
B ₁	ROITH	Fein- bis Mittelsande. Pelitlagen (cm- bis dm-Bereich), Pelitklasten.	Tafelförmige und flach keilförmige Schrägschichtung mit Setdicken von 5–30 cm. Selten trogförmige Schrägschichtung. Mud drapes und Pelitklasten auf den Leebältern. Häufig Rippelschichtung (Wellenrippe und kombinierte Rippe). Selten kleine Rinnen. Entwässerungsstrukturen, gestörte Schichtung.	Gering, Stopfgefüge von Seeigeln.	Subtidale Sandfelder mit kleinen Sandwellen und Rippein.
B ₂	KOGL	Fein- bis Mittelsande, Pelitlagen wie in B ₁ sehr selten.	Tafelförmige und flach keilförmige Schrägschichtung mit Setdicken von 10–30 cm. Rippelschichtung. Kreuzschichtung selten.	Gering.	
C ₁	SEIFRIEDEDT (Abschnitt II)	Feinsand in intensiver Wechsellagerung mit siltigen Mergeln im cm-Bereich.	Wellige Schichtung. Linsenschichtung (tw. bipolare Internstrukturen in Linsen), Flaserschichtung in Sandlagen (Täler von Strömungs- und Wellenrippeln). Auflastmarken.	Sehr selten.	Subtidale, sandarme Fazies, abgelagert zwischen den Sandwellenfeldern.
C ₂	KASBERG	Feinsande und feinsandige Mittelsande in intensiver Wechsellagerung mit siltigen Mergeln im dm-Bereich.	Wellige Schichtung, Linsenschichtung, Flaserschichtung in Sandlagen (Täler von Wellen- und Strömungsrippeln). Schrägschichtung mit mud drapes selten. Kreuzschichtung sehr selten. Ebene Lamination in Sandlagen sehr selten.	Sehr intensiv, besonders in Sanden. Auslöschung des sedimentären Gefüges.	Sandarme Ablagerungen nahe der Niedrigwasserlinie.
C ₃	TIMELKAM	Fein- und Mittelsand. In intensiver Wechsellagerung mit siltigen Mergeln im cm- bis dm-Bereich. Sande in Rinnen (0,4 – 1,5 m) mächtig.	Linsenschichtung, Flaserschichtung in Sandhorizontenb (4–5 m, vereinzelt >12 m breit). Intern trog- und tafelförmige Schrägschichtung. Mud drapes und Pelitklasten auf Leebältern.	Sehr intensiv.	Ablagerungen des (?)Intertidals bis seichten Subtidals. Prielsysteme.
C ₄	OBERTHUMBERG	Sandige Silte mit Fein- und Mittelsandbestegen. Wechsel im cm- bis dm-Bereich. Pflanzenhäcksel, Molluskenbruchstücke.	Ebenflächige und wellige Schichtung. Linsenschichtung.	Intensiv.	Ablagerungen des (?)Intertidals bis flachen Subtidals zwischen den Prielsystemen.
C ₅	PÖRING (Aufschluß Nr. 37)	Teilweise massiger, siltig-mergeliger Fein- und Mittelsand.	Schichtung grobteils durch intensive Bioturbation zertört. Reste von Pelitlagen und -flasern, selten diffuse Sandlinsen.	Sehr intensiv (gefügeauflösend).	Ablagerungen des (?)Intertidals bis seichten Subtidals, häufig an Rinnenrändern gelegen.

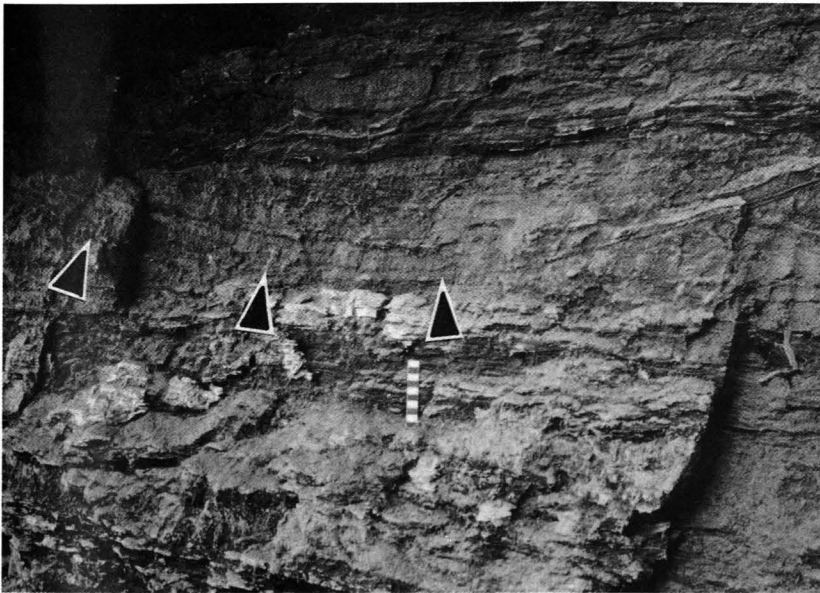


Abb. 4.
Lithofazies B₁ und C₂.
Kleine Rinne, 2 m breit, 20 cm tief in einer sandreichen B₁ Einschaltung. Hangend und liegend davon pelitreiches Sediment der Lithofazies C₂. Vgl. die schematische Darstellung dieser Rinne im Profil Abb. 2 A, bei 5,2 m. Die Rinnenbasis ist deutlich erosiv und pelitisch ausgekleidet; auch in der sandigen Rinnenfüllung finden sich noch pelitische Lagen sowie Pelitklasten. Aufschluß Nr. 19. Länge des Maßstabs: 10 cm.

tensive Bioturbation strukturlos geworden sein. Zur Dokumentation des häufigen gemeinsamen Auftretens von Lithofazies B₁ mit Lithofazies C ist in Abb. 2A ein typisches Detailprofil von Aufschluß Nr. 19 wiedergegeben.

Das idealtypische Erscheinungsbild der Lithofazies B₁ zeigt Abb. 3.

Ein Beispiel für das Auftreten kleiner Rinnen gibt Abb. 4. Der interne Aufbau der pelitischen Intervalle ist in Kap. 2.1.5. näher beschrieben.

Besonders mächtige Schrägschichtungssets, bis maximal 60 cm, in deren Zusammenhang auch häufig Entwässerungsstrukturen anzutreffen sind, konnten vor allem im Bereich der Aufschlüsse Nr. 33 und 35 beobachtet werden.

2.1.3. Lithofazies B₂

Die texturellen und strukturellen Merkmale dieser Lithofazies sind Tab. 2 zu entnehmen.

In den neu aufgenommenen Aufschlüssen wurde diese Lithofazies nur einmal, bei Aufschluß Nr. 13, SE Zeilung ausgeschieden, wo sie als 3 m mächtige, auffallend pelitarme Einschaltung schräggeschichteter Sande, in Verbindung mit Lithofazies C₄, auftritt.

2.1.4. Lithofazies C₁

Sie ist vor allem durch das seltene Auftreten von Bioturbation charakterisiert und gegen Lithofazies C₂ abgegrenzt. Allerdings hängt die Erkennbarkeit der Verwühlungsdichte stark von der Aufschlußqualität ab, sodaß die Diagnose nicht immer eindeutig ist.

Durch die häufig enge Verzahnung mit Lithofazies B kommt es zu Einschaltungen schräggeschichteter und strukturloser Sandpakete in die Linsen- Flaser- und wellige Schichtung der Lithofazies C₁. Ein Beispiel dafür gibt das Profil von Aufschluß Nr. 2 in Abb. 2 B.

Der interne Aufbau der pelitischen Intervalle ist in Kap. 2.1.5. näher beschrieben.

2.1.5. Lithofazies C₂

Die texturellen und strukturellen Merkmale dieser Lithofazies sind Tab. 2 zu entnehmen.

Sie unterscheidet sich von Lithofazies C₁ vor allem durch die intensive Verwühlung und von Lithofazies C₃ durch das Fehlen von Rinnen.

Der Hinweis auf die Beteiligung von schräggeschichteten Sanden am Sedimentaufbau der Lithofazies C₂

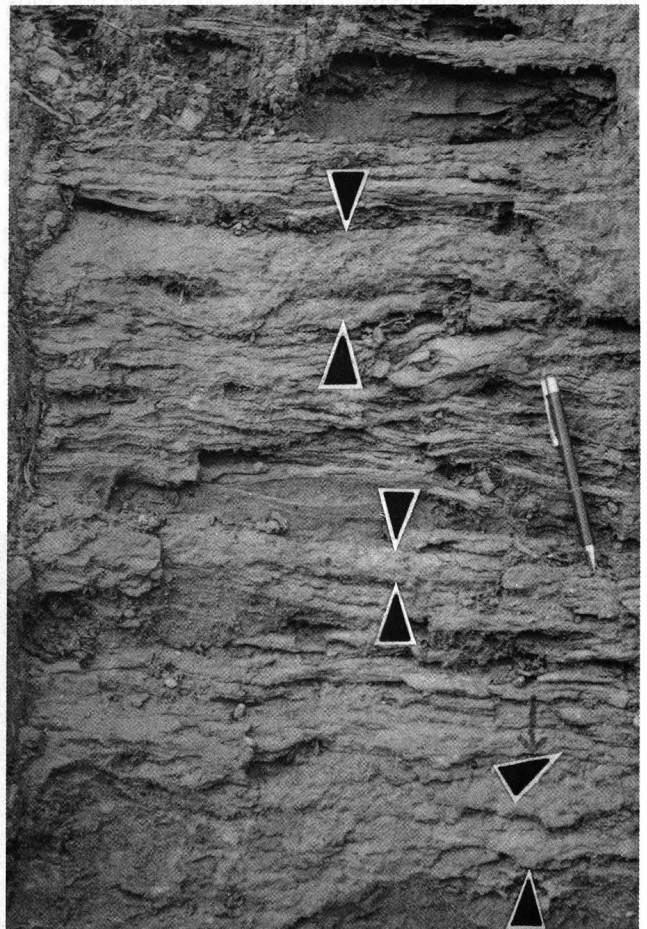


Abb. 5.
Lithofazies C₂.
Linsenschichtung und Pelithorizonte mit Millimeter-dünnen internen Sandlagen und feinsten Sandbestegen. Zwischen den Pfeilen befinden sich auch Lagen eines sandig-siltigen Sediments, das durch die intensive Bioturbation weitgehend homogenisiert ist. Länge des Schreibstiftes: 13,5 cm.

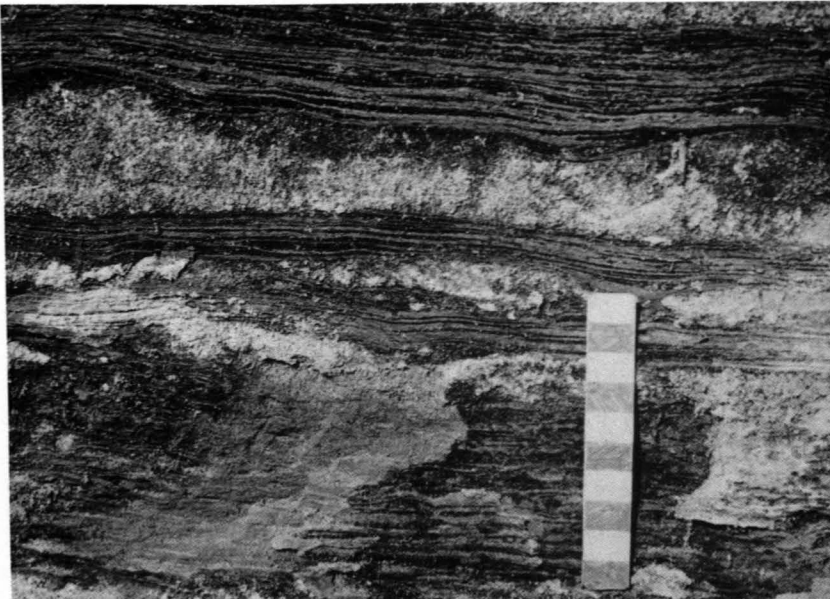


Abb. 6.
Internbau eines Pelithorizontes der Lithofazies C.
Wechselfolge von Millimeter-dünnen, unregelmäßig-
welligen Pelitlagen mit ebenso dünnen Sandlagen und
-linsen bzw. Sandbestegen. Nähere Beschreibung im
Text.
Aufschluß Nr. 19. Länge des Maßstabs: 10 cm.

bei ihrer Definition (Tab. 2), zeigt bereits ein Naheverhältnis zu Lithofazies B an. In mehreren Aufschlüssen treten sie daher auch gemeinsam auf. Das Detailprofil von Aufschluß Nr. 19, Abb. 2 A, ist ein Beispiel dafür.

Die hohe Bioturbationsrate drückt sich nicht nur in der großen Verwühlungsdichte der Sandlagen und -linsen, zum Teil auch der pelitischen Intervalle aus, sondern auch durch das häufige Auftreten von Zentimeter- bis Dezimeter-dicken Lagen eines sandig-siltigen Sediments, das durch die intensive Bioturbation weitgehend homogenisiert ist (Abb. 5). Dieser Sedimenttyp bildet auch eigenständige, oft sogar massige Bereiche und kann dann als eigene Lithofazies C₅ abgetrennt werden (s. Kap. 2.1.8.).

Die pelitischen Abschnitte zeigen einen komplizierten Internbau (Abb. 6), wie er auch in den pelitischen Horizonten der übrigen Lithofaziestypen zu finden ist: Millimeter-dünne, unregelmäßig-wellige Pelitlagen (sandig-siltige Mergel), wechseln mit ebenso geringmächtigen Sandlagen und -bestegen bzw. langgezogenen feinen Sandlinsen. Die einzelnen Pelitlagen zeigen ein deutliches An- und Abschwellen; sie erreichen dabei maximal 2 cm Dicke, wobei sie unter Einschaltung feiner

Sandlagen lateral rasch auffächern können. Von Interesse ist weiters die Beobachtung, daß auch die siltig-mergeligen Lagen einen Sandanteil in Form eingestreuter Körnchen besitzen („scattered sandgrains“), der in der Größenordnung von einigen Prozent liegt. F. WUNDERLICH (1969) erklärt dies damit, daß diese Sandkörner mit organischen Substanzen geringer Dichte verhaftet waren und so in Suspension gehalten wurden, bis sie, während einer Wasserstillstandsperiode, gemeinsam mit dem pelitischen Material, abgesetzt wurden.

Die Aufschlüsse Nr. 38 & 42 wurden mit dem Zusatz „pelitarm“ ebenfalls der Lithofazies C₂ zugeordnet, weil sie, abgesehen vom Sand-Pelit-Verhältnis, in allen Kriterien diesem Typ entsprechen. Vor allem die Bioturbation ist überaus dicht (Abb. 7).

2.1.6. Lithofazies C₃

Sie unterscheidet sich von Lithofazies C₂ durch das Auftreten von Rinnenstrukturen mit interner tafel- bis trogförmiger Schrägschichtung (Tab. 2).

Abb. 7.

Relativ pelitarme Entwicklung der Lithofazies C₂.
Die meist linsengeschichteten, pelitischen Horizonte zwischen den wenige Dezimeter-mächtigen, oft flaser-geschichteten Sandpaketen, sind gut zu erkennen. Die Bioturbationsrate ist überaus hoch.
Aufschluß Nr. 38.



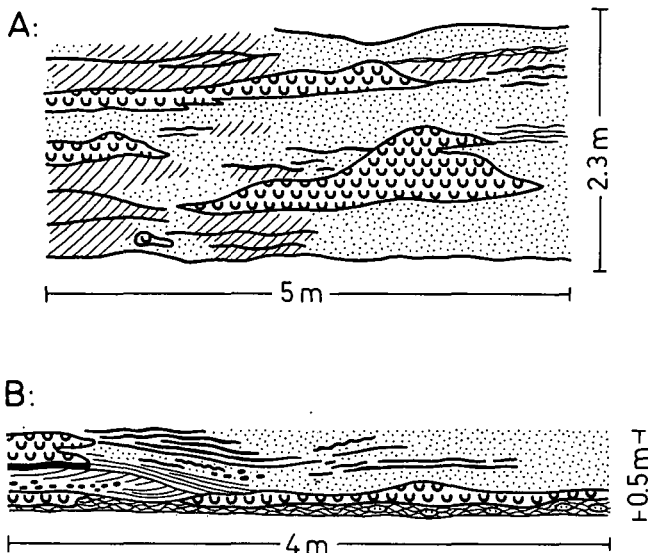


Abb. 8.
 Detailskizzen aus Aufschluß Nr. 33.
 A) Erosionsrelikte der Lithofazies C₅ „schwimmen“ in den Sandpaketen der Rinnenfüllungen, in denen zum Teil noch Schrägschichtung erkennbar ist.
 B) Lithofazies C₃: Im linken oberen Eck der Skizze liegt eine Prallhangsituation in einer wahrscheinlich mäandrierenden Rinne vor. Der kompakte Pelithorizont und das darüberliegende Sedimentpaket des Typs der Lithofazies C₅ sind scharfrandig erodiert und sogar richtiggehend unterhöhlt. Die Sandlaminae und Pelitlagen der Rinnenfüllung setzen an diesem Erosionsrand an.

Legende s. Abb. 2.

Am Aufbau des Detailprofils von Aufschluß Nr. 33, Abb. 2 C, sind, neben der typisch entwickelten Lithofazies C₃, auch die Lithofaziestypen B₁ und C₅ beteiligt (s. auch Abb. 8 A).

Da die Rinnenstrukturen große Bedeutung für die Interpretation der gesamten Fazies besitzen, soll mit Abb. 8 B ein besonders eindrucksvoll ausgebildeter Rinnenrand dokumentiert werden.

2.1.7. Lithofazies C₄

Sie ist geprägt von welliger Schichtung und Linsenschichtung, in enger Wechsellagerung im Zentimeterbereich mit dem Sediment der Lithofazies C₅, zu der es fließende Übergänge gibt. Die Bioturbationsrate ist dementsprechend hoch (s. Tab. 2).

Die Typlokalität bei Oberthumberg (Aufschluß Nr. 27 in Abb. 1a; vgl. P. FAUPL & R. ROETZEL, 1987, S. 431) ist gleichzeitig das mächtigste, geschlossene Vorkommen.

2.1.8. Lithofazies C₅

Entscheidendes Merkmal dieser Lithofazies ist die zumindest teilweise, abschnittsweise sogar vollständige Zerstörung der sedimentären Strukturen durch die intensive Bioturbation. Dementsprechend ist das Erscheinungsbild entweder massig oder die Schichtung ist noch undeutlich wahrzunehmen. So entsteht auch korngößenmäßig ein Gemisch aus den ursprünglich getrennt abgelagerten; pelitreichen Lagen der Wasserstillstandsphasen und den sandreichen Sedimenten der Bewegtwasserphasen. Nicht unerwartet ist daher auch der hohe Anteil von Pellets am Sedimentaufbau, in denen alle vorhandenen Korngößen zu kugeligen Aggregaten verbacken sind.

Ist die Gefügeauflösung nicht vollständig, so finden sich noch einzelne, oft unterbrochene Pelitlagen oder

undeutliche, randlich diffus begrenzte Sandlinsen und -lagen.

Häufig bildet dieser Sedimenttyp nur Zentimeter- bis Dezimeter-dünne Lagen (vgl. Kap. 2.1.5. und 2.1.7., bes. Abb. 5), da es aber auch mehrere Meter mächtige Abschnitte gibt, die ausschließlich von diesem Sedimenttyp aufgebaut werden, erscheint eine Abgrenzung als eigene Lithofazies sinnvoll. In Aufschluß Nr. 35 z.B., gibt es einen 9 m mächtigen, vollkommen massigen Abschnitt der Lithofazies C₅.

2.2. Lithofaziesbeziehungen

Eine systematische, vertikale Abfolge der Lithofaziestypen innerhalb der Vöcklaschichten konnte nicht erkannt werden. Während in den Atzbacher Sanden im allgemeinen ein einziger Lithofaziestyp zur Charakterisierung selbst größerer Aufschlüsse ausreicht, ist in den Vöcklaschichten ein sehr kleinräumiges Ineinandergreifen der diversen Lithofaziestypen zu beobachten (s. Abb. 2).

Der Übergang in die Atzbacher Sande erfolgt, indem die sandreichen Lithofaziestypen B₁ und B₂ zunehmend die Oberhand im Sedimentaufbau gewinnen, während die Lithofaziestypen C, die die Vöcklaschichten großteils aufbauen, immer mehr zurücktreten. Dieser Übergangsbereich ist in Abb. 1 als schraffierte Fläche dargestellt.

Bewegt man sich vom Hangenden ins Liegende so kann die Obergrenze des Übergangsbereiches mit dem Einsetzen der Lithofazies C₅ definiert werden, für die Untergrenze kann als Kriterium das weitgehende Ausbleiben der Lithofazies B herangezogen werden. Lokal vollzieht sich dieser Übergang ca. binnen 30 Mächtigkeitsmetern, regional gesehen umfaßt der Übergangsbereich aber eine viel größere Höhendifferenz: so konnte der Lithofaziestyp A₂, der im Gebiet N der Linie Zipf-Puchkirchen erstmals ab ca. 500 m Seehöhe im Hangendbereich der Atzbacher Sande auftritt, rund 20 km SE davon, im Aurachtal, nahe Hattenberg (Aufschluß Nr. 52), bereits in 430 m Seehöhe, und zwar in unmittelbarer Nachbarschaft zu Lithofazies C₂, nachgewiesen werden. Offensichtlich ist hier eine breite Rinne (mindestens 40 m) angeschnitten, die erosiv tief ins umgebende Sediment der Lithofazies C₂ eingreift und mit massigen Sanden verfüllt ist.

F. ABERER (1958, S. 49) gibt an, daß die „Vöcklaschichten“ von Vöcklamarkt gegen E zunehmend feinkörniger werden. Da man aber in dieser Richtung, soferne man dem Vöcklatal folgt, gleichzeitig ins Liegende fortschreitet (vgl. Abb. 1), stimmt diese Feststellung nur bedingt. Vergleicht man nämlich Sedimente gleicher Höhenlage im W und E des Gebietes, so ändert sich der Feinkornanteil nicht. Daher sollten die Sedimente bei Vöcklamarkt auch besser zu den Atzbacher Sanden bzw. zum Übergangsbereich in die Vöcklaschichten gerechnet werden, anstatt sie, wie F. ABERER, als „Vöcklaschichten“ zu bezeichnen.

3. Spurenfossilien

In den Vöcklaschichten sind viele verschiedene Spurenfossiltypen in weiter Verbreitung und zum Teil hoher Konzentration vorhanden.

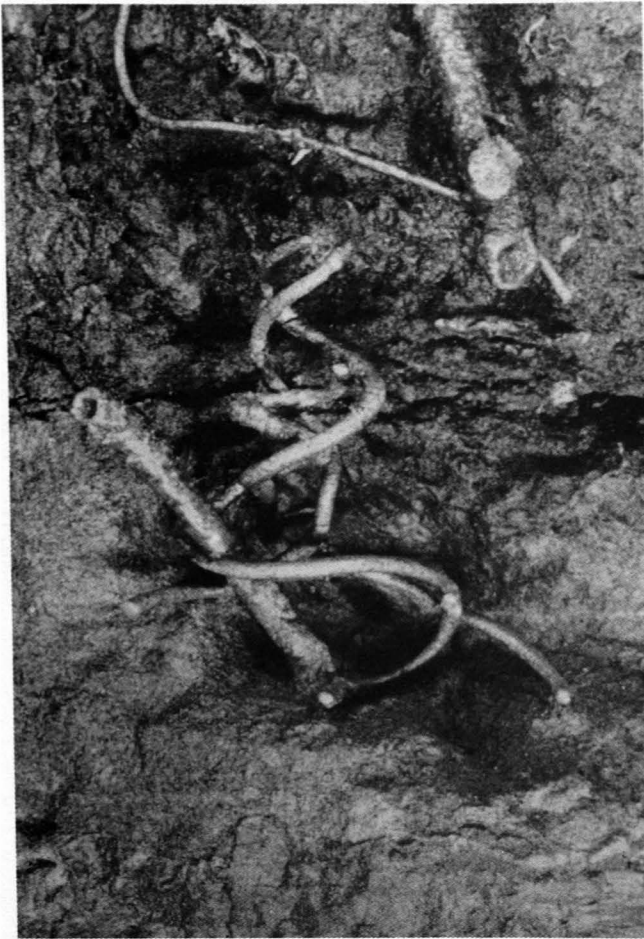


Abb. 9.
Lithofazies C₂.
Präparierte Spurenfossilien. 5–10 mm dicke, geradlinige Wohnröhren, mit massiver, peloidaler Wandstruktur von Crustaceen (*Ophiomorpha* sp.) und dünnere, helixartig bis unregelmäßig gewundene Gänge, die über den gesamten Querschnitt aus Pellets zusammengesetzt sind.
Aufschluß Kasberg bei Atzbach.
Präparation: P. PERVESLER (coll. Inst. f. Paläontologie, Univ. Wien).
Balkenmaßstab: 5 cm.

In vielen Fällen zeigt sich, daß in den sandreichen Lithofaziestypen deutlich weniger, aber größere Lebensspuren auftreten. Es gibt jedoch auch Sandpakete, wo

Abb. 10.
Typisch schräg im Sediment liegender, pelitischer Wohnbau, der sich nach oben konisch erweitert, mit einem zentralen, sandgefüllten Gang.
Im Bild rechts unten ein ca. 4 cm dicker Pelithorizont, der erosiv abgeschnitten ist. Das obere Drittel des Bildes wird vom Sediment der Lithofazies C₅ eingenommen.
Aufschluß Nr. 35; Maßstab: 10 cm.



aufgrund einer dichten „Sprenkelung“ eine intensive Bioturbation angenommen werden muß.

Am weitaus dichtesten ist die Bioturbation in den Sedimenten der Lithofazies C₅ in der es zum Teil zur vollständigen Auflösung der primären Sedimentstrukturen und zur Durchmischung sandiger und pelitischer Lagen kommt. Diese Verwühlung ist so stark, daß selbst die Spuren ihrer Verursacher nicht mehr erkennbar sind.

Außer jenen Grabgängen von ca. 1–2 mm Durchmesser, die das gesprenkelte Aussehen der erwähnten Sandpakete erzeugen, gibt es auch Grabgänge ähnlicher Dicke, die über den gesamten Querschnitt aus Pellets bestehen. Eine Wandstruktur ist dabei nicht ausgebildet (Abb. 9). Beide Typen lassen sich in unmittelbarer Nachbarschaft zueinander, z.B. in Aufschluß Nr. 38, beobachten.

Viel seltener sind sandgefüllte, gewundene Grabgänge mit deutlich kleineren (ca. 1 mm) bzw. deutlich größeren (um 15 mm) Durchmessern als den oben erwähnten.

Auch die pelitischen Lagen werden von zahlreichen, sandig gefüllten Grabgängen verschiedener Dicke nicht nur vertikal durchbrochen, sondern auch horizontal durchzogen.

Relativ häufig (Aufschlüsse Nr. 9, 38, Top von Nr. 27) findet man Crustaceenbauten mit einer deutlich pelletierten Wandstruktur (Abb. 9, *Ophiomorpha* sp.), sowie einfache, sandgefüllte Gänge, zwischen 4 cm und 15 cm Länge, die senkrecht im Sediment stehen und keine Wandstruktur und keine Verzweigungen aufweisen (*Skolithos* sp., s. W. HÄNTZSCHEL, 1975, W106).

Um die Stopfstrukturen von Echiniden zu erkennen sind besonders gute Aufschlußbedingungen notwendig. Sie sind daher vermutlich viel seltener zu beobachten als sie eigentlich vorhanden sind.

Durch seine Größe besonders auffallend ist ein vereinzelt auftretender Typus von Wohnbauten dessen Erzeuger möglicherweise ein großer, wurmförmiger Organismus war (Abb. 10); es existieren ausgeprägte Ähnlichkeiten dieses Spurenfossiltyps zu *Psilonichnus* (FÜR-SICH), wie bei B. HUMPHREYS & B.S. BALSON (1988) beschrieben, sowie zu *Rosselia socialis* (J.D. HOWARD, 1984, S. 209).

In den Vöcklaschichten sind auch verschiedene Mikro- und Makrofossilien verbreitet, zu denen aber keine neueren Bearbeitungen vorliegen.

3.1. Fazielle Folgerungen

Allgemein besitzt das Auftreten eines bestimmten Spurenfossiltyps wenig fazielle Aussagekraft, während Spurenfossilassoziationen und der Grad der Verwühlungsdichte weitergehende Schlüsse zulassen.

Vor allem die enorm hohe Bioturbationsrate im Sediment der Lithofazies C₅ ist auffällig. In Bezug auf intertidales Environment wird eine derart hohe Verwühlungsdichte bei A.A. EKDALE et al. (1984, S. 177+179) erwähnt.

Eine gute Vergleichsmöglichkeit für Lithofazies C₅ bieten die großen, rezenten Watten an der Westküste von Korea (vgl. R.W. FREY et al., 1989, S. 30ff.). Dort sind sehr intensiv bis vollständig verwühlte Sedimente auf der gesamten Wattfläche weit verbreitet.

Auch aus dem Übergangsbereich zwischen normaler Wellenbasis und Sturmweather-Wellenbasis sind Beispiele vollständiger Durchwühlung bekannt (H.-E. REINECK & I.B. SINGH, 1980, S. 373f.). Aufgrund der engen Einbindung von Lithofazies C₅ in andere Lithofaziestypen (C₂, C₃, C₄), die selbst keinesfalls unter der normalen Wellenbasis angesiedelt werden können, kommt diese Interpretation aber nicht in Betracht.

Die Spurenfossilgesellschaft der Vöcklaschichten enthält sowohl Elemente der *Skolithos*- als auch der *Cruziana*-Ichnofazies (s. A.A. EKDALE et al., 1984, S. 192ff.). Diese beiden Ichnofaziestypen wurden von A. SEILACHER (1967) zwecks bathymetrischer Differenzierungen von Spurenfossilgesellschaften etabliert. In diesem Konzept werden der *Skolithos*-Ichnofazies sandige, hochenergetische, allgemein also strandnahe Faziesbereiche zugeordnet. Die Transitionzone wird als typischer Ablagerungsbereich der *Cruziana*-Ichnofazies angesehen. Diese beiden Ichnofazies kommen aber auch häufig vermischt vor und zwar beispielsweise im intertidalen Milieu (A.A. EKDALE, 1984, S. 179). Diese Ergebnisse passen also sehr gut in das fazielle Bild das auch aufgrund der Sedimentstrukturen gewonnen wurde.

4. Paläoströmungen

Die auf einzelne Aufschlüsse bezogenen Paläoströmungsdiagramme in Abb. 1 zeigen die Einfallrichtungen der Leebblätter von fast ausschließlich großdimensionalen Schrägschichtungskörpern an.

In geringem Ausmaß überschneiden sich diese Aufschlüsse mit jenen, die schon P. FAUPL & R. ROETZEL (1987) diesbezüglich untersucht haben. Deren Ergebnisse lassen sich auch gut mit den hier dargestellten vergleichen: Sechs der insgesamt 19 Diagramme zeigen eine bipolare bis polymodale Verteilung der Daten, mit einer stark dominierenden Hauptrichtung und einer annähernd entgegengesetzt liegenden Nebenrichtung; die übrigen Diagramme lassen nur eine stark gestreute Hauptrichtung erkennen. Das Sammeldiagramm (Abb. 11), das in 30°-Intervalle eingeteilt ist, zeigt 73° als Vektormittel für den Sektor von 0°-180° (91,2% der Meßwerte) und unterscheidet sich damit von dem ana-

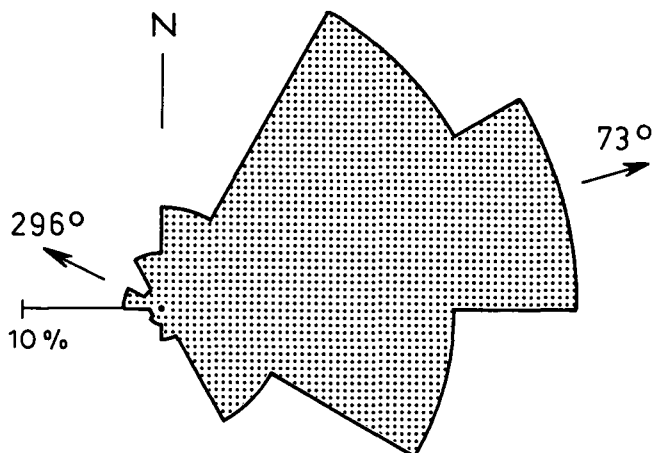


Abb. 11. Sammeldiagramm der insgesamt 238 Paläoströmungsdaten (Einfallrichtung der Leebblätter). 30°-Intervalle. Die Pfeile entsprechen dem Vektormittel der Sektoren 0°-180° (91,2% der Meßwerte) und 180°-360° (8,8% der Meßwerte).

logem Wert, den P. FAUPL & R. ROETZEL (1987, S. 437) für die Atzbacher Sande gefunden haben (82°), um nur 9°. Für den Sektor von 180°-360°, der die Nebenrichtung beinhaltet (8,8% der Meßwerte), entspricht der Wert des Vektormittels mit 296° jenem der Atzbacher Sande (292°) auf 4° genau.

Der Interpretation oben genannter Autoren folgend (1987, S. 437), dürfte die ENE-Richtung aus paläogeographischen Gründen dem Flutstrom entsprechen, eventuell verstärkt durch eine E-gerichtete Beckenlängsströmung, während sich in der WNW-Richtung vermutlich der schwächere Ebbstrom abgebildet hat.

Nur einzelne Diagramme, wie zum Beispiel jene von zwei Aufschlüssen N Eiding (Nr. 33, 34), zeigen eine deutlich abweichende Lage ihrer Haupt- und Nebenrichtungen von diesen Mittelwerten.

Die asymmetrisch-polymodale Verteilung der Meßdaten paßt allgemein gut in das Faziesbild eines gezeitenbeeinflussten Flachmeeres (J. HÜLSEMANN, 1955; G. DE VRIES KLEIN, 1977; J.R.L. ALLEN, 1980; Ph.A. ALLEN & P. HOMEWOOD, 1984; Ph.A. ALLEN et al., 1985; P. FAUPL & R. ROETZEL, 1987, S. 435.).

5. Granulometrische Untersuchungen

Zur Untersuchung gelangten 17 Sand- und 3 Pelitproben, vor allem aus den Vöcklaschichten, zu einem geringen Teil auch aus dem Übergangsbereich in die Atzbacher Sande.

Die Proben wurden in 1/2-Phi-Schritten bis zu 32 Mikrometer Maschenweite händisch gesiebt, der aufgefangene Feinanteil wurde mit dem Sedigraph 5100 von Micromeritics analysiert.

Die Berechnung der granulometrischen Parameter wie Mittelwert, Sortierung und Schiefe nach R.L. FOLK & W. WARD (1957), arithmetisches Mittel, Standardabweichung und Schiefewert des Momentenverfahrens (vgl. D. MARSAL, 1967), sowie die Ermittlung der CM-Verteilungen nach R. PASSEGA (1957, 1964) und R. PASSEGA & R. BYRAMJEE (1969) wurden mit dem EDV-Programm SEDPACK (G. MALECKI, 1986) durchgeführt.

Die 17 Sandproben liegen im Sand-Silt-Ton Benennungsdreieck nach H. FÜCHTBAUER (1959) und G. MÜLLER (1961) vor allem im Sandfeld, zum geringeren Teil

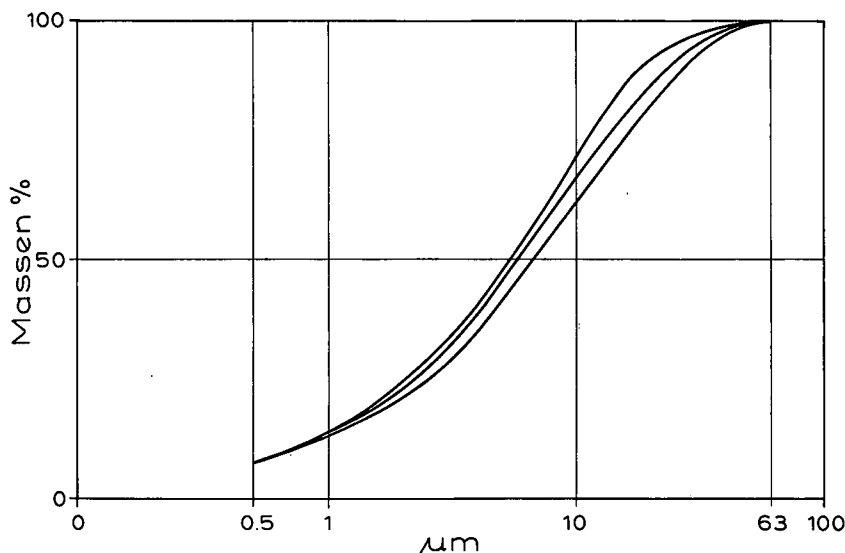


Abb. 12.
Kornsummenkurven der abgeseibten Feinfraktion ($<0,063\text{ mm}</math>) dreier Proben aus den pelitischen Zwischenlagen der Vöcklaschichten. Der Verlauf der drei Kurven ist überaus ähnlich. Der Tonanteil beträgt 20–25 %. Die abgeseibten Feinanteile der Sandproben aus den Vöcklaschichten weisen sehr ähnliche Kornverteilungen auf. Analysiert mit dem Sedigraph 5100 von Micromeritics.$

auch im siltigen Sandfeld, wobei es sich fast ausschließlich um Fein- bis Mittelsande handelt. Der Siltanteil erreicht meist 5–10 %, maximal 16 % (stark verwühlte, ungewöhnlich feinsandige Proben), der Tonanteil höchstens 4 %.

Die Berechnung der Korngrößenparameter nach der Methode der Momente (D. MARSAL, 1967) ergab einen durchschnittlichen arithmetischen Mittelwert aller Sandproben von 3,04 Phi (0,12 mm). Die Werte schwanken zwischen 2,26 Phi (0,21 mm) und 3,88 Phi (0,068 mm). Schräggeschichtete und eben laminierte Sande liegen dabei unterhalb des Durchschnittswertes, während stark bioturbate Sande klar darüber liegen, also feinere Korngrößen enthalten.

Ein ähnlicher Trend läßt sich für die Sortierung der Sandproben beobachten (durchschnittlich 1,75; kleinster Wert: 1,48; größter Wert: 2,18), die bei bioturbaten Sanden erwartungsgemäß etwas höher ist als bei Sanden mit erhaltenen Sedimentstrukturen. Bei allen Sanden ist die Sortierung aber als schlecht zu bezeichnen.

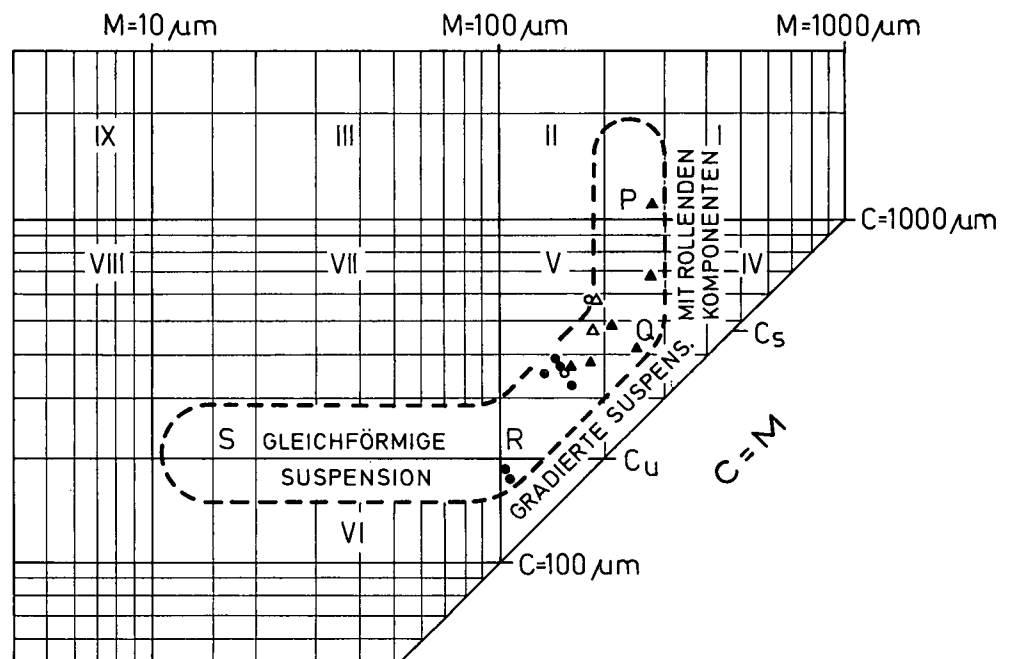
Die Schiefe der Sande ist durchwegs positiv, es überwiegt also der Feinanteil. Die Werte bewegen sich zwischen 2,65 und 4,97.

Berechnet man die granulometrischen Parameter nach R.L. FOLK & W. WARD (1957) ergibt sich als durchschnittlicher Mittelwert der Sandproben 2,72 Phi (0,15 mm), die durchschnittliche Sortierung liegt bei 1,17, und die Schiefewerte bewegen sich zwischen 0,15 und 0,75.

Die pelitischen Zwischenlagen der Vöcklaschichten enthalten zwar auch primär einen gewissen Sandanteil (vgl. Kap. 2.1.5.), zusätzlich wurde aber durch die Bioturbation eine nicht zu vernachlässigende Sandmenge nachträglich eingewühlt, die makroskopisch deutlich sichtbar ist, aber nicht gezielt vom Probenmaterial abgetrennt werden konnte. Da somit Korngrößenanalysen des Gesamtspektrums der pelitischen Lagen für sedimentologische Zwecke unbrauchbar sind, wurde nur der bis auf 0,063 mm abgeseibte Feinanteil (Silt und Ton) dreier pelitischer Proben mit dem Sedigraph näher untersucht. Die Kornsummenkurven zeigen einen sehr ähnlichen Verlauf (Abb. 12), der Tonanteil liegt zwischen 20 und 25 %.

Nahezu denselben Verlauf zeigen auch die Kurven des abgeseibten Feinanteils der Sandproben aus den Vöcklaschichten.

Abb. 13.
Die Sandproben aus den Vöcklaschichten und dem Übergangsbereich in die Atzbacher Sande im CM-Diagramm nach R. PASSEGA (1957).
▲ = schräggeschichtete Sande; ● = bioturbate Sande; △ = massige Sande der Lithofazies A₂; ○ = eben laminierte Sande.



Der Karbonatgehalt der pelitischen Lagen beträgt 20–30 %, es handelt sich also um Tonmergel.

Nach J.H.J. TERWINDT (1979) sind Mittel- bis Feinsande mit zwischengelagerten Pelitlagen, wie sie die Vöcklaschichten und Atzbacher Sande aufbauen, in den Gezeitensedimenten der Nordsee für den Bereich mit mittleren Strömungsgeschwindigkeiten typisch (vgl. H.-E. REINECK & I.B. SINGH, 1980, S. 455).

Wichtige Hinweise auf die Transportart der Sedimente liefert das CM-Diagramm (R. PASSEGA, 1957, 1964; R. PASSEGA & R. BYRAMJEE, 1969). Die Sandproben aus den Vöcklaschichten kommen dabei fast ausschließlich in das Feld der gradierten Suspension und das Feld der gradierten Suspension mit rollend transportiertem Anteil zu liegen (Abb. 13). Auch im CM-Diagramm ergibt sich wieder eine bereichsweise Trennung zwischen den bioturbaten Sanden und den Sanden mit erhaltenen Sedimentstrukturen, wobei erstere ausschließlich in das Feld der gradierten Suspension fallen.

Die Darstellung einiger Kornsummenkurven von Sandproben im Wahrscheinlichkeitsnetz (G.S. VISHER, 1969) ist Abb. 14 zu entnehmen. Bei dieser Darstellungsform treten die verschiedenen, in sich normalverteilten Teilpopulationen einer Korngrößenverteilung als gerade Kurvenabschnitte in Erscheinung. Als typisch können die Kurven Nr. 2, 3, 4 und 5 gelten. Die groben Wendepunkte (T) liegen zwischen 1,0 und 1,5 Phi, die feinen Wendepunkte (S) zwischen 3,0 und 3,5 Phi. Die springend transportierten Teilpopulationen haben mit 60–80 % den weitaus größten Anteil am Kornaufbau

und weisen mit den steilsten Anstiegen der Kurven in diesem Bereich auch die besten Sortierungen auf.

Die Kurven Nr. 3 und 6 zeigen bei 2,5 Phi (0,176 mm) einen charakteristischen Einbruch im Kurvenverlauf, der bei mehreren Proben, hauptsächlich aus schräggeschichteten Sanden, exakt an dieser Stelle beobachtet werden konnte. Als mögliche Erklärung für dieses Phänomen bietet sich die unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeit von Flut- und Ebbstrom an.

Die Kurven Nr. 1 und 6 stellen Extreme, einerseits eines ungewöhnlich feinen, stark bioturbaten Sandpakets (Kurve Nr. 1), andererseits eines sehr groben, schräggeschichteten Sandhorizontes (Kurve Nr. 6) dar.

Wie erwartet stehen die Korngrößendaten und Kurventypen der Vöcklaschichten mit den Ergebnissen, die P. FAUPL & R. ROETZEL (1987) vor allem für die Atzbacher Sande gefunden haben, in guter Übereinstimmung. Vor allem die Beobachtung einer generellen Kornverkleinerung gegen das Liegende wird bestätigt. Während P. FAUPL & R. ROETZEL (1987, S. 432) für ihren Arbeitsbereich als durchschnittliche arithmetische Mittelwerte der Lithofazies A 2,62 Phi, der Lithofazies B 2,85 Phi und der Lithofazies C 2.9 Phi angeben, beträgt der durchschnittliche arithmetische Mittelwert aller Sandproben aus den Vöcklaschichten (ohne Übergangsbereich) 3,08 Phi!

Im gesamten Arbeitsgebiet wurden wiederholt Feinkiesgeröllchen, entweder einzeln im Sediment, oder sehr selten in Einkornlagen angetroffen. Vermutlich handelt es sich dabei um Residualsedimentkörner bzw.

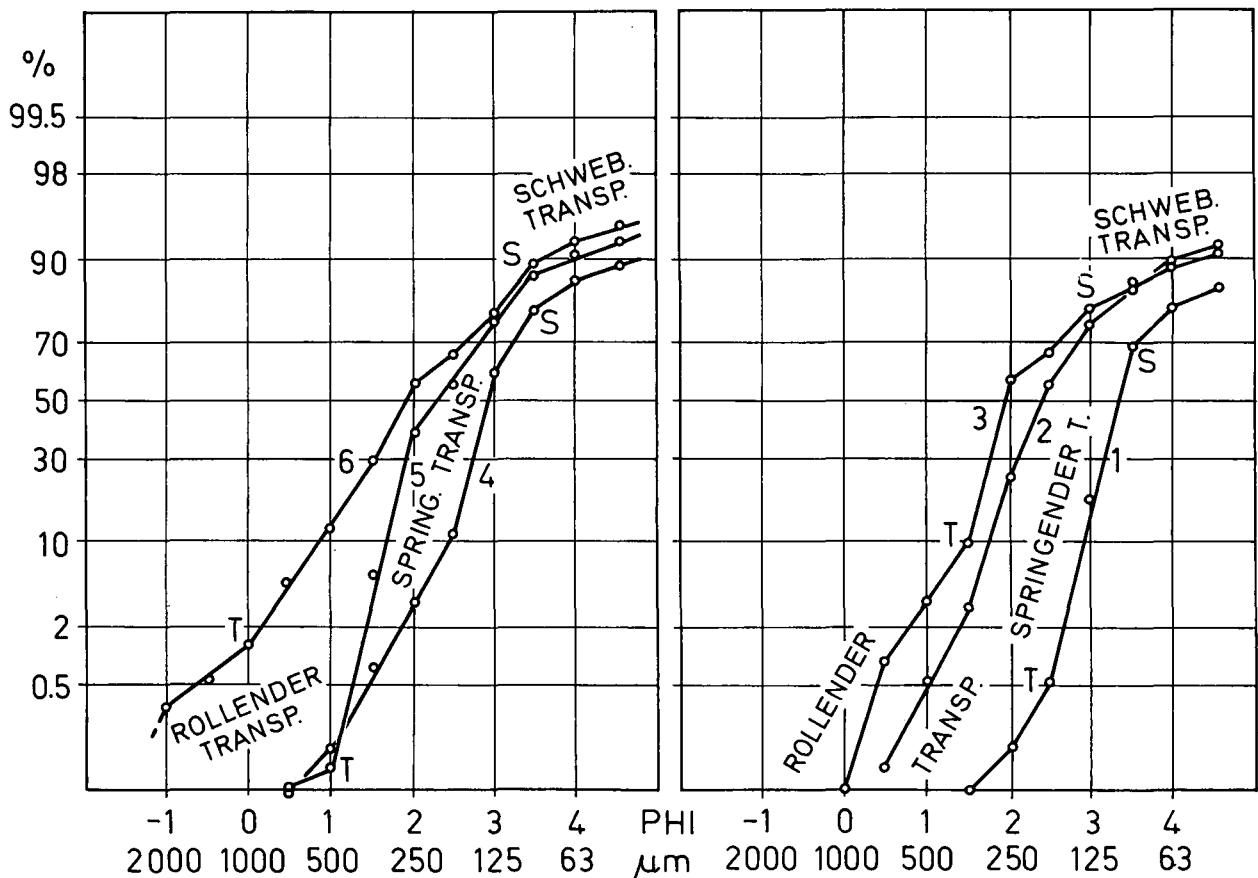


Abb. 14.

Kornsummenkurven von Sandproben aus den Vöcklaschichten im Wahrscheinlichkeitsnetz.

T = grober Wendepunkt (Grenze zwischen rollend und springend transportiertem Sediment); S = feiner Wendepunkt (Grenze zwischen springend und schwebend transportiertem Sediment).

Kurven Nr. 1 und 4: stark verwühlte Sande; Nr. 3, 5 und 6: schräggeschichtete Sande; Nr. 2: massiger Sand der Lithofazies A₂.

-lagen, die auf große Sedimentumlagerungen hinweisen.

Von besonderem Interesse war auch die Granulometrie der völlig verwühlten Lithofazies C₅. Es zeigte sich jedoch, daß dieses Sediment zu einem Großteil aus Pellets besteht. Diese sind aber in sich so fest zementiert, daß sie sich mit den üblichen Aufschlußverfahren für die Granulometrie (Kochen der Probe in Perhydrol, Ultraschall) nicht zerlegen lassen.

6. Diskussion des sedimentären Environments

Die Annahme, daß es sich bei den Vöcklaschichten, genau wie bei den Atzbacher Sanden, um Ablagerungen eines stark gezeiten-beeinflußten, siliziklastischen Flachmeerbereiches handelt wird vor allem durch die Schichtungstypen und Sedimentstrukturen, aber auch die Art der Bioturbation und die Paläoströmungsmessungen gestützt. Es bleibt aber die Frage zu beantworten, ob dieser flachmarine Sedimentationsraum mit mindestens mesotidalen Bedingungen (s. P. FAUPL & R. ROETZEL, 1987, S. 444), auch einen intertidalen Anteil, also ein Watt, besaß. Für eine mögliche Zuordnung ins Intertidal kommen die Lithofaziestypen C₂, C₃, C₄ und C₅ mit ihren ungemein hohen Bioturbationsraten in Betracht.

Grundsätzlich muß allerdings in Erinnerung gerufen werden, daß subtidale Ablagerungen gegenüber intertidalen Ablagerungen sicherlich ein höheres Erhaltungspotential haben.

Wie bereits in Kap. 3. dargelegt, läßt sich die enorm dichte Verwühlung, insbesondere des Sediments der Lithofazies C₅, sehr gut mit rezenten Ablagerungen des Intertidals vergleichen.

Die zahlreichen Hinweise auf Rinnenstrukturen mit steilen, teilweise sogar übersteilen Erosionsrändern, wie man sie von Prallhängen mäandrierender Prielsysteme kennt, sind ein weiteres Argument für die Annahme eines intertidalen Milieus.

Nach M.J. VISSER (1980, Fig. 2,3) sind mud drapes, die besonders im Bereich des Bottomsets eine Verdopplung zeigen, ein sicheres Merkmal für einen subtidalen Ablagerungsraum. Im Idealfall ist zwischen den mud drapes eine Sandlage mit gegenläufig orientierten Leebältern von Strömungsrippeln entwickelt. Zur Sedimentation von Pelitlagen sowohl vor als auch nach der Ablagerung einer Sandlage kann es aber nur bei einer anhaltenden Wasserbedeckung während beider Stillwasserphasen, also nach dem Flutstrom und nach dem Ebbstrom kommen.

Solche doppelten mud drapes konnten im gesamten Arbeitsgebiet kein einziges Mal beobachtet werden.

Auch das Fehlen einer generellen, vertikalen Faziessequenz, das die Vöcklaschichten auszeichnet (Kap. 2.2.), kann nach H.-E. REINECK & I.B. SINGH (1980, S. 454) als ein Hinweis auf Wattsedimente gewertet werden.

Die in den Vöcklaschichten so häufig auftretende Flaser- und Linsenschichtung sowie wellige Wechsel-schichtung ist genau der Schichtungstyp der auf Wattflächen typischerweise, wenn auch bei weitem nicht ausschließlich, gebildet wird. Von den Nordseewatten

beschreibt H.-E. REINECK & I.B. SINGH (1980, S. 434ff.) allerdings, daß diese auf den Wattflächen gebildeten Schichtungstypen durch lateral sehr rasch migrierende Prielsysteme in kurzer Zeit wieder fast vollständig erodiert und in „longitudinal-cross-bedding“ (vgl. H.-E. REINECK & I.B. SINGH, 1980, S. 435) umgearbeitet werden. Daß dies aber nicht immer der Fall sein muß zeigt eine Arbeit von R.W. FREY et al. (1989, S. 30 f.) über eine Wattfläche an der Westküste Koreas. Dort spielen mäandrierende Prielsysteme eine sehr untergeordnete Rolle. Dementsprechend wurde bislang auch weder an der Wattoberfläche noch in den darunterliegenden, subfossilen Wattsedimenten „longitudinal-cross-bedding“ nachgewiesen. Stattdessen sind diese Wattsedimente aus genau jenen Schichtungstypen aufgebaut, die auch in den Vöcklaschichten weit verbreitet sind.

Ein gewichtiges Argument gegen die Interpretation der Sedimente der Lithofazies C₂, C₃, C₄ und C₅ als intertidale Ablagerungen ist, daß keinerlei Anzeichen für ein periodisches Trockenfallen ehemaliger Sedimentoberflächen, wie Wasserstandsmarken, gekappte Rippekämme, Weidespuren ect. beobachtet werden konnten.

Insgesamt erscheint dem Autor aber die Annahme eines intertidalen Ablagerungsraumes für die oben genannten Lithofaziestypen am wahrscheinlichsten. Dabei scheinen die Existenz von kleinen Rinnenstrukturen, wie sie für das Subtidal wohl nicht mehr zu erwarten sind, und die enorm hohe Bioturbationsrate, insbesondere der Lithofazies C₅, die wichtigsten Argumente zu sein.

Diese vermuteten Wattflächen müssen allerdings nicht in unmittelbarer Verbindung mit dem doch relativ weit südlich gelegenen Festland gestanden haben. Möglicherweise gruppierten sich diese Watten entlang von weithinziehenden Hochzonen innerhalb des Bektas, die in Fortsetzung der Schüttungen des Fan-Deltas der Sand-Schottergruppe, parallel zur Beckenlängsströmung vorhanden gewesen sein mochten. Einen Hinweis auf die breiten Rinnen, die zwischen solchen Hochzonen zu erwarten wären, gibt die unvermittelt auftretende, massige Sandfazies A₂ im Aufschluß Nr. 52. Rezent existieren solche Hochzonen und Inseln mit zugehörigen Wattflächen beispielweise im Nordseegebiet, allerdings nicht in Verbindung mit Deltabauten, sondern im Bereich von Ästuaren und Barriereinseln.

Bei den Lithofaziestypen B₁ und B₂ dürfte es sich um Ablagerungen subtidaler Sandwellenfelder mit dazwischenliegenden Rippelfeldern handeln. Der komplizierte Internbau der Schrägschichtungskörper mit den zahlreichen, sich gegenseitig schneidenden Erosionsflächen und Reaktivationsflächen weist auf den vielfachen Umbau der dünenartigen Sandkörper in einem Gezeitenmilieu hin. Lithofazies C₁ kann als pelitreichere Entwicklung in geschützteren Bereichen innerhalb dieser Sandwellen- und Rippelfelder angesehen werden. Diese Interpretation entspricht jener von P. FAUPL & R. ROETZEL (1987, Tab. 2).

Lithofazies A₂ wird, ebenfalls in Anlehnung an P. FAUPL & R. ROETZEL (1987), als eine Ablagerung großer, longitudinaler Sandbänke in breiten, subtidalen Rinnen gedeutet.

Dank

Der Autor dankt Herrn Univ.-Prof. Dr. P. FAUPL, der auch die dieser Arbeit zugrundeliegende Diplomarbeit betreute, für die kritische Durchsicht des Manuskripts. Vielfältige Hilfe kam auch von Herrn Dr. R. ROETZEL von der Geologischen Bundesanstalt in Wien, dem dafür ausdrücklich gedankt sei.

Für die Hilfe bei der Bearbeitung der Spurenfossilien und die Überlassung von Abb. 9 danke ich Herrn Dr. P. PERVESLER vom Institut für Paläontologie der Universität Wien.

Die Durchführung der Zeichenarbeiten hat Herr L. LEITNER freundlicherweise übernommen.

Die finanzielle Unterstützung seitens der Geologischen Bundesanstalt für projektbegleitende Kartierung kam indirekt auch dieser Arbeit zugute.

Literatur

- ABERER, F.: Die Molassezone im westlichen Oberösterreich und in Salzburg. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **50** (1957), 23–93, Wien 1958.
- ABERER, F.: Das Miozän der westlichen Molassezone Oberösterreichs mit besonderer Berücksichtigung der Untergrenze und seiner Gliederung. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **52** (1959), 7–16, Wien 1960.
- ABERER, F.: Bau der Molassezone östlich der Salzach. – Z. dt. geol. Ges., **113** (1961), Tl. 2–3, 266–279, Hannover 1962.
- ABERER, F. & BRAUMÜLLER, E.: Die miozäne Molasse am Alpenrand im Oichten- und Mattigtal nördlich Salzburg. – Jb. Geol. B.-A., **92** (1947), 129–145, Wien 1949.
- ALLEN, J.R.L.: The classification of cross-stratified units. With notes on their origin. – Sedimentology, **2**, 93–114, Amsterdam – London – New York 1963.
- ALLEN, J.R.L.: Sand waves: a model of origin and internal structure. – Sed. Geol., **26**, 281–328, Amsterdam 1980.
- ALLEN, Ph.A. & HOMEWOOD, P.: Evolution and mechanics of a Miocene tidal sandwave. – Sedimentology, **31**, 63–81, Oxford 1984.
- ALLEN, Ph.A., MANGE-RAJETZKY, M., MATTER, A. & HOMEWOOD, P.: Dynamic paleogeography of the open Burdigalian seaway, Swiss Molasse basin. – Eclogae geol. Helv., **78**, 351–381, Basel 1985.
- BRAUMÜLLER, E.: Die paläogeographische Entwicklung des Molassebeckens in Oberösterreich und Salzburg. – Erdöl-Z., **77/11**, 509–520, Wien – Hamburg 1961.
- BÜRGEL, H.: Zur Stratigraphie und Tektonik des oberösterreichischen Schliers. – Verh. Geol. B.-A., **1946/10–12**, 123–151, Wien 1946.
- EKDALE, A.A., BROMLEY, R.G. & PEMBERTON, S.G.: Ichnology. The Use of Trace Fossils in Sedimentology and Stratigraphy. – SEPM Short Course No. 15, 317 S, Tulsa 1984.
- FAUPL, P. & ROETZEL, R.: Gezeitenbeeinflusste Ablagerungen der Innviertler Gruppe (Ottangien) in der oberösterreichischen Molassezone. – Jb. Geol. B.-A., **130/4**, 415–447, Wien 1987.
- FAUPL, P. & ROETZEL, R.: Die Phosphoritsande und Fossilreichen Grobsande: Gezeitenbeeinflusste Ablagerungen der Innviertler Gruppe (Ottangien) in der oberösterreichischen Molassezone. – Jb. Geol. B.-A., **133/3**, 157–180, Wien 1990.
- FAUPL, P., ROHRLICH, V. & ROETZEL, R.: Provenance of the Ottangian Sands as Revealed by Statistical Analysis of their Heavy Mineral Content (Austrian Molasse Zone, Upper Austria and Salzburg). – Jb. Geol. B.-A., **131/1**, 11–20, Wien 1988.
- FOLK, R.L. & WARD, W.: Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. – J. Sed. Petrol., **27**, 3–26, Tulsa 1957.
- FREY, R.W., HOWARD, J.D., HAN, S.-J. & PARK, B.-K.: Sediments and sedimentary sequences on a modern macrotidal flat, Inchon, Korea. – J. Sedim. Petr., **59**, 28–44, Tulsa 1987.
- FRIEDMANN, G. M.: On sorting, sorting coefficients and the log-normality of the grain size distribution of sandstones. – J. Geol., **70**, 737–753, Chicago 1962.
- FUCHS, W.: Die Molassezone und ihr nichthelvetischer Vorlandanteil am Untergrund einschließlich der Sedimente auf der Böhmisches Masse. – In: OBERHAUSER, R. (Hrsg.): Der geologische Aufbau Österreichs. – 1. Aufl., XIX+701 S, Wien – New York (Springer) 1980.
- FÜCHTBAUER, H.: Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine. – Erdöl u. Kohle, **12/8**, 605–613, Hamburg 1959.
- FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G.: Sediment-Petrologie, 2, Sedimente und Sedimentgesteine. – 3. Aufl., XVI+784 S, Stuttgart (Schweizerbart) 1977.
- FÜCHTBAUER, H. (Hrsg.): Sediment-Petrologie, 2, Sedimente und Sedimentgesteine. – 4. Aufl., XVI+1141 S, Stuttgart (Schweizerbart) 1988.
- GLAISTER, R.P. & NELSON, H.W.: Grain-size distributions, an aid in facies identification. – Bull. Canad. Petrol. Geol., **22/3**, 203–240, Calgary 1974.
- HÄNTZSCHEL, W.: Trace fossils and problematica. – In: MOORE, R.C. (ed.): Treatise on Invertebrate Paleontology, Part W, Supplement 1, W2–W269. Geol. Soc. America & Univ. Kansas Press, New York & Lawrence 1975.
- HERBST, J.: Die Ursalzach-Schüttung (Ottang/Miozän) – Eine Studie über das Liefergebiet aufgrund der Schwermineralführung. – Unveröff. Diss. natw. Fak. Univ. Salzburg, VI+138 S., Salzburg 1985.
- HOWARD, J.D. & FREY, R.W.: Characteristic trace fossils in nearshore to offshore sequences, Upper Cretaceous of east-central Utha. – Can. J. Earth Sci., **21**, 200–219, Ottawa 1984.
- HÜLSEMANN, J.: Großrippeln und Schrägschichtungs-Gefüge im Nordseewatt und in der Molasse. – Senck. leth., **36**, H. 5/6, 359–388, Frankfurt/M. 1955.
- HUMPHREYS, B. & BALSON, P. S.: Psilonichnus (FÜRSICH) in late Pliocene subtidal marine sands of eastern England. – J. Paleont., **62/2**, 168–172, Tulsa 1988.
- KLEIN, G. DE VRIES: Clastic Tidal Flats. – 149 S., Champaign (Continuing Education Publ. Comp.) 1977.
- KURZWEL, H.: Sedimentpetrologische Untersuchungen an den jungtertiären Tonmergelserien der Molassezone Oberösterreichs. – Tscherms Min. Petr. Mitt., **20**, 169–215, Wien 1973.
- MALECKI, G.: SEDPAK – Charakterisierung von Sedimenten aufgrund der Korngrößenanalyse. – Ber. d. Geol. B.-A., **1**, Bgl. 12, Wien (Geol. B.-A.) 1986.
- MARSAL, D.: Statistische Methoden für Erdwissenschaftler. – XII+ 152 S, Stuttgart (Schweizerbart) 1967.
- MÜLLER, G.: Das Sand-Silt-Ton Verhältnis in rezenten marinen Sedimenten. – N. Jb. Mineral., Mh., **1961**, 148–163, Stuttgart 1961.
- PASSEGA, R.: Texture as characteristic of clastic deposition. – Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., **41**, 1952–1984, Tulsa 1957.
- PASSEGA, R.: Grain size representation by CM Patterns as a geological tool. – J. Sed. Petr., **34**, 830–847, Tulsa 1964.
- PASSEGA, R. & BYRAMJEE, R.: Grain-size image of clastic deposits. – Sedimentology, **13**, 233–252, Amsterdam 1969.
- REINECK, H.-E. & SINGH, I.B.: Depositional Sedimentary Environments. – 2. Aufl. XX+550 S, Berlin – Heidelberg – New York (Springer) 1980.
- REINECK, H.-E. (Hrsg.): Das Watt. Ablagerungs und Lebensraum. – 3. Aufl., 185 S, Frankfurt am Main (Waldemar Kramer) 1982.
- ROETZEL, R.: Bericht 1984 über geologische Aufnahmen im Tertiär und Quartär des Gebietes Puchkirchen – Neukirchen/Vöckla auf Blatt 47 Ried im Innkreis. – Jb. Geol. B.-A., **128/2**, 249–250, Wien 1985.

- ROETZEL, R.: Bericht 1985 über geologische Aufnahmen im Tertiär und Quartär des Gebietes Neukirchen/Vöckla – Frankenburg auf Blatt 47 Ried im Innkreis. – Jb. Geol. B.-A., **129/2**, 394–395, Wien 1986.
- SEILACHER, A.: Bathymetry of trace fossils. – Marine Geol., **5**, 413–428, Amsterdam 1967.
- SINDOWSKI, K.H.: Die synoptische Methode des Kornkurven - Vergleiches zur Ausdeutung fossiler Sedimentationsräume. – Geol. Jb., **73**, 235–275, Hannover 1957.
- STRIDE, A.H. (Hrsg.): Offshore tidal sands. Processes and deposits. – 222 S, London – New York (Chapman & Hall) 1982.
- TERWINDT, J.H.J.: Origin and sequences of sedimentary structures in inshore meso-tidal deposits along the North Sea. – Unpublished 1979.
- TRAUB, F.: Beitrag zur Kenntnis der miocänen Meeresmolasse ostwärts Laufen/Salzach unter besonderer Berücksichtigung des Wachtbergkonglomerats. – N. Jb. Min. Geol. Paläont., Mh., **1945–1948**, Abt. B, 53–71, 161–174, Stuttgart 1948.
- VISHER, G.S.: Grain size distribution and depositional processes. – J. Sed. Petr., **39/3**, 1074–1106, Tulsa 1969.
- Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 12. September 1990.