

Sedimentpetrologie und Environmentanalyse der neogenen Sedimentabfolgen am Westabhang des Leithagebirges (Hornstein/ Wimpassing, Bgl., Österreich)

**Sedimentpetrology and Environmental analysis of the Neogene sedimentary
sequences on the western slope of the Leithagebirge
(Hornstein/Wimpassing, Bgl., Austria)**

von

Margit HAAS

mit 21 Abbildungen, 6 Tabellen, 3 Tafeln, 6 Beilagen, 1 Anhang
with 21 figures, 6 tables, 3 plates, 1 appendix

Schlüsselwörter:

*Wiener Becken
Hornstein/Wimpassing
Diageneseentwicklung
Sedimentpetrologie
Sedimentologie
Faziesanalyse*

Keywords:

*Burgenland
Viennese basin
Hornstein/Wimpassing
Diagenetic evolution
Sedimentpetrology
Sedimentology
Faciesanalysis*

Adresse der Autorin:

Address of the authoress:

Mag. Margit Haas

Institut für Petrologie der Universität Wien

Geozentrum, Althanstraße 14

A-1091 Wien

Inhalt

1. Zusammenfassung, Abstract	83
2. Einleitung	84
3. Geologische Rahmenbedingungen	84
4. Sedimentpetrologische Untersuchungsmethoden	88
4.1. Geländetätigkeit	88
4.2. Granulometrie	88
4.3. Leicht- und Schwermineralanalyse	90
4.4. Biogener Inhalt, Biogene Sedimentstrukturen	90
5. Environmentalanalytische Untersuchungsergebnisse	90
5.1. Trennung der Faziesräume	90
5.2. Wimpassing: Aufschluß F	92
5.3. Wimpassing: Aufschluß A	95
5.4. Hornstein: Übersicht zu den Aufschlüssen C, D und E	99
5.5. Hornstein: Aufschluß C	99
5.6. Hornstein: Aufschluß D	103
5.7. Hornstein: Aufschluß E	104
5.8. Bohrungen	107
6. Diagenetische Entwicklung – Dünnschliffanalyse	108
6.1. Kornspezifische Untersuchungsmethoden	108
6.2. Sedimentinhalt und Sedimentbenennung	110
6.3. Diageneseerscheinungen und Environmentalanalyse	110
6.4. Porosität	112
6.5. Environment	112
6.6. Diageneseregime	113
7. Literatur	113

Contents

1. Zusammenfassung, Abstract	83
2. Introduction	84
3. Geological Settings	84
4. Petrologic investigation methods	88
4.1. Fieldwork	88
4.2. Granulometry	88
4.3. Light- and Heavy mineral analysis	90
4.4. Biogenic content, Biogenic sedimentary structures	90
5. Environmentalanalytic results	90
5.1. Separation of different facies areas	90
5.2. Wimpassing: Exposure F	92
5.3. Wimpassing: Exposure A	95
5.4. Hornstein: Survey on the Exposures C, D and E	99
5.5. Hornstein: Exposure C	99
5.6. Hornstein: Exposure D	103
5.7. Hornstein: Exposure E	104
5.8. Drilling results	107
6. Diagenetic evolution – Thinsection analysis	108
6.1 Grainspecific investigationmethods	108
6.2. Sedimentary content and sedimentary nomenclature	110
6.3. Diagenetic appearences and environmental analysis	110
6.4. Porosity	112
6.5. Environment	112
6.6. Diagenetic regime	113
7. Literature	113

1. Zusammenfassung

Die neogenen Sedimente im Raume Hornstein/Wimpassing zeigen im Hinblick auf ihre sedimentologisch-sedimentpetrographische Ausbildung starke Unterschiede. Durch die gegenständlichen Untersuchungen konnten zwei getrennte Faziesräume definiert werden. Sie unterscheiden sich in ihrem mineralogischen, chemischen und granulometrischen Aufbau und werden zusätzlich durch die Ergebnisse der Schwermineralanalyse bestätigt.

Eine gezielte paläontologische Untersuchung war im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgesehen, jedoch konnten bei dünnschliffanalytischen Untersuchungen verfestigter Sedimente auch biogene Hinweise auf das Environment gefunden werden.

Die südlich von Wimpassing verbreitete Faziesentwicklung zeigt in basalen verfestigten Einheiten vollmarine oolithische Sedimente, wohingegen die hangenden unverfestigten Ablagerungen vor allem im Bereich des Vorstrandes – shoreface (Brecherzone)- beziehungsweise im Übergang zum nassen Strand – foreshore (Spritzwasser bis Brandungszone)- abgelagert wurden. Kurzfristige ruhige Sedimentationsverhältnisse führten zur Ausbildung onkoidischer Lagen und machen eine Sedimentation in einer geschützten Bucht unter lagunenähnlichen Bedingungen möglich. Die vollmarine Entwicklung steht im Hangenden unter zunehmend fluviatilen Einfluß. Ob es sich um eine regressive Verschiebung der Küstenlinie oder eine kurzfristig verstärkte Sedimentation aus dem Hinterland handelt, ist nicht eindeutig zu klären.

Das Auftreten vulkanischer Gesteinsbruchstücke (mit trachytoiden Gefügemerkmalen) läßt eine bereits vollkommen erodierte magmatische Auswurfstelle im näheren Untersuchungsgebiet vermuten.

Die Sedimente der zweiten Faziesentwicklung sind am Terrassenabfall zu den Leithaalluvionen in mehreren Aufschlüssen zu beobachten.

Die basalen Einheiten lassen sich mit marin betonten Deltaablagerungen in Verbindung bringen (Brecherzone, vorgelagerte Sandbänke), welche im Hangenden ebenfalls zunehmend fluviatil beeinflusst sind. Durch wechselnde Schichtfolgen toniger Silte und Feinsande sowie das Auftreten fluviatiler Rippelmarken und kleinmaßstäblicher Schichtentwicklungen ist eine zusätzliche laterale Verschiebung innerhalb eines Deltasystems zu vermuten. Demnach handelt es sich um Seitenrinnen eines Deltas sowie dessen feinsedimentäre ufernahe Ablagerungen.

Als Hauptliefergebiet der neogenen Sedimente wird auf Grund des Schwermineralspektrums das kupfelförmig aufgewölbte Altkristallin im Achsenbereich des Leithagebirges bezeichnet.

Mit der Untersuchung diagenetischer Erscheinungsformen im Dünnschliff wurden letztendlich postsedimentäre Hinweise zu frühdiagenetischen Prozeßabläufen im meteorisch-phreatischen Environment sowie in der Mischungszone von meteorisch-marin phreatischen Wässern gefunden.

Abstract

The Neogene sediments from the area of Hornstein/Wimpassing show strong differences within their sedimentological and petrographical development. Investigations have defined two separated facies, which differ in their mineralogical, chemical, and granulometric composition. This was also confirmed by heavy mineral analysis.

A specific palaeontological investigation was not the aim of this work, nevertheless some biogenic indications on the environment have been observed from thinsection analysis of consolidated sediments.

The consolidated units at the bottom of the southern area of Wimpassing show typical marine oolitic sediments. However, at the top of the sequence loose sediments mostly originate from the shoreface or from the transition area, but also do originate from a foreshore environment. Immediate calm sedimentation conditions led to the formation of onkoidic sedimentary layers. This might be a clue for a corresponding lagunary sedimentation in a quiet sheltered bay. The marine environment, observed within the basic units, undergoes to a more fluvial influence. If this is the result of a regressive translation of the coastal line or just the result of an immediate forced sedimentation from the landscape area could not be precisely defined.

Some volcanic rock-fragments (with trachytoidal textures) give an idea of a completely eroded preexisting magmatic eruptive outcrop in the nearest investigated area. The sediments of the second facies are situated on the terrace slope close to the Leitha-alluvial sediments. These basic units show marine accentuated delta sediments (shoreface and offshore sand banks) that have a more fluviale influence in the top.

Further more, information about the delta environment are given by the alternating layering of clay-bearing silts and fine sands, by fluviale rippelmarks and small-scaled layering. Lateral shifting within this delta system seems to be evident. Consequently, the sediments can be regarded as product of a delta distributary channel development, including fine sediments of natural levees. Heavy mineral analysis clearly showed that the source area of the Neogene sediments is the dome-shaped arched „old crystalline“ in the axes of the Leitha-mountains.

The investigation of diagenetic developments from thinsections gave postsedimentary clues. Very early diagenetic processes, in meteoric-phreatic environments

as well as in the mixing zone of meteoric-marine phreatic fluids, are responsible for the diagenetic changes in the sediments.

2. Einleitung

Die vorliegende Arbeit ist vorrangig sedimentpetrographischen Untersuchungen zur Ermittlung lokaler spezifischer Ablagerungsmilieus gewidmet. Aus granulometrischen, mineralogischen, dünnschliffanalytischen und schwermineralanalytischen Daten konnten environmentbedingte Zusammenhänge erarbeitet werden. Ein besseres Verständnis der Sedimentationsbedingungen und der faziellen Gegebenheiten im neogenen Ablagerungsraum des Gebietes um Hornstein/Wimpassing wird damit möglich. Die Arbeit stellt somit einen lokalen Beitrag zur Kenntnis der Environmententwicklung im südöstlichen Wiener Becken dar.

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich vom westlich der Gemeinde Hornstein gelegenen Steinviertel bis zu den südlich der Gemeinde Wimpassing befindlichen Bergäckern (Abb. 1).

Mit nur wenigen Ausnahmen (Aufschlüsse A, E und B5) liegen die Aufschlüsse gesamtheitlich im Bereich östlich der Autobahn und westlich der Bundesstraße Hornstein/Wimpassing.

In den offenen Sandabbrüchen sowie den generell in Betrieb befindlichen Sandgruben ist seit dem Zeitpunkt der Probennahme mit einer Änderung der Aufschlußverhältnisse durch witterungs- und gravitationsbedingte Einflüsse sowie durch größere Materialentnahmen zu rechnen.

Bezüglich der in Abb. 1 ausgewiesenen Aufschlußpunkte ist anzumerken, daß die rot definierten Aufschlüsse durchgehend beprobt und environmentanalytisch ausgewertet wurden. Durch die Kenntnis der granulometrischen Daten aus der Siebanalyse konnte in weiterer Folge eine Auswahl an Proben für rohstoffanalytische Untersuchungen herangezogen werden (siehe: HAAS, 1993 a, b).

Die gelb definierten Punkte stellen solche Aufschlüsse dar, welche beispielsweise durch starken Bewuchs, ihre Ausweisung als Naturschutzgebiet oder andere Einschränkungen von den Untersuchungen ausgeschlossen werden mußten.

Die grün definierten Punkte stellen ausgewählte Bohrpunkte im Hinterland der obengenannten Aufschlüsse dar. Die Bohrungen wurden als Bohrsondierungen niedergebracht und ermöglichen hinsichtlich der Environmentanalyse eine nur eingeschränkte Aussagemöglichkeit.

Jedoch kann auf Grund des Schwermineralbestandes, der Mineralogie sowie der Korngrößenverteilung ein

genereller Vergleich zu den Proben der offenen Sandabbrüche getroffen werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind ein Teil meiner Diplomarbeit (HAAS, 1993 b), welche bei Herrn Prof. Dr. H. Kurzweil am Petrologischen Institut der Universität Wien in den Jahren 1989 bis 1993 entstand.

Das Untersuchungsgebiet ist Teil des Projektes „Rohstoffpotential Raum Wien Ost und Südost“, welches im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung, des Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten sowie der Ämter der Landesregierungen von Burgenland und Niederösterreich gemeinsam mit der Geologischen Bundesanstalt durchgeführt wird.

Für die vielfältigen Hilfestellungen, welche das Zustandekommen dieser Arbeit erst ermöglichte, möchte ich vor allem Herrn Prof. Dr. H. Kurzweil, Herrn Prof. Dr. P. Faupl und Herrn Dr. R. Sauer herzlich danken. Außerdem bedanke ich mich bei Herrn Dr. O. Schreiber für die paläontologische Bestimmung einzelner Fossilien aus den Dünnschliffpräparaten. Mein besonderer Dank gilt letztendlich Herrn Mag. W. Strasser, der mir bei der Probennahme auf wackeliger Leiter beziehungsweise am Seilzug beistand sowie all meinen Freunden, die mir durch ihre Geduld und ihr Verständnis eine große Unterstützung waren.

3. Geologische Rahmenbedingungen

Das untersuchte Gebiet ist Teil des südöstlichen Wiener Beckens. Durch das Aneinandergrenzen zweier differenzierter Sedimentationseinheiten nimmt das Gebiet eine Sonderstellung ein.

Das inneralpine Wiener Becken trifft hier unmittelbar auf das Eisenstädter Becken, welches durch seine regionale Stellung zwischen Leithagebirge, Rosalia, Wr. Neustädter Pforte und dem Brennbach das erste unmittelbar anschließende Alpenostrandbecken darstellt (TOLLMANN, 1985).

Beide genannten Becken verweisen jedoch auf eine ähnliche Entwicklungsgeschichte mit weitgehend gleichen Schichtfolgen und dem Schwerpunkt der Subsidenz vom Baden bis ins Pannon.

Der sedimentologische Unterschied ist durch die Gegenüberstellung des tieferen Ablagerungsraumes im Eisenstädter Becken zum unmittelbaren Flachwasserbereich am Wiener Beckenrand gegeben. Im Anteil des Wr. Beckens liegt der Schwerpunkt auf klastisch – kalkiger Sedimentation, während in der stillen Randbucht des Eisenstädter Beckens mergelig – kalkige Ablagerungen dominieren (SOHS, 1963).

Das Eisenstädter Becken begann im unteren Baden abzusinken. Das Meer der Paratethys, mit der Tethys in direktem Zusammenhang stehend, erfüllte die Senke

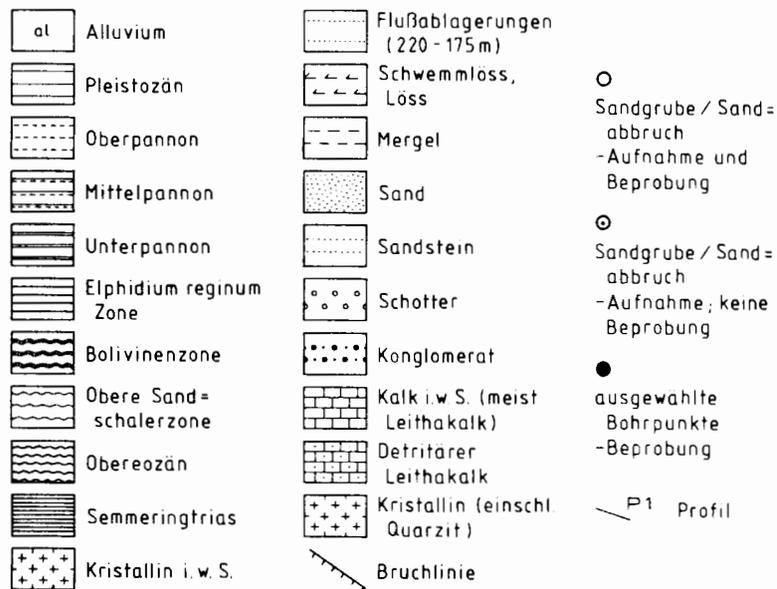
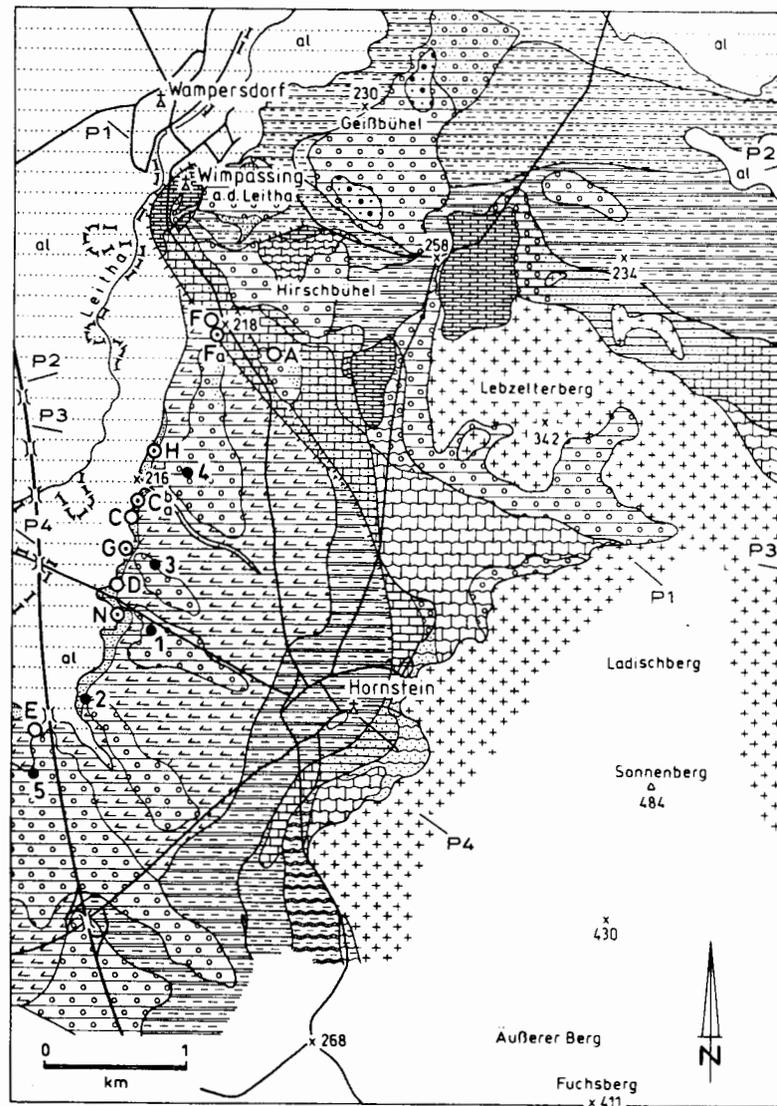


Abb. 1: Untersuchte Aufschlüsse und Bohrungen im Raume Hornstein/Wimpassing. Geologische Karte des untersuchten Arbeitsgebietes (umgezeichnet nach SOHS, 1963)

Fig. 1: Investigated outcrops and drillings in the area of Hornstein/Wimpassing. Geological map of the investigated area (redrawn from SOHS, 1963).

und drang transgressiv durch die Wr. Neustädter – Ödenburger Pforte ins Wr. Becken ein.

Während des mittleren Baden erreichte das Wr. Becken seine maximale Ausdehnung. Eine Sedimentabfolge von Konglomeraten, Sanden, Mergeln sowie Kalken (Leithakalk i. w. Sinn) liegt dem Kristallin im untersuchten Gebiet transgressiv auf.

Nach der vollmarinen Entwicklung des unteren und mittleren Baden kam es in weiterer Folge zu häufigen Schwankungen der Küstenlinie, was sich in einem ständigen Wechsel von Transgressions- und Regressionsphasen ausdrückt.

Bedingt durch eine weitläufige Hebung weiter Teile Europas zu Ende des Baden kam es zum Rückzug des Meeres, wobei die artenreichen, marinen Faunen des unteren Baden zu Gunsten einer arm-marinen Entwicklung im oberen Baden verschwanden.

Im Sarmat setzte mit der Abschnürung der Tethys zur Paratethys die Aussüßung ein.

Der brachyhaline Charakter des Meeres (Salinität 3% bis 1,7%) steht den hochmarinen, euhalinen Ablagerungen gegenüber. Im unteren Sarmat folgt zunächst den regressiven Tendenzen des oberen Baden ein rapider Anstieg der Küstenlinie. Die Sedimentation von Konglomeraten, Kalken i. w. Sinn (meist Leithakalk), detritärem Leithakalk, Sandstein sowie Mergel erfolgte transgressiv auf die basalen Einheiten des mittleren Baden. Geht man von einer vorhandenen Verbindung zur Tethys aus, so können nur eustatische Meeresspiegelschwankungen dafür verantwortlich gemacht werden, da das Salzwasser bei starkem Zufluß von Süßwasser (z.B. zumündende Flußsysteme) durch diesen Tethysabfluß verdrängt werden würde (TOLLMANN, 1955).

Das Obersarmat wird dominiert durch einen vollkommenen Rückzug des Meeres sowie das Fehlen entsprechender Ablagerungen im Untersuchungsgebiet.

Im Pannon sinkt der Salzgehalt der abgeschnürten Paratethys weiter ab (THENIUS, 1974). Das pontische Meer hat nur noch 0,2% Salinität (oligohalin), und schließlich herrschen Süßwasserverhältnisse vor (TOLLMANN, 1955). Der Sedimentationsinhalt ist mergelbetont, mit vereinzelt sandigen Einschaltungen. Schließlich zeichnet sich das Pannon und Pont durch einen komplizierten Wechsel von Transgressions- und Regressionsphasen ab, welcher nicht allein durch tektonische Vorgänge erklärbar ist:

Änderungen der Verdunstungsrate und der Zuflußmenge sowie geringe klimatische Wechsel zeigen ihre Auswirkung sehr rasch und werden durch häufige Schwankungen der Küstenlinie dokumentiert (TOLLMANN, 1955).

Die Überlegung, daß Klimaschwankungen während des Baden, Sarmat und besonders während des Pannon und Pont einen Beitrag zu Änderungen der Küstenlinie

lieferten, wird durch BERGERS (1953) klimaspezifische, paläontologische Florenuntersuchung zusätzlich untermauert. Die letzte Sedimentationsperiode wurde im Pont abgeschlossen, bei gleichzeitigem Einsetzen der Verlandungsphase.

Im geographischen Sinn konzentrieren sich die nachfolgenden sedimentpetrologischen Untersuchungen auf die südwestlich dem Leithagebirge vorgelagerten Niederungen zwischen Wimpasing im Norden und Hornstein im Süden.

SOHS (1963) erarbeitete eine geologische Karte (Abb. 1) mit mehreren geologischen Profilen (Abb. 2), durch welche auch der Untergrund des Arbeitsgebietes charakterisiert wird.

Das Altkristallin ist im Achsenbereich des Leithagebirges kuppelförmig aufgewölbt und trägt an den Flanken geringmächtige Reste permomesozoischer Sedimente (DELLMOUR & WIDDER, 1989).

Glimmerschiefer, Schiefergneise und Quarzphyllite bilden den Hauptbestand des Kristallin. Weiters können vereinzelt Granat und akzessorischer Turmalin festgestellt werden. Orthogneise (Sonnberg), Granatamphibolite sowie fallweise auftretende pegmatitische Einschaltungen vervollständigen den Gesamteinhalt des altkristallinen Untergrundes.

Die permomesozoische Hülle setzt sich überwiegend aus Alpinem Verrucano (TOLLMANN, 1985), Semmeringquarzit und Dolomit zusammen.

Die stratigraphische Gliederung der transgressiv auflagernden tertiären Flachwassersedimente ist durch die Dominanz verschiedener Foraminiferengesellschaften zu verschiedenen Zeitpunkten gegeben. Aus dem Vergleich der geologischen Karte des Arbeitsgebietes mit der generellen stratigraphischen Abfolge des Wr. Beckens (TOLLMANN, 1985) ist das Fehlen bestimmter Schichtglieder im Untersuchungsgebiet erkennbar.

Durch ein System von Staffelbrüchen werden die neogenen Kalke, Kalksandsteine und Dolomite des Baden und Sarmat deutlich gegenüber den Sanden und Tonmergeln des Pont abgesetzt.

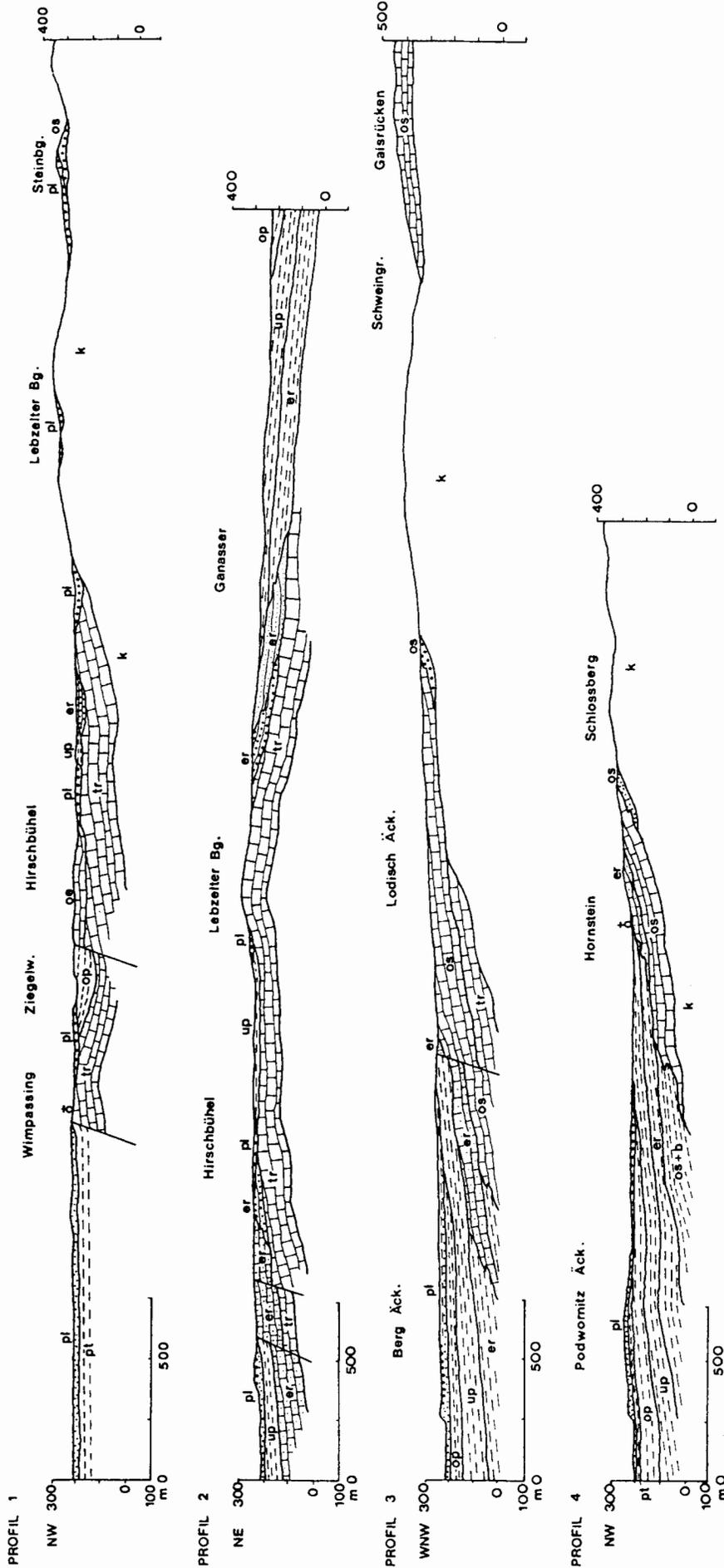
Nachträglich wurden die beiden letzteren im Pleistozän in der Bucht von Hornstein zu einer Terrassenlandschaft umgestaltet.

Die Begrenzung gegen das Leithatal bildet eine Erosionskante, welche durch Umlagerung von Löß und Feinsand stark verschliffen wurde und die Hänge verflacht hat (PIRKL & SCHMID, 1979).

Die tieferliegenden Schotterkuppen und Fluren längs der Leitha sind dem Jungpleistozän zuzuordnen (SOHS, 1963). Schwemmkegel der Bäche sowie tiefliegende

Abb. 2 (rechts): Geologische Profile durch das Arbeitsgebiet (umgezeichnet nach SOHS, 1963).

Fig. 2 (right): Geological profiles in the investigated area (redrawn from SOHS, 1963).



- Mergel
- Sand
- Sandstein
- Schotter
- Konglomerat
- Kalk

- detritärer Leithalk
- Kristallin
- Pleistozän
- Pont
- Oberpannon
- Unterpannon

- er Elphidium reginum Zone; Untersarmat
- b, os Bolivinen -, Obere Sandschalarzone; Mittleres Baden
- oe Obereozän
- tr Semmeringtrias
- k Kristallin
- / Störung

Akkumulationsflächen sind dann holozänen Alters und beenden den Sedimentationsablauf.

4. Sedimentpetrologische Untersuchungsmethoden

4.1. Geländetätigkeit

Unter Berücksichtigung der environmentspezifischen Fragestellung wurde die Geländetätigkeit auf die sedimentologische Aufnahme und Beprobung bereits vorhandener Geländeaufschlüsse sowie die Probennahme mittels Sondiernadel an 5 ausgewählten Bohrpunkten beschränkt.

Die in Abb. 1 rot dargestellten Aufschlüsse wurden eingehend beprobt und sind neben den geländemäßig erfaßten unbeprobten Aufschlüssen (gelb) sowie den Bohrpunkten (grün) eingezeichnet.

Nach Abklärung der Eigentumsverhältnisse und Genehmigung durch die Grundeigentümer wurden in den entsprechenden Aufschlüssen insgesamt 109 Proben gezogen, von denen 95 aus Sandgruben bzw. natürlichen Geländeaufschlüssen stammen. Die restlichen 14 Proben entstammen den Bohrpunkten, wobei deren maximal erreichte Teufen nur knapp 4m überschreiten. Die Lage, die Art der Aufschlüsse sowie die Eigentumsverhältnisse der beprobten Aufschlüsse werden in meiner Diplomarbeit (HAAS, 1993 b) beschrieben. Alle Aufschlüsse finden sich auf ÖK Blatt 77, Eisenstadt (1986).

Die in Form geologischer Vertikalprofile dargestellten Aufschlüsse wurden bezüglich ihrer sedimentären Strukturen, der Farbgebung sowie auf Grund des Sedimentinhaltes wie Konkretionen, Fe/Mn-reichen Horizonten, Feinsandlinsen etc. und des offensichtlichen biogenen Inhaltes (z.B. Ophiomorpha) unterschieden und in Horizonte bestimmter Mächtigkeiten gegliedert. Neben den Messungen des Schichteinfallens ungestörter Sedimentfolgen wurden zur Feststellung eventueller tektonischer Einflüsse auch kleine Brüche in den Aufschlüssen berücksichtigt.

Die im Labor durchgeführte Korngrößenanalyse sowie die Farbbestimmung mittels „rock colour chart“ an den getrockneten und gemahlten Proben wurde bei der zeichnerischen Darstellung der Profile berücksichtigt.

4.2. Granulometrie

Die Korngrößenbestimmung erfolgte durch Siebung nach DIN 51033 sowie durch Norm-Siebung nach ASTM (American Standard Mesh).

Die Siebsätze nach ASTM bieten eine engere Abstufung der Korngrößenklassen, was in weiterer Folge z.B. genauere Aussagen zu environmentspezifischen Fragestellungen zuläßt. Als Kornklassengrenzen wurden gewählt: 8mm (-3 Phi), 4mm (-2 Phi), 2,8mm (-1,5 Phi),

2mm (-1 Phi), 1,4mm (-0,5 Phi), 1mm (0 Phi), 0,71mm (0,5 Phi), 0,5mm (1 Phi), 0,355mm (1,5 Phi), 0,25mm (2 Phi), 0,18mm (2,5 Phi), 0,125mm (3 Phi), 0,09mm (3,5 Phi), 0,063mm (4 Phi), 0,032mm (5 Phi). Nach der Naßsiebung wurden die Feinkornklassen < 32 µ bei allen Proben mittels Sedigraph zusätzlich bis mindestens 0,25 µ analysiert.

Die Sedimentbenennung erfolgte mittels des Benennungsdreieckes (Sand-Silt-Ton) nach FÜCHTBAUER (1959) und MÜLLER (1961). Bei einem Anteil des Silt- und Tongehaltes von weniger als 50% wurde das Benennungsdreieck Kies-Sand-Silt+Ton verwendet. Die Korngrößenbestimmung erfolgte nach DIN 4022. Der **Rundungsgrad** der Sande wurde mikroskopisch an sechs Siebfractionen im Sandbereich ermittelt (0,063mm - 0,09mm; 0,125mm - 0,18mm; 0,25mm - 0,355mm; 0,5mm - 0,71mm; 1mm - 1,4mm; 1,4mm - 2mm). Die Bestimmung erfolgte nach den Rundungsklassen von POWERS (1953).

Arithmetisches Mittel (mean)

$$\bar{x} = \frac{(q_1 x_1 + \dots + q_n x_n)}{100}$$

Standardabweichung (standard deviation)

$$\sigma = \sqrt{\frac{q_1 (x_1 - \bar{x})^2 + \dots + q_n (x_n - \bar{x})^2}{100}}$$

Momentkoeffizient der Schiefe (skewness)

$$\alpha_3 = \frac{[q_1 (x_1 - \bar{x})^3 + \dots + q_n (x_n - \bar{x})^3]}{100 \sigma^3}$$

x... Kornklassenmittelpunkt in Phi - Einheiten

q prozentuelle Häufigkeit in der Kornklasse

Die Bestimmung der **deskriptiven Korngrößenparameter** erfolgte unter Anwendung der „Momentstatistik“. Diese wird errechnet unter Einbeziehung der Anteile aller Korngrößenfraktionen (MARSAL, 1967), wodurch die Ergebnisse repräsentativer sind als bei der Anwendung graphischer Methoden, die ihre Aussagen auf nur wenige Bezugsgrößen aus der Summenlinie beziehen.

Die Klassifizierung der Sedimente nach der *Sortierung* erfolgte nach FRIEDMAN (1962) aus den Werten der Standardabweichung.

Zur Faziesinterpretation fossiler Sande eignet sich am besten die *Schiefe*, da sie sehr empfindlich auf fazielle Veränderungen reagiert.

Charakterisiert man innerhalb der Küstenzone die Bereiche „Swash“, „Berm“ und „Dune“, so ergeben sich für ersteren charakteristische Schiefewerte von < 1 Phi, für die „Berm“- Sedimente Werte um ca. 1 Phi und deutlich > 1 Phi für Dünenablagerungen. Der

Schelfbereich zeigt generell negative Schiefewerte, während der Kontinentalhang wiederum positive Werte aufweist (FRIEDMAN, 1979).

Der Großteil der Proben zeigt Schiefekoeffizienten um ca. 1 Phi, wodurch Ablagerungsbedingungen im Küsten- und Küstennahbereich dokumentiert werden.

Durch die Parameterkorrelation von Mittelwert gegen Schiefe lassen sich zwei Gruppen innerhalb der korrelierten Sande differenzieren: Der *Mittelwert* der Sande aus den Aufschlüssen A und F zeigt deutlich niedrigere Werte und charakterisiert somit eine grobkörnigere Entwicklung im Gegensatz zu den Proben der Aufschlüsse C, D, E und B1–B5, welche Mittelwerte bis über 8 Phi haben und somit wesentlich feinkörniger sind.

In der Parameterkorrelation Sortierung gegen Mittelwert läßt sich dieser Trend ebenfalls beobachten.

Eine räumliche Trennung von zwei sedimentären Entwicklungsstadien ist damit evident. Als Ursache für die durchwegs schlechte Sortierung und die „Schiefen“-Entwicklung der Sande kommen Transport- und Ablagerungsmechanismen in Frage, welche auf Grund unterschiedlicher energetischer Verhältnisse im Ablagerungsraum auftraten.

CM - Norm

Die CM-Norm nach PASSEGA (1957, 1964) ist eine weitere graphische Methode, um Verknüpfungen zwischen bestimmten Kornverteilungen und dem Ablagerungsmilieu herstellen zu können. Im sogenannten CM-Diagramm wird der grobe 1% Wert C mit dem 50% Wert M (Median) korreliert. Dadurch können verschiedene Bereiche abgegrenzt werden, die, von rezenten Ablagerungsräumen abgeleitet, eine Zuordnung zum Sedimentationsmilieu und zur Transportart ermöglichen.

PASSEGA (1964) unterscheidet die Bereiche N–O–P–Q–R–S–T, welche jeweils einer bestimmten Transportart entsprechen:

- N... rolling transport
- O... rolling - rolling and suspension transport
- P... rolling and suspension transport
- Q... suspension and rolling transport
- R... graded suspension transport
- S... uniform suspension transport
- T... pelagic suspension transport

Eine spätere Erweiterung des CM-Diagrammes in neun Klassen (PASSEGA & BYRAMJEE, 1969) erleichtert mit den ausgewiesenen Feldern die Zuordnung zu bestimmten Sedimentationsbereichen. Dies vor allem deshalb, weil nicht die Lage der Einzelprobe im Diagramm dafür maßgebend ist, sondern die Positionen aller Projektionspunkte und das dabei gebildete Verteilungsmuster für sedimentologische Beurteilungen herangezogen werden.

Die bei den jeweiligen Aufschlüssen besprochenen Proben im CM-Diagramm werden, sofern ein charakteristisches Verteilungsmuster der einzelnen Projektionspunkte vorliegt, dunkel schraffiert und der von PASSEGA (1957) vorgegebenen Form des Feldes rezenter Küstenablagerungen Floridas gegenübergestellt (strichliertes Feld).

Einteilung des CM-Diagrammes in neun Klassen

- | | |
|-----------------------|--|
| I, II, III, IX | C > 1 |
| | vorwiegend rollender Transport der Körner; wenig Suspensionssedimentation oder eine geringe Transportweite sind charakteristisch für diese Bereiche. |
| IV, V, VI, VII | C < 1 |
| | vorwiegend Suspensionstransport; rollend transportierte Körner < 1mm können vorhanden sein. |
| IV, V, VI | Transport in gradierter Suspension |
| IV... | hochenergetischer Bereich (high turbulence) |
| V... | mittlerer Energiebereich (moderate turbulence) |
| VI... | niedrigenergetischer Bereich (low turbulence) |
| VII | Transport in homogener Suspension |
| VIII | Transport in homogener und pelagischer Suspension |

Faziesanalyse nach VISHNER (1969)

Durch die Darstellung der Kornsummenkurve im Wahrscheinlichkeitsnetz lassen sich Sande als Mischung von meist drei lognormalen Verteilungen beschreiben. Jede Verteilung wird durch eine Gerade dargestellt, welche einer bestimmten Transportart und Sedimentationsart entspricht.

VISHNER (1969) unterscheidet demnach drei Transportarten:

- schwebender Transport Suspension
- springender Transport Saltation
- rollender Transport Traction, surface creep, rolling

Diese vereinfachte Darstellungsart einer Kornsummenkurve ermöglicht letztendlich eine gute Vergleichsmöglichkeit von Kurven aus rezenten Sedimenten mit jenen aus fossilen Ablagerungen. Eine fazielle Abgrenzung auch von eng angrenzenden Sedimentationsbereichen wird dadurch ermöglicht, wobei einschränkend hinzuzufügen ist, daß manche Kurventypen durch weitgehend idente Ausbildungen Interpretationen von bestimmten Sedimentationsmilieus erschweren bzw. auch unmöglich machen können.

Die im Untersuchungsgebiet Hornstein/Wimpasing auftretenden Sedimente sind vor allem dem Küstenbereich beziehungsweise einem marin - fluviatil beeinflussten Deltaenvironment zuzuordnen.

REINSON (1984) gliedert die Küste in den Vorstrand (shoreface) mit der flach abfallenden Seichtwasserzone (shoaling zone), der Brecherzone (breakerzone) und der Brandungszone (surf zone) sowie den nassen Strand

(foreshore) mit der Spritzwasserzone (swash zone) und den trockenen Strand (backshore).

Die Sedimente des Vorstrandes zeichnen sich durch eine eher sandige Entwicklung mit häufig auftretenden Lebensspuren von Skolithos aus, während die beckenwärts gelegenen Sedimente des offshore Bereiches wesentlich feiner sind (muddy substrate).

Die Spritzwasserzone (swash zone), die Brandungszone (surf zone) und die Brecherzone (breaker zone) unterscheiden sich durch ihre verschiedenen Energieverhältnisse im Bewegtwasserbereich sowie durch die daraus resultierenden Unterschiede in der Korngrößenverteilung und Sortierung. VISHNER (1969) konnte, wie bereits erwähnt, mittels Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz diese drei Zonen trennen, wobei die Spritzwasserzone zwei charakteristische Subpopulationen vorweist, welche auf das Auflaufen (swash) und Rücklaufen (backwash) gebrochener Wellen im Strandbereich zurückzuführen sind.

Weitere Beispiele für environmentspezifische Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz sind in der entsprechenden Arbeit von VISHNER (1969) zu finden und wurden bei der Auswertung der hier besprochenen Kornsummenkurven zu Vergleichszwecken herangezogen.

4.3. Leicht- und Schwermineralanalyse

Der **Leichtmineralanteil** wurde an 36 ausgewählten Proben mit Hilfe der Röntgendiffraktometrie (XRD) ermittelt (analytische Daten siehe Diplomarbeit: HAAS, 1993 b).

Prinzipiell setzt sich der Leichtmineralanteil der Sande aus Quarz, Alkalifeldspat, Plagioklas sowie Calcit, Ankerit, Dolomit und Tonmineralen in stark wechselnden Mengenanteilen zusammen.

Schwermineralanteile wurden an 49 Proben aus den Aufschlüssen A, F, C, D, E sowie den Bohrungen B1, B2, B3, B4 und B5 bestimmt. Die Analysen erfolgten an Streupräparaten der Fraktionen 63, 90 und 125 µ. Die Untersuchungen wurden einerseits aus rohstoffwirtschaftlichen Gründen (HAAS, 1993 a), andererseits zur Bestimmung des Liefergebietes, der Schüttrichtung und des Ablagerungsmilieus der Sedimente und, darüberhinaus, auch zur faziellen Abgrenzung einzelner Teilgebiete vorgenommen.

4.4. Biogener Inhalt, Biogene Sedimentstrukturen

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten paläontologischen Untersuchungen beschränken sich auf Beobachtungen biogener Erscheinungsformen in den Aufschlüssen sowie auf dünnschliffanalytische Untersuchungen der karbonatisch zementierten Horizonte im Aufschluß F. Eine systematische Analyse des Biogeninhaltes wurde jedoch nicht durchgeführt.

Aus den Liegendbereichen des Aufschlusses E wurde ein verstärktes Auftreten mariner Lebensspuren vom Typ Ophiomorpha beobachtet.

Diese zur Skolithos Ichnofazies zählenden vagilen bis halbsessilen Suspensionsfresser treten in relativ hochenergetischen Wellen- und Strömungsbereichen auf (FREY et al., 1978). Abrupte Wechsel bezüglich der Sedimentationsrate, der Erosion sowie der Aufarbeitung des Sedimentes sind häufig. Derartige Bedingungen treten vor allem im Bereich des nassen Strandes (foreshore) und des Vorstrandes (shoreface) sowie in gezeitenbeeinflussten Deltabereichen und Ästuaren auf. Sedimentäre Strukturen von feinen parallelen bis subparallelen Laminae, welche seewärts einfallen, bis zu groß- bis kleindimensionalen trogförmigen Kreuzschichtungen inklusive Rippelstrukturen sind zu beobachten.

Der biogene Inhalt in diesen Küstenbereichen ist auf Grund der starken physikalischen Aufarbeitung der Sedimente sonst allgemein gering. Die Wohnbauten dieser grabenden Organismen geben deshalb wichtige sedimentologische Hinweise.

5. Environmentanalytische Untersuchungsergebnisse

5.1. Trennung der Faziesräume

– mittels Schwermineralspektren

Beilage I verdeutlicht, daß die unmittelbar im Gelände nebeneinander liegenden Aufschlüsse sowohl räumlich wie auch zeitlich nach ihren sedimentologischen Entwicklungen getrennt werden können.

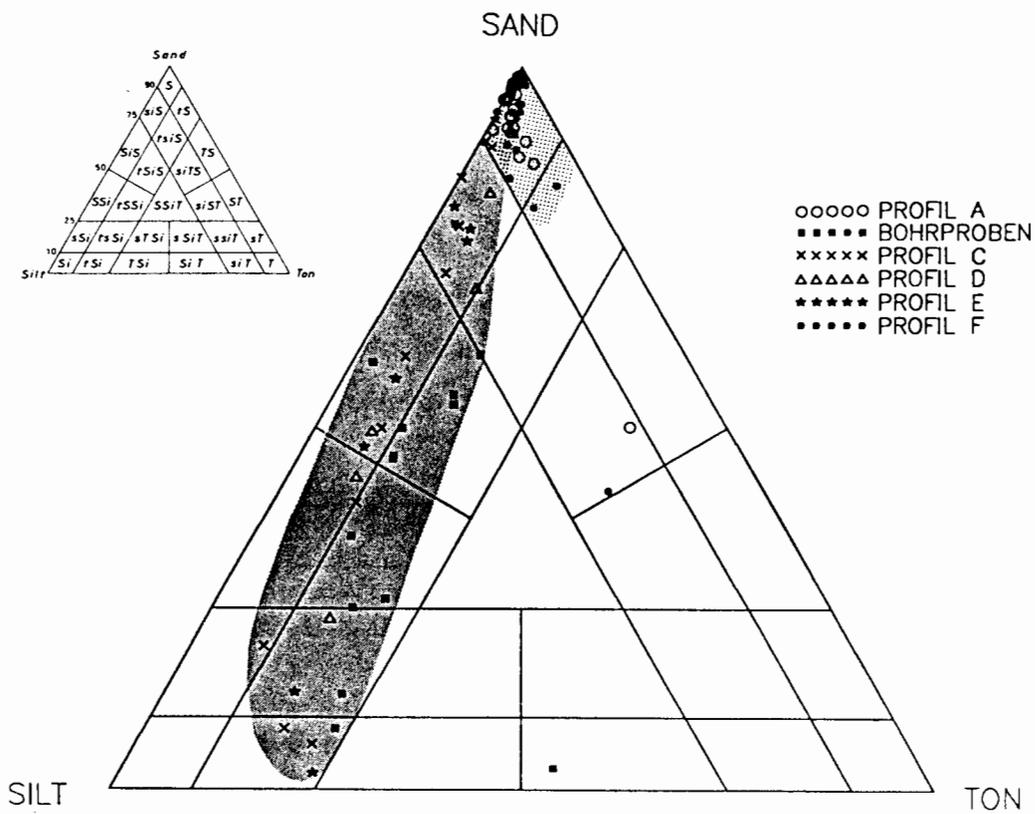
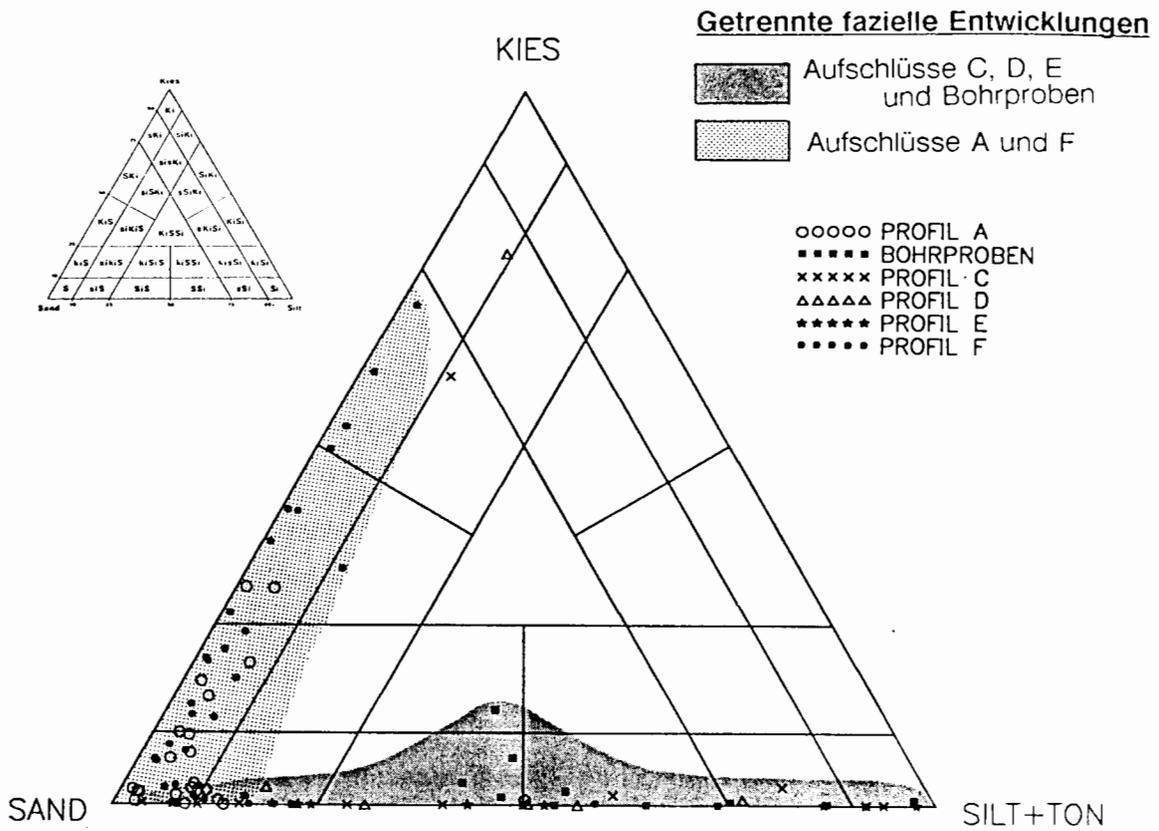
Die Spektren Granat-Turmalin-Rutil (Aufschlüsse A und F) und Granat-Epidot-Hornblende (Aufschlüsse C, D, E sowie die Bohrungen B1–B5)

Abb. 3 (rechts): Proben aus dem Gebiet Hornstein/Wimpassing im Benennungsdreieck Kies/Sand/Silt+Ton (nach FÜCHTBAUER, 1959 und MÜLLER, 1961).

Fig. 3 (right): Samples from the area of Hornstein/Wimpassing in the nomenclature triangle gravel/sand/silt+clay (after FÜCHTBAUER, 1959 und MÜLLER, 1961).

Abb. 4 (rechts): Proben aus dem Gebiet Hornstein/Wimpassing im Benennungsdreieck Sand/Silt/Ton (nach FÜCHTBAUER, 1959 und MÜLLER, 1961).

Fig. 4 (right): Samples from the area of Hornstein/Wimpassing in the nomenclature triangle sand/silt/clay (after FÜCHTBAUER, 1959 und MÜLLER, 1961).



verweisen einerseits auf differenzierte Kristallinbereiche, die als Schüttungs- und Liefergebiet für die Herkunft der Sedimente in Frage kommen, andererseits auf zeit- bzw. erosionsbedingte Unterschiede, die im Ablauf von Verwitterungs- und Transportprozessen wirksam werden können.

Die schwermineralanalytische Trennung dieser beiden ausgewiesenen Faziesräume kann mit letzteren Vorgängen, nämlich daß die Erosion zu unterschiedlichen Zeitpunkten an bestimmten kristallinen Einheiten stärker oder schwächer war, erklärt werden. Bemerkenswert ist das verstärkte Auftreten von Staurolith und Disthen in den Granat-Epidot-Hornblende betonten Spektren sowie ein beachtliches Vorkommen von Sillimanit (bis zu 6% im Aufschluß C). Die bis zu 3% auftretenden Titanitgehalte können einerseits aus den kristallinen Schieferen stammen, andererseits ist eine Herkunft aus sauren-intermediären, magmatischen Gesteinen nicht auszuschließen. Die mikroskopisch häufig beobachtbaren vulkanischen Gesteinsbruchstücke (siehe Tafel 3) sind gleichzeitig als Anzeiger einer lokalen, bereits vollkommen erodierten vulkanischen Einheit anzusehen.

In allen Vertikalprofilen sind keine tendenziellen Änderungen im Schwermineralspektrum zu erkennen, welche auf Grund von verwitterungs- und klimabedingten Ab- und Anreicherungen sowie eventuellen pH-Änderungen während der Diagenese entstehen hätten können.

– mittels Korngrößenverteilung

In den Benennungsdreiecken Kies/Sand/Silt+Ton (Abb. 3) und Sand/Silt/Ton (Abb. 4) nach FÜCHTBAUER (1959) und MÜLLER (1961) ist die fazielle Abgrenzung der sandig-kiesigen vollmarinen Sedimente (Aufschluß A und F) zu den sandig-siltigen Sedimenten des marin beeinflussten Deltaenvironments (Aufschlüsse C, D, E) ersichtlich. Die unterschiedliche sedimentpetrographische Entwicklung der beiden Ablagerungsräume wird hiermit verdeutlicht.

5.2. Wimpassing: AUFSCHLUSS F

(Beilage 3, Abb. 1–4)

Profilbeschreibung

Der Aufschluß F liegt nach der geologischen Karte von SOHS (1963) im Bereich der sarmatischen Elphidium reginum Zone. Der Fund eines Pectinidenbruchstückes läßt jedoch die Möglichkeit offen, die Ablagerungen als dem Baden zugehörig einzustufen (HERRMANN, 1987).

Eine westlich der Bundesstraße verlaufende Störungszone zeigt ihre Auswirkungen im westlichen Teil des

Aufschlusses, wo die schichtparallelen Lagen durch drei geringfügige vertikale Störungen im Dezimeter- bis Meterbereich versetzt und schließlich im westlichsten Teil der Grube, im Bereich der Hauptstörung, vollkommen verschleppt sind.

Die rinnenförmig abgelagerten fluviatilen Sedimente im Hangenden der Hauptbruchzone sind als posttektonisches Ereigniszusehen, wobei durch die Absenkung der neogenen Ablagerungen entlang der Bruchzone eine natürliche Wegigkeit für ein fluviatiles System an der vorgegebenen Schwächezone gebildet wurde.

Die sedimentpetrographische Aufnahme des vertikalen Profils erfolgte im mittleren, ungestörten Grubenbereich (Beilage 3, Abb. 1). Das allgemeine Schichteinfallen ist in diesem Abschnitt mit 055/0° gegeben.

Die Sedimente im unmittelbaren Basalbereich (Proben 48, 47, 46, 45, 44, 43, 42) sind teilweise bis vollkommen karbonatisch zementiert (siehe auch Kapitel 6.). Ein 2 m mächtiger, stark sandiger Kalkoolithhorizont setzt sich nach einer geringmächtigen feinsedimentären Kalkschlammeinschaltung bis zum Horizont 45 fort.

Weiter gegen das Hangende ist eine eindeutige Abnahme der oolithischen Entwicklung bei gleichzeitiger Zunahme von Peloiden und Onkoiden zu erkennen. Dem liegt eine Änderung der energetischen Verhältnisse im Ablagerungsraum zu Grunde, wobei die basalen Oolithe ein hochenergetisches Bildungsmilieu im warmen, flachmarinen Küstenbereich benötigen. Das Auftreten von Biogenen und Onkoiden ab Probe 44 spricht für eine Änderung zu ruhigeren Energieverhältnissen im Peritidalbereich der Küste. Die an den Siliciklastika bzw. oolithischen Komponenten durchgeführten dünn- schliffanalytischen Korngrößenuntersuchungen wurden nach einem Überblicksverfahren gewonnen (siehe Kapitel 6.). Das Ergebnis ist eine Fein- bis Mittelsandentwicklung mit der grobschluffigen Einschaltung im Bereich der Probe 47. Mit einem siltigen, stark kiesigen Feinsandhorizont (41) endet die erste massiv zementierte Sedimentabfolge.

Überwiegend lose Feinsande mit linsigen Strukturmerkmalen folgen im Hangenden mit ca. 2,5m Mächtigkeit.

Danach tritt abermals ein Bereich mehr und weniger stark zementierter Horizonte auf, doch sind im Vergleich zu den basalen Lagen keine Ooide mehr zu beobachten. Auffallend für diesen Abschnitt ist eine massive Anreicherung biogener Schalenreste. Auch konnten in vereinzelt Lagen Lebensspuren von Ophiomorpha festgestellt werden. Die Horizonte 31, 29 und 22 lassen durch ihren erhöhten Kiesanteil kurzfristige Unterbrechungen der gleichförmigen, sandigen Sedimententwicklung erkennen, wobei grobkörnigere Schüttungen aus dem kristallinen Hinterland verantwortlich zu machen sind. In den Sedimentstrukturen

sind lediglich Wechsel von eben laminierten und massigen Sedimentkörpern zu unterscheiden.

Ab Probe 19 sind kiesige bis stark kiesige Fein- bis Mittelsande in Wechsellagerung mit Fein- und Mittelsanden verbreitet. Die prägnanten Horizonte 14, 15 (stark sandiger Kies) und 18 (stark kiesiger Mittelsand) zeigen dünne Mangan/Eiseninkrustierungen der Siliciklastika. Ihre Bildung wird einerseits auf Mn/Fe-Lösungen aus überwiegend Tonmineralkomponenten zurückgeführt, andererseits ist eine sekundäre Einbringung von Mn/Fe-übersättigten Lösungen entlang feiner Klüfte nicht auszuschließen.

Im Hangenden ist, beginnend mit einem Fein- bis Mittelsandhorizont (12, 11, 10, 9), ein Übergang zu stark kiesigen Grobsanden (7, 8) zu beobachten, begleitet von einer leichten Korngrößenabnahme zu kiesigen Mittelsanden bis Mittelsanden in den obersten Lagen (6, 5, 4, 3, 2). Die stark sandige Kieslage 1 ist vermutlich dem Quartär zuzuordnen.

Parameterverteilung (Beilage 3)

Die Sedimente der Grube F sind generell als feinkörnig zu bezeichnen, wobei erhöhte Kiesanteile ebenso wie erhöhte Ton- und Siltanteile zu größeren Schwankungen im Korngrößenaufbau führen (Tabelle 1).

Die mittlere Korngröße \bar{x} liegt von der Basis bis zum Horizont 29 meist zwischen 1 und 4 Phi. Nach geringmächtigen gröberen (29) und auch feineren (26) Einschaltungen, welche Werte bis zu 6,89 Phi erreichen, kommt es im Hangenden zu einer tendenziellen Korngrößenzunahme bis zu -1,35 Phi und nur vereinzelt auftretenden Schichtpaketen, welche die gleiche mittlere Korngröße von 1 bis 4 Phi zeigen wie jene im Liegenden (12, 11, 10, 9).

Die Sortierung σ unterliegt im liegenden Bereich des Profiles starken Wechseln von „very well sorted“ bis „very poorly sorted“ (Dünnschliffanalyse). Gegen das Hangende nimmt der Sortierungsgrad dann generell ab und ist als „poorly sorted“ bis „very poorly sorted“, fallweise als „extremely poorly sorted“ ausgewiesen. Die Schiefewerte α_3 sind durchwegs „stark positiv“; nur untergeordnet ergeben sich „positive“, „symmetrische“ oder „stark negative“ Einstufungen.

CM-Norm

Ein Vergleich der Punktverteilung mit der vorgegebenen Form des Feldes rezenter Küstenablagerungen – (PASSEGA, 1957) läßt erkennen, daß die Sedimente des Aufschlusses F dem Küstenbereich zuzuordnen sind (Abb. 5).

Die Kiesproben 1 und 15 sowie die sehr schlecht sortierten Proben 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 18, 19, 21, 24, 28, 29, 30, 32, 35, 36, 39, 40 und 41 liegen in den Klassen I und II und sind damit vorwiegend

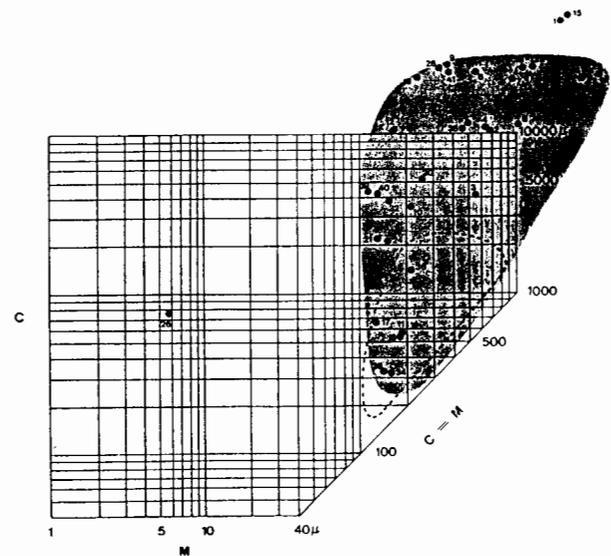


Abb. 5: Verteilungsmuster der Proben des Aufschlusses F (schattiert) im Vergleich zu rezenten Küstensedimenten Floridas (strichliert) im CM-Diagramm (PASSEGA, 1957).

Fig. 5: Distribution-patterns of samples from outcrop F (shaded) compared to recent sediments from the coastal line, Florida (dotted line) in a CM-diagramm (PASSEGA, 1957).

rollend transportiert worden. Gleichzeitig scheinen eine geringe Suspensionssedimentation beziehungsweise eine geringe Transportweite ebenfalls gegeben. Die Proben 11, 16, 17, 34 und 38 fallen in die Klasse V und lassen damit auf einen Transport in überwiegend gradierter Suspension bei mittleren Energieverhältnissen schließen. Die siltige, stark tonige Feinsandprobe 26 schließlich charakterisiert durch ihre Lage in Klasse VIII einen Transport in homogener bzw. pelagischer Suspension.

In Abb. 5 sind die dünnchliffanalytisch untersuchten Proben nicht berücksichtigt.

Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz

Um einen gesamtheitlichen Überblick zur environmentalanalytischen Entwicklung des Aufschlusses F zu bekommen werden zuvor noch einige Bemerkungen zu den nur mikroskopisch untersuchten liegenden Horizonten 48, 47, 46, 45, 44, 43, 42 gemacht.

Die kalkoolithischen Gesteine (mit jeweils wechselnden Gehalten an biogenen Skelettfragmenten, Siliciklastika, Peloiden und Onkoiden) entstammen einem hochenergetischen Milieu (46) mit entsprechend geringen Wassertiefen von 2 bis 10m. Das Bildungsmilieu entspricht somit einer durch starke Wellentätigkeit beeinflussten Flachwasserzone im intertidalen bis subtidalen Bereich (Barren, Sandbänke), was auch durch die sehr gute Sortierung bestätigt wird. Die

mikritische, strukturlose Probe 47 kann hingegen einem ruhigeren, niederenergetischen Ablagerungsraum zugeordnet werden, wie er häufig hinter subtidalen Barren und Sandbänken beziehungsweise in lagunenähnlichen Milieus mit nur eingeschränkter Fauna auftritt (vereinzelt Auftreten von rotaliiden Foraminiferen; Tafel 1, Tafel 3).

Die Probe 48 ist nicht eindeutig zuzuordnen. Es könnte sich jedoch um einen aufgearbeiteten oolithischen Horizont handeln, welcher durch die Einbringung größerer siliciklastischer Komponenten aus dem Hinterland entsprechend schlechter sortiert ist. Das gehäufte Auftreten der Foraminiferenspezies *Ammonia* gemeinsam mit biogenen Schalenresten und weiter nicht bestimmbareren Foraminiferenarten (45) drückt die Nähe zum Strand aus, da Ammonien vor allem im Spritzwasserbereich auftreten.

Onkoide in den Proben 42, 43 und 44 verweisen schließlich auf ruhigere Bildungsbereiche im Peritidal.

Die sedimentologische Zuordnung der Lockersedimente über Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz erfolgte dann ab Probe 41 (Beilage 3, Abb. 3):

Die Zugehörigkeit der Sedimente zum unmittelbaren Küstenbereich konnte auf diesem Wege durchgehend bestätigt werden.

Sedimente der wellenbeeinflussten Brecherzone (breaker zone - wave zone) (40?, 39, 38, 36, 32, 24?, 21, 19?, 17, 16, 12?, 10, 9, 5?), der Brandungszone (surf zone) und der Spritzwasserzone (swash zone) (11) können damit unterschieden werden. Die schlecht sortierten Sedimente 34, 30, 28 und 8 sind nach ihrer Kurvenausbildung der Brecherzone sehr ähnlich, trotz ihres relativ hohen Anteils an der rollenden Population.

Die Proben 41, 35, 29, 18, 15, 14, 13, 7, 6, 4, 3 und 2 sind den oben genannten Proben zwischengeschaltet und zeigen erhöhte Kiesanteile, wobei eine generelle charakteristische Vergrößerungstendenz gegen das Hangende festgestellt werden kann. Eine fluviatile Beeinflussung des marinen Environments ist nicht ausgeschlossen und damit die Möglichkeit einer Vermischung und Aufarbeitung der Sedimente gegeben. Die verfestigten hangenden Horizonte 37, 33, 31, 27, 25, 23, 22 und 20 führen keine Ooide, kaum Foraminiferen und calcitische Gastropoden, haben aber vereinzelt hohe Onkoidgehalte (25) und sind verstärkt Ostracodenführend: Allein aus dieser Situation ist eine Verschiebung der Küstenlinie anzunehmen beziehungsweise eine fazielle Änderung zu einförmigeren brackischen Faunengesellschaften erkennbar.

Bewertung des Schiefekoeffizienten α_3

Die Sedimente der Brecherzone zeigen Schiefewerte meist zwischen 1 und 3 Phi, die der Brandungs- bzw. Spritzwasserzone um 2 Phi. Die Werte der möglicher-

Tabelle 1: Parameterverteilung im Aufschluß F.

Table 1: Distribution of parameter-datas in outcrop F.

Probe	\bar{x}	σ	α_3
F1	-1,11	2,94	0,54
F2	0,42	1,87	1,53
F3	0,91	1,62	3,43
F4	0,45	2,19	1,90
F5	0,75	2,08	2,04
F6	0,40	2,24	-0,82
F7	-0,22	1,91	0,37
F8	-0,51	1,81	0,81
F9	1,32	1,71	-1,17
F10	2,26	1,91	2,86
F11	3,64	3,36	1,99
F12	2,36	2,13	0,76
F13	-0,71	2,31	0,24
F14	-0,89	2,14	1,06
F15	-1,35	2,77	0,74
F16	2,84	1,77	3,55
F17	4,00	3,06	2,00
F18	-0,41	2,58	0,64
F19	1,84	1,97	-0,34
F20	Dünnschliffanalyse		
F21	3,16	1,99	2,52
F22	Dünnschliffanalyse		
F23	Dünnschliffanalyse		
F24	3,22	2,52	1,92
F25	Dünnschliffanalyse		
F26	6,89	4,41	0,06
F27	Dünnschliffanalyse		
F28	0,94	2,35	0,07
F29	-1,21	2,20	1,57
F30	1,50	1,82	0,05
F31	Dünnschliffanalyse		
F32	2,89	2,16	2,10
F33	Dünnschliffanalyse		
F34	1,55	2,28	1,39
F35	1,01	2,11	0,16
F36	2,72	2,20	2,59
F37	Dünnschliffanalyse		
F38	3,06	1,61	3,26
F39	3,25	1,75	2,32
F40	2,89	1,97	2,14
F41	1,06	3,93	0,86
F42-F48	Dünnschliffanalyse		

weise unter fluviatil-marinem Einfluß abgelagerten, kiesigen Sedimente des Hangendbereiches liegen dagegen meist zwischen 0 und 1 Phi.

Die durchwegs positiven Schiefewerte verweisen auf das Vorhandensein bestimmter Feinkornanteile in den Proben. Sie sind damit im Vergleich zu rezenten Sedimenten des unmittelbaren Strandbereiches, die eher negative Schiefewerte zeigen, als „ausgewaschen“ hinsichtlich der feinkörnigen Fraktionsanteile zu beurteilen (FRIEDMAN, 1979). Die aus den Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz erarbeiteten Environmentunterschiede finden jedoch im Schiefewert ihre Bestätigung.

Rundungsgrad

Die Körner der Sande sind meist angular bis subangular und entsprechen somit einem allgemein schlechten Rundungsgrad. Als Ausnahme sind die gut sortierten basalen Sande zu sehen (48, 46, 45, 43, 44), welche nach der Dünnschliffanalyse Rundungsgrade zwischen „subrounded“ und „well rounded“ aufweisen und damit eindeutig einem höherenergetischen Milieu entstammen als die restlichen Sande. Eine leichte Verbesserung der Rundung von „subangular“ zu „subrounded“ kann in größeren, hangenden Horizonten (5, 10, 11, 12) festgestellt werden, wobei es sich um Sedimente aus zunehmend hochenergetischen Küstenbereichen handelt.

Aus den grundsätzlich schlechten Rundungsgraden der Sedimente im Aufschluß F läßt sich ein nur kurzer Transportweg sowie eine rasche Ablagerung vermuten.

Schwermineralverteilung

Die Schwermineralverteilung ist in Beilage 3, Abb. 4 dargestellt. Charakteristisch für diesen Bereich ist das Granat-Turmalin-Rutil dominierte Spektrum sowie die generell hohen Schwermineralgehalte von bis zu 0,3% und die Höhe der Fe-Oxid umkrusteten Komponenten (analytische Daten siehe Diplomarbeit: HAAS, 1993 b).

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse (Aufschluß F)

Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen sind die basalen oolithischen Sedimente des Aufschlusses F einem flachmarinen, hochenergetischen Bildungsbereich zuzuordnen, wie er beispielsweise an der seewärts gelegenen Seite von Sandbänken im intertidalen bis subtidalen Küstenbereich auftritt.

Die nachfolgenden Sedimente entsprechen der Brecherzone sowie untergeordnet der Brandungs- und Spritzwasserzone, welche durch kurzfristig kiesige Sedimenteinschaltungen beziehungsweise auch durch die

Ausbildung onkoidischer Lagen unterbrochen werden. Das Auftreten von Ophiomorpha ist ein weiteres Merkmal für die generelle Ablagerung im relativ hochenergetischen Wellen- und Strömungsbereich der Küste.

Die Mangan/Eisenkrusten der Horizonte 18 und 14 im Hangenden bilden den Auftakt zu einer sehr schlecht sortierten, größeren Sedimentationseinheit, welche einen zunehmenden fluviatilen Einfluß aus dem Hinterland vermuten läßt. Eine regressive Verschiebung der Küstenlinie ist dabei nicht auszuschließen.

Abschließend ist darauf hinzuweisen, daß in beinahe allen dünnchliffanalytisch untersuchten Horizonten bereits stark veränderte, vulkanische Komponenten mit vereinzelt erkennbarer trachytischer Textur gefunden werden. Ein Zusammenhang mit den von WIESENEDER & ZIRKL (1957) beschriebenen Tuffitlagen am Alpenoststrand (mittleres Miozän) erscheint möglich.

5.3. Wimpassing: AUFSCHLUSS A

(Beilage 2, Abb. 1–2)

Profilbeschreibung

Die östlich der Bundesstraße aufgeschlossenen Sedimente werden von SOHS (1963) dem Sarmat zugeordnet (siehe auch Aufschluß F). Die Lagerung der Schichten entspricht mit $061/10^\circ$ im wesentlichen jenen des Aufschlusses F (Abb. 6).

Die basalen Einheiten (15, 16, 17, 18, 19, 20, 21) bilden einen relativ einheitlichen, mäßig bis schlecht sortierten Fein- bis Mittelsandhorizont, dessen massige Ausbildung nur geringe Anteile von Kies aufweist (21, 20) beziehungsweise eine leichte Gradierung erkennen läßt (16, 17). Der Abschnitt zu Horizont 14 beginnt mit einem Mittelsandhorizont (15), welcher in einen lagigen Wechsel von Feinkies und Mittelsand übergeht und endet mit einer massigen Feinsandlage (13). Mit dem sehr schlecht sortierten, siltigen, stark tonigen Mittelsandhorizont 12 setzt eine generelle Verschlechterung des Sortierungsgrades ein, die auch an den Feinsandlagen 8, 9, 10 und 11 zu bemerken ist. Der Übergang zur grobkörnigeren Hangendentwicklung wird durch ein schmales Kiesband mit Mangan/Eisen-umkrusteten, kiesigen Mittelsanden (7) gebildet. Die kiesigen bis stark kiesigen Mittel- bis Feinsande (1, 3, 5, 6) sind der Hangendentwicklung des Aufschlusses F sehr ähnlich, zumal sie ebenfalls durch Sedimente mit dünnen Mangan/Eiseninkrustierungen (7, 5, 3) eingeleitet werden.

Parameterverteilung

Die *mittlere Korngröße* \bar{x} liegt in den basalen Schichten sehr einheitlich zwischen 1,64 Phi und 2,74 Phi (15, 16, 17, 18, 19, 20, 21), wobei sie im Horizont 14 kurzfristig auf 0,57 Phi ansteigt (Abb. 7, Tabelle 2).

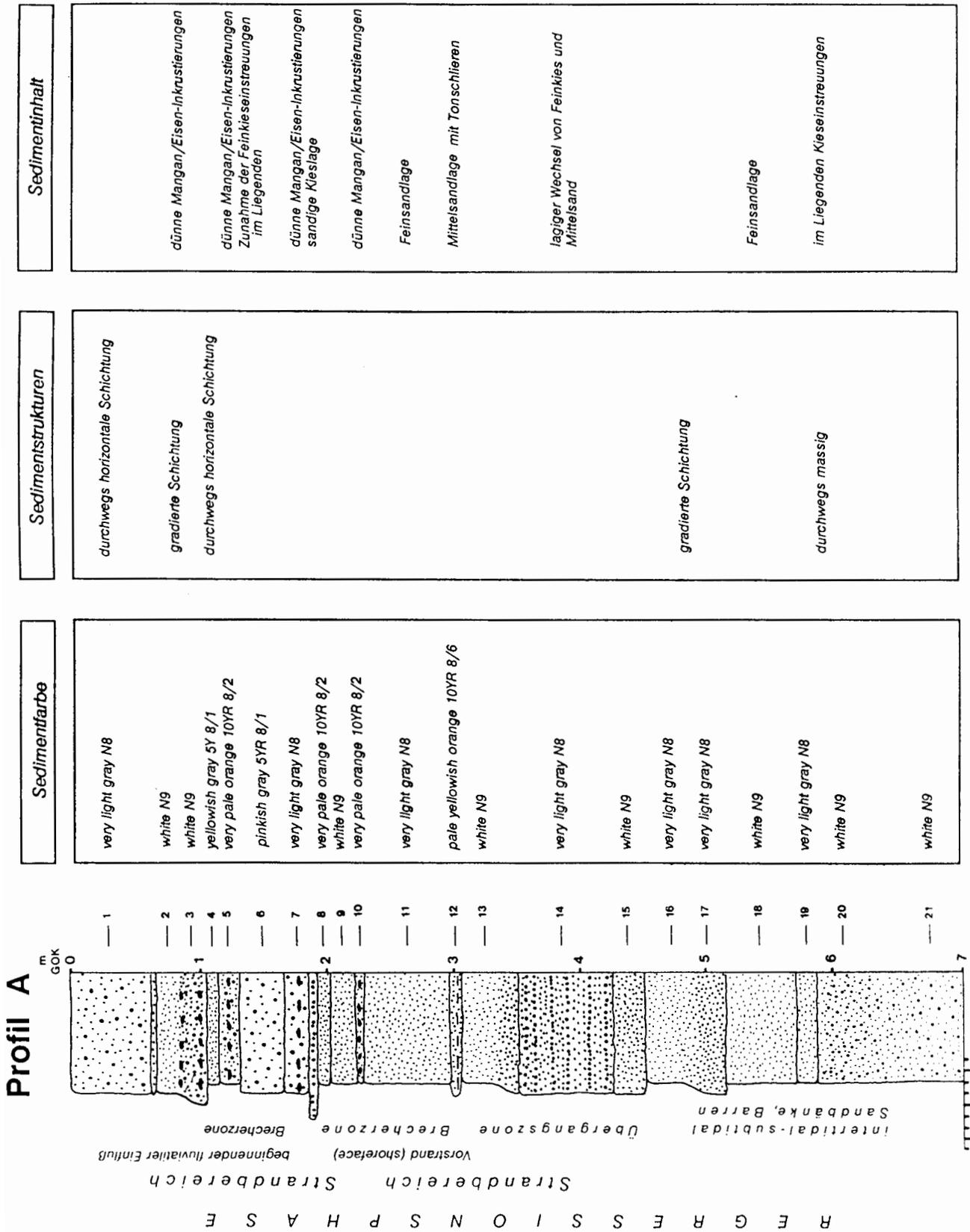


Abb. 6: Lithologische Verhältnisse im Aufschluß A.

Fig. 6: Lithologic conditions in outcrop A.

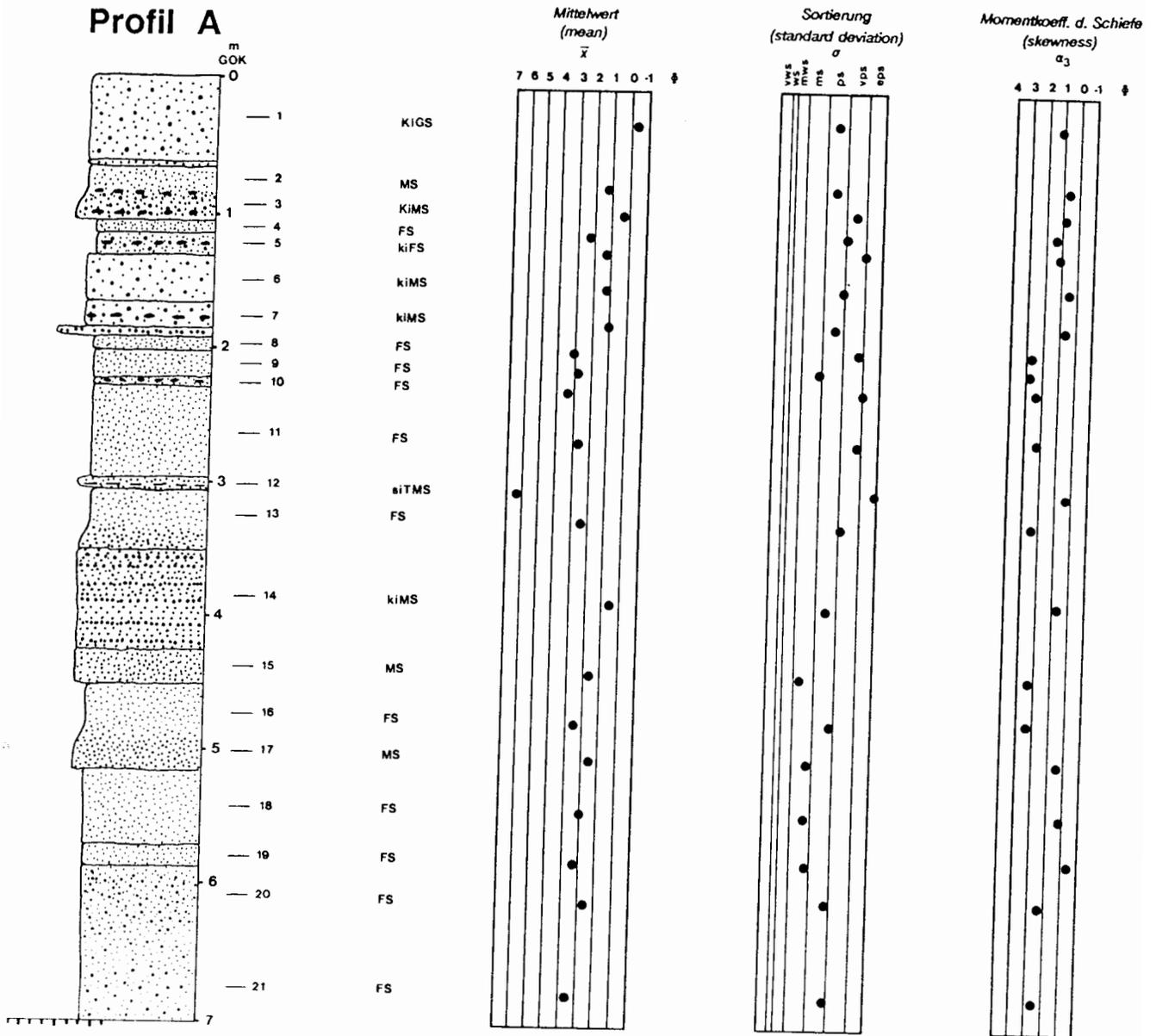


Abb. 7: Sedimentbenennung (nach FÜCHTBAUER, 1959 und MÜLLER, 1961) und Parameterverteilung im Aufschluß A.

Fig. 7: Designation of the sediments (after FÜCHTBAUER, 1959 und MÜLLER, 1961) and distribution of parameter-datas in outcrop A.

Tabelle 2: Parameterverteilung im Aufschluß A.
Table 2: Distribution of parameter-datas in outcrop A.

Probe	\bar{x}	σ	α_3
A1	-0,30	1,70	1,11
A2	1,21	1,68	0,70
A3	0,29	2,25	0,87
A4	2,27	2,03	1,34
A5	1,22	2,61	1,08
A6	1,17	1,99	0,58
A7	1,01	1,74	0,68
A8	3,09	2,52	2,59
A9	2,80	1,35	2,74
A10	3,32	2,66	2,40
A11	2,66	2,51	2,16
A12	6,42	4,98	0,30
A13	2,50	2,10	2,31
A1	0,57	1,69	0,78
A15	1,76	0,94	2,23
A16	2,56	1,87	2,24
A17	1,64	1,19	0,54
A18	2,00	1,16	0,21
A19	2,29	1,20	-0,36
A20	1,81	1,86	1,33
A21	2,74	1,94	1,61

Dem starken Abfall auf 6,42 Phi in Probe 12 folgt eine leichte Steigerung auf Werte um 3 Phi. Erst in den kiesigen Hangendlagen (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) ist eine deutliche Vergrößerung der mittleren Korngröße auf durchschnittlich 1 Phi zu erkennen, wobei die Maxima bis zu -0,3 Phi erreichen.

Die *Sortierung* σ ist entsprechend der wechselhaften Sedimentausbildung im Liegenden als „moderately sorted“ bis „poorly sorted“ einzustufen. Eine tendenzielle Verschlechterung im Hangendbereich läßt Werte von „poorly sorted“ bis zu „extremely poorly sorted“ erreichen.

Die *Schiefe* α_3 zeigt nach einem kurzfristigen Abfall des Koeffizienten von 1,61 Phi auf bis zu -0,36 Phi im Liegenden einen Anstieg in mittlerer Profilhöhe auf Werte zwischen 2,16 und 2,74 Phi, um schließlich im Hangenden mit Beginn der kiesigen Lagen (ab 7) wiederum auf Werte zwischen 0,58 und 1,34 Phi abzufallen.

CM-Norm

Die Lage der Probenpunkte bildet eine Feldform, die jener der Küstensedimente Ostfloridas (PASSEGA, 1957) gleicht (Abb. 8).

Durch die Darstellung im CM-Diagramm können die vorwiegend rollend transportierten Körner der Klassen

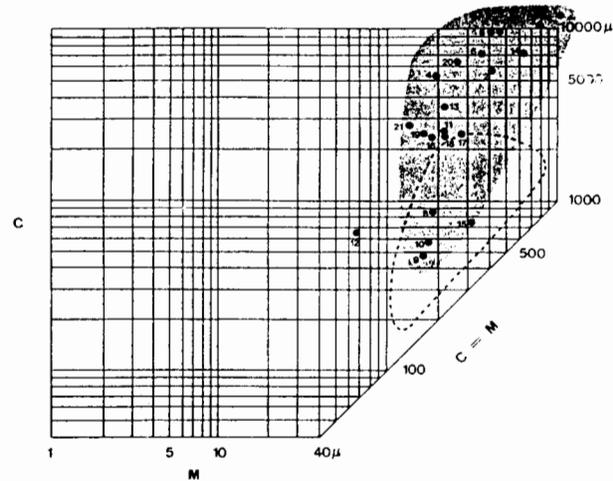


Abb. 8: Verteilungsmuster der Proben des Aufschlusses A (schattiert) im Vergleich zu rezenten Küstensedimenten Floridas (strichliert) im CM-Diagramm (PASSEGA, 1957).

Fig. 8: Distribution-patterns of samples from outcrop A (shaded) compared to recent sediments from the coastal line, Florida (dotted line) in a CM-diagramm (PASSEGA, 1957).

I und II aus dem Liegend- und Hangendbereich milieuspezifisch unterschieden werden (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21).

In die Klassen IV und V fallen vor allem die in gradierter Suspension transportierten Proben 8, 9, 10 und 15, womit auf einen Suspensionstransport im mittel- bis hochenergetischen Milieu hingewiesen wird. Die siltige, stark tonige Probe 12 läßt einen Transport in homogener Suspension in einem niederenergetischen Milieu vermuten.

Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz (Beilage 2, Abb. 1)

Die Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz zeigen für die liegenden Fein- bis Mittelsandhorizonte durchwegs ähnliche Kurventypen, welche jenen der Brecherzone ähnlich sind. Eine Übergangszone zu marinen Sandbänken und Barren ist für diese Sedimente wahrscheinlich. Erst die Proben 8, 9, 10 und 11 sind auf Grund ihres geringeren Anteiles an der rollenden Population eindeutig der Brecherzone zuzuordnen. Die darüber liegenden Schichten 7, 6, 4 und 2 sind wiederum größere Entwicklungen und durch die Zunahme der springenden Population ebenfalls in Verbindung mit den Sedimenten der Brecherzone zu sehen. Die Proben 12, 14 und 15 sind nicht eindeutig interpretierbar, wobei jedoch letztere am ehesten mit dem Typ „reworked sands“ verglichen werden kann. Die schlecht sortierten kiesigen Sedimente 1, 3 und 5 im Hangenden

lassen eine fluviatile Beeinflussung aus dem Hinterland nicht ausschließen (vgl. Aufschluß F).

Bewertung des Schiefekoeffizienten α_3 , Rundungsgrad, Schwermineralverteilung

In der Bewertung des Schiefekoeffizienten α_3 wird auf die Beschreibung des Aufschlusses F verwiesen.

Die mikroskopische Bestimmung des Rundungsgrades nach POWERS (1953) ergab, daß die Komponenten „subangular“ bis „subrounded“ mit einem hohen Maß an Sphärizität sind. Dieser Umstand ist letztlich auf Ablagerungsprozesse in der hochenergetischen Brandungs- und Brecherzone zurückzuführen.

Die Schwermineralverteilung (Beilage 2, Abb. 2) entspricht einem Granat–Turmalin–Rutil–Spektrum und ist vergleichbar mit jenem des Aufschlusses F (analytische Daten siehe Diplomarbeit: HAAS, 1993 b).

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse (Aufschluß A)

Da im Aufschluß A die liegenden oolithischen Schichten nicht aufgeschlossen sind (vgl. Aufschluß F) und ein Großteil der hangenden Entwicklung fehlt, beschränkt sich die fazielle Zuordnung der Sedimente auf den Bereich der Brecherzone beziehungsweise auf den hochenergetischen Küstenbereich.

Trotz eines fallweise leicht erhöhten Kiesanteiles ist der Ablagerungsraum im Aufschluß A sehr einheitlich der strandnahen Brecherzone zuzuordnen, wobei eine fluviatile Einflußnahme in den sehr schlecht sortierten Hangendlagen vermutet werden kann (siehe auch Aufschluß F). Biogene Hinweise auf den Ablagerungsraum wurden in Aufschluß A nicht gefunden, wodurch eine genauere Interpretation des Environments erschwert wird.

5.4. Hornstein: Übersicht zu den Aufschlüssen C, D und E

Die Aufschlüsse C, D und E befinden sich nordwestlich von Hornstein am Abfall der Neogensedimente zu den Leithaalluvionen.

Frühere Überlegungen von SOHS (1963) stellen die Sedimente ins obere Pliozän bis Quartär, während HERRMANN (1987) diese Fossil-leeren Sande eventuell auch dem Baden zuordnen würde. Einige Algenfunde sprechen für diese Annahme.

Aus den sedimentpetrographischen Untersuchungen konnte eine deutliche fazielle Abgrenzung zu den Sedimenten der Aufschlüsse A und F abgeleitet werden, die auf Korngrößenanalytischen, mineralogischen und schwermineralanalytischen Ergebnissen sowie auf sedimentären Strukturentwicklungen basiert. Mangels paläontologischer Untersuchungen ist eine zeitliche Zuordnung nicht möglich.

Die im folgenden besprochenen environmentanalytischen Ergebnisse geben weitere Auskunft zum Bildungsmilieu und dem Ablagerungsraum dieser Sedimente.

5.5. Hornstein: AUFSCHLUSS C

(Beilage 2, Abb. 9–10)

Profilbeschreibung

Der drei Bereiche umfassende Aufschluß (C, C_a, C_b) wurde im zugänglichsten Grubenteil C aufgenommen und beprobt.

Die Sedimente sind hier mit einer Gesamtmächtigkeit von 8m aufgeschlossen, wobei Hangschutt die Probennahme an der Basis des Aufschlusses behinderte. Durch Umlagerung von Löß und Feinsand kam es im Pleistozän zu einer starken Verschleifung der Erosionskante dieses Terrassenabfalls. Das Einfallen der Sedimente im Bereich der ungestörten Schichten liegt zwischen 064/10° und 051/07°.

Die Basis im Aufschluß wird von einem massiven, siltigen Feinsandhorizont gebildet (12), welcher im Hangenden zunehmend toniger wird und schließlich in der Ausbildung einer tonigen Siltlage (11) endet (Abb. 9). Nach gering mächtigen, verbrauchten Feinsand- bis Silteinschaltungen setzt sich der schlecht sortierte siltige Feinsandhorizont (10) fort, um anschließend in einen mäßig sortierten Feinsand überzugehen (9). Die anfänglich leicht gewellte Lamination ändert sich in diesem Bereich zu einer ebenflächigen Laminationentwicklung. Ein cm-breiter Verbraunungshorizont bildet den Übergang zur darüberliegenden Wechselagerung von Sand und Silt, welche in Probe 8 zusammengefaßt wurde.

Der nächste Horizont besteht aus Feinsand (7), der im Hangenden in ein toniges Siltband (6) übergeht. Gleichzeitig verschlechtert sich der Sortierungsgrad von „mäßig sortiert“ auf „sehr schlecht sortiert“. Eine deutliche Änderung des Energieregimes ist in den nachfolgenden, stark siltigen Feinsanden des Horizontes 5 zu erkennen, wo vereinzelt kleindimensionale Kreuzschichtungen im Übergang zu kletternden Rippelbildungen erkennbar sind. Kurzfristig ruhigere Sedimentationsverhältnisse sind im Hangenden durch eine tonige, stark sandige Siltlage (4) ausgewiesen, die den Übergang zu einem Wechselagerungshorizont von Silt und Feinsand im cm-Bereich bildet. Als markanter Horizont, welcher letztendlich auch namensgebend für die Gemeinde ist (1. urkundliche Erwähnung 1271, terra zorm = Hornstein), folgt eine knollige Hornsteinlage, die besonders im Teilbereich C_b des Aufschlusses deutlich hervortritt. Ob es sich hierbei um diagenetische Bildungen, die auf Verdrängungsreaktionen primärer kieseliger Partikel zurückzuführen sind, oder um direkte Ausfällungen aus einem SiO₂-

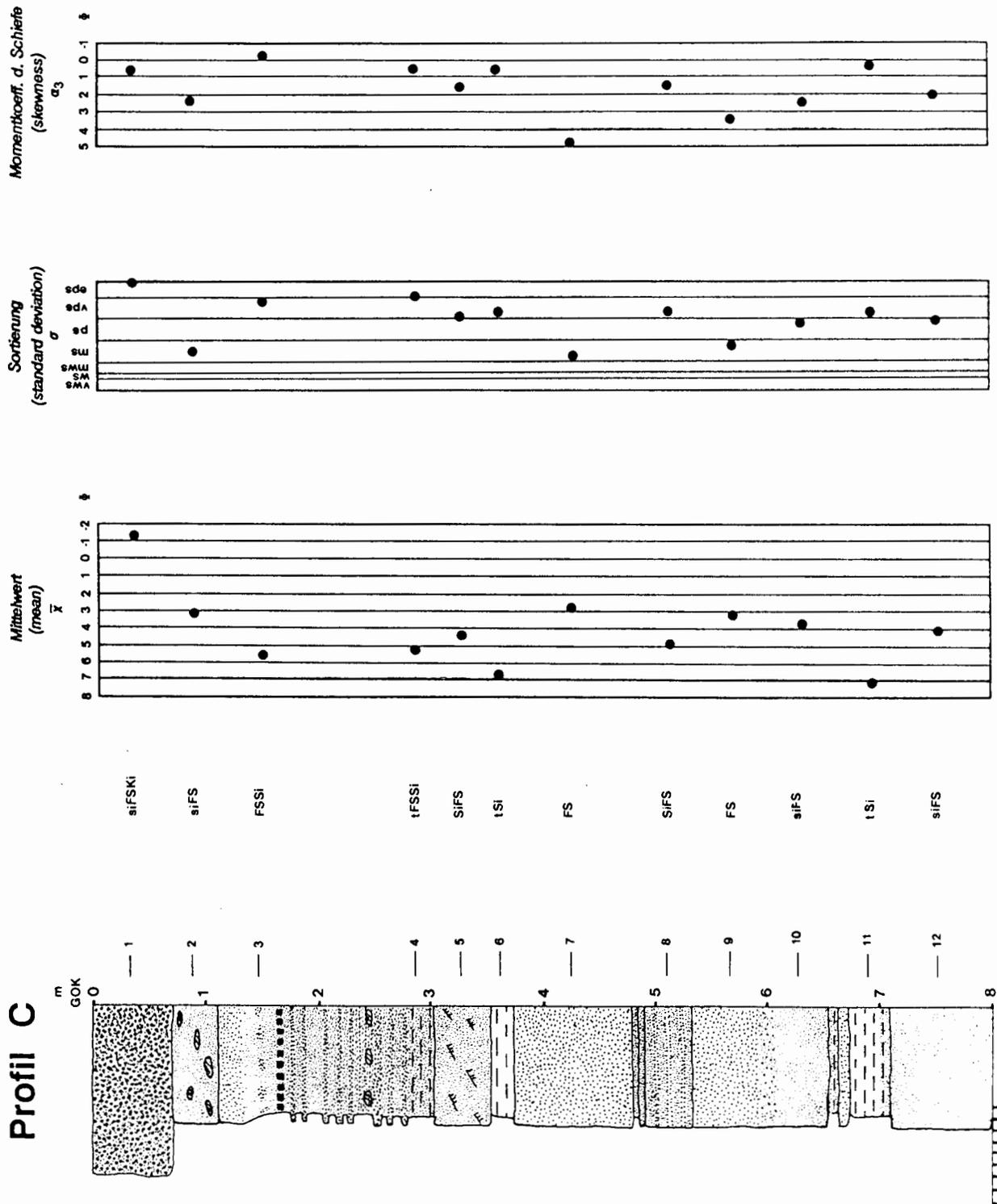


Abb. 10: Sedimentbenennung (nach FÜCHTBAUER, 1959 und MÜLLER, 1961) und Parameterverteilung im Aufschluß C.
 Fig. 10: Designation of sediments (after FÜCHTBAUER, 1959 und MÜLLER, 1961) and distribution of parameter-datas in outcrop C.

übersättigten Meerwasser handelt, ist nicht zu klären. Ein mit Feinsandlinsen durchsetzter Silthorizont (3) vergrößert sich im Hangenden zu siltigem Feinsand (2) mit vereinzelt auftretenden Kalkkonkretionen. Der bodennahe, schlecht sortierte Grobkieshorizont (1) schließt die Entwicklung im Aufschluß C ab.

Parameterverteilung

Die *mittlere Korngröße* \bar{x} schwankt zwischen 3 Phi und 7 Phi und entwickelt keine tendenzielle Vergrößerung oder Verfeinerung innerhalb dieses Aufschlusses (Abb. 10, Tabelle 3).

Tabelle 3: Parameterverteilung im Aufschluß C.

Table 3: Distribution of parameter-datas in outcrop C.

Probe	\bar{x}	σ	α_3
C1	-1,22	4,19	0,73
C2	3,19	1,06	2,33
C3	5,59	2,50	-0,15
C4	5,19	2,62	0,55
C5	4,48	2,07	1,66
C6	6,79	2,19	0,46
C7	2,86	0,92	4,86
C8	4,86	2,19	1,52
C9	3,14	1,28	3,40
C10	3,79	1,80	2,48
C11	7,11	2,21	0,33
C12	4,10	1,96	2,04

Eine Ausnahme bildet die oberste, siltig sandige Grobkieslage mit einem Wert von -1,22 Phi; eine pleistozän-quartäre Lage ist wahrscheinlich.

Die *Sortierung* σ ist auf Grund der wechselhaften Sedimentausbildung ebenfalls stark schwankend. So lassen sich Sedimente von „moderately sorted“ (2, 7, 9) bis „extremely poorly sorted“ unterscheiden, wobei die Feinsande generell besser sortiert sind als die Silte.

Bei der *Schiefe* α_3 ist im Liegenden eine tendenzielle Zunahme von 2,04 Phi auf 3,40 Phi (9) zu bemerken, wobei nach einer kurzfristigen Erhöhung auf 4,86 Phi (7) die auflagernden tonig siltigen Horizonte deutlich geringere Werte von 0,15 bis 1,66 Phi (4, 5, 6) zeigen. Die massive Grobkieslage mit 0,73 Phi unterstreicht die geänderten Sedimentationsentwicklungen.

CM-Norm

Im Gegensatz zu den Aufschlüssen A und F liegen die Probenpunkte der Sandgrube C nur vereinzelt im Feld rezenter Küstensedimente Floridas (PASSEGA, 1957) (2, 7, 9, 10) (Abb. 11).

Der Transport erfolgte hier bevorzugt in gradierter Suspension im mittleren Energiebereich (Klasse V),

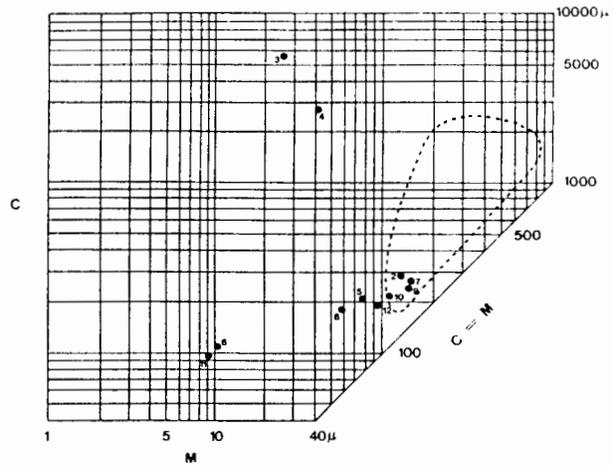


Abb. 11: Proben des Aufschlusses C im Vergleich zum Verteilungsfeld rezenter Küstensedimente Floridas (strichliert) im CM-Diagramm (PASSEGA, 1957).

Fig. 11: Samples from outcrop C compared to a distribution-pattern of recent coastal sediments, Florida (dotted line) in a CM-diagram (PASSEGA, 1957).

auch finden sich Sedimente, welche überwiegend in homogener Suspension (Klasse VII) transportiert wurden (5, 8, 12). Zur Abrundung der durchwegs feinkörnigen Sedimententwicklung zeigen die Proben 6 und 11 kurzfristige Stillwasserperioden, wo der Transport vor allem in homogener und pelagischer Suspension erfolgte. Dieser Entwicklung nicht zugehörend sind die Proben 3 und 4, deren Transport vorwiegend rollend, mit nur wenig Suspensionsanteilen, erfolgte.

Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz

Die fazielle Aussage der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz unterscheidet sich ebenfalls wesentlich von jener der Aufschlüsse A und F. So dominieren durchwegs Kurventypen, die mit jenen des fluviatil-marinen beeinflussten Deltabereiches vergleichbar sind (Beilage 2, Abb. 9) Einige Sedimente dürften aus seewärts gelegenen distalen Seitenrinnen (distributary sands, distributary channel) stammen, wo die Strömung des Flusses bereits stark nachläßt und die Sedimentationsrate folglich stark ansteigt (12, 9, 5). In Horizont 5 erkennt man für diesen Bereich typische Kreuzschichtungen mit häufig zwischengeschalteten kletternden Strömungsrippelhorizonten.

Durch die seitliche Verschiebung und Verlagerung derartiger, oft sehr breiter Seitenarme kommt es zur Ablagerung von tonigen Siltlagen, welche dem Uferbereich (natural levee) dieser Deltarinnen entsprechen beziehungsweise auch als Teil einer dem Deltaseitenarm vorgelagerten Sandbank (distributary mouth bar) angesehen werden können (11, 8?, 6). Probe 8 entspricht



Abb. 12: Kletternde Rippelschichtung in Sedimenten des Aufschlusses C. Die Balkenlänge entspricht 5 cm.

Fig. 12: Climbing ripple-structures in sediments of outcrop C. Scale: 5 cm.

weitgehend diesem Environment. Als Zwischeneinschaltungen finden sich Kurventypen, welche dem wellenbetonten flachmarinen Bereich entsprechen und mit typischen Sandbankablagerungen in Verbindung gebracht werden können (7, 10). Die Horizonte 3 und 4 sind nicht näher bestimmbar. Probe 2 entspricht weitgehend einer aufgearbeiteten Sandlage („reworked sands“).

Bewertung des Schiefekoeffizienten α_3 , Rundungsgrad, Schwermineralverteilung

Die Schiefekoeffizienten stimmen überwiegend mit den Aussagen der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz überein. Die durchwegs positive Schiefe verweist auf Ablagerungen im fluviatil beeinflussten Milieu, da die feinkörnigen Sedimentanteile nicht vollständig ausgewaschen sind.

Der Rundungsgrad wurde im wesentlichen mit „angular“ bis „subangular“ bestimmt, und ist geringfügig schlechter als jener in den Aufschlüssen A und F.

Die Schwermineralverteilung unterscheidet sich deutlich von jener der Aufschlüsse A und F und entspricht im wesentlichen einem Granat-Epidot betonten Spektrum mit relativ hohen Hornblendegehalten (Beilage 2, Abb. 10). Der Gesamtschwermineralgehalt liegt mit Werten von 0,6 bis 16,4% extrem hoch. Zusätzlich treten große Mengen an Chlorit (fallweise bis zu 33%) auf, welche jedoch nicht zum eigentlichen Schwermineralspektrum gezählt werden (analytische Daten siehe Diplomarbeit: HAAS, 1993 b).

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse (Aufschluß C)

Die Faziesentwicklung in den Aufschlüssen C und C_B ist mit jener rezenter Deltasedimente vergleichbar. Die wechselhafte Schichtfolge zeigt keine eindeutigen Hinweise auf transgressiv/regressive Meereszyklen, Niedrig- und Hochwasserstände eines Flußsystems oder tektonisch beeinflusste Wasserspiegelschwankungen. Vielmehr ist sie das Ergebnis von lateralen und kurzfristig progressiven Verschiebungen kleinerer Deltasubenvironments.

An der Basis des tiefer aufgeschlossenen Profiles C_B findet man Schrägschichtungssets mit einem Einfallswinkel von 186/20°. Sie lassen sich eventuell mit einem geringmächtigen Deltaforeset vergleichen. Die basalen Schichten des Aufschlusses C gehören nach den Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz dem marginalen Deltaschüttungsbereich (distributary) an, wobei wellenbetonte Ablagerungen (10, 7) eine Verschiebung zu marin beeinflussten Strömungsverhältnissen erkennen lassen. Aus der relativ geringmächtigen Sedimentabfolge und unter Berücksichtigung aller erarbeiteten Daten läßt sich keine grundsätzliche Tendenz erkennen, ob es sich um ein eher marin, fluviatil oder wellenbetontes Deltasystem handelt.

5.6. Hornstein: AUFSCHLUSS D

(Beilage 2, Abb. 5–8)

Aufschluß D war auf Grund starken Bewuchses nur bedingt beprobbar. Die Proben 5 und 6 sind Einzelproben aus dem linken Grubenbereich und wurden nur siebanalytisch untersucht.

Profilbeschreibung, Parameterverteilung, Bewertung des Schiefekoeffizienten α_3 , Rundungsgrad, Schwermineralverteilung

Der basale, stark siltige Sandhorizont 4 ist stark verbraunt und wegen Bewuchses im Hangenden nur als isolierter Horizont innerhalb der Sedimententwicklung zu betrachten. Weiter im Profil, ab 2,3m –GOK, sind ähnliche Sande aufgeschlossen, die von einer tonig, sandigen Siltlage (3) mit Kalkkonkretionen überlagert wer-

den. Die den Abschluß bildende, erosiv aufgelagerte, sandige Kieslage (1) ist wie in Aufschluß C pleistozän-quartären Sedimenten zuzuordnen.

Die *mittlere Korngröße* \bar{x} schwankt mit Ausnahme des Horizontes 1 (-2,32 Phi) zwischen 2,98 und 6,1 Phi (Tabelle 4).

Tabelle 4: Parameterverteilung im Aufschluß D.

Table 4: Distribution of parameter-datas in outcrop D.

Probe	\bar{x}	σ	α_3
D1	-2,32	4,23	1,56
D2	4,26	2,79	1,54
D3	6,10	2,67	0,46
D4	4,88	2,18	1,70
D5	5,15	2,29	1,55
D6	2,98	2,56	1,48

Die *Sortierung* σ der Sedimente ist sehr schlecht bis extrem schlecht und ihre Schiefe α_3 wurde mit Werten um 1,5 Phi ermittelt. Alle Werte und deren Aussage entsprechen jenen der Aufschlüsse C und E, ebenso die Ergebnisse bezüglich des Rundungsgrades und der Schwermineralverteilung (analytische Daten siehe Diplomarbeit: HAAS, 1993 b).

CM-Norm, Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz

Die Sedimente wurden mit Ausnahme der im wesentlichen rollend transportierten Ablagerungen 1 und 6 vorwiegend in Suspension transportiert. Die Probe 2 entstammt dem mittleren Energiebereich, während Probe 5 und 4 dem niederenergetischen Milieu eines gradierten Suspensionstransportes entsprechen. Homogener Suspensionstransport ist für Probe 3 wahrscheinlich (Abb. 13).

Für die basale, möglicherweise über 5m mächtige Feinsandausbildung läßt sich aus den Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz eine Zuordnung zu Fluß- bis Deltasedimenten machen. Probe 4 ist am ehesten dem distalen Deltabereich mit einer wellenbetonten flachmarinen Zone zuzuordnen, während Probe 2 am ehesten dem Kurventyp „reworked sands“ entspricht.

5.7. Hornstein: AUFSCHLUSS E

(Beilage 2, Abb. 3–4)

Profilbeschreibung

Die Sedimente sind mit einer Gesamtmächtigkeit von ca. 9m aufgeschlossen und sind dem selben Deltaenvironment zuzuordnen wie die Ablagerungen des Aufschlusses C. Das Schichteinfallen wurde mit 066/07° bestimmt.

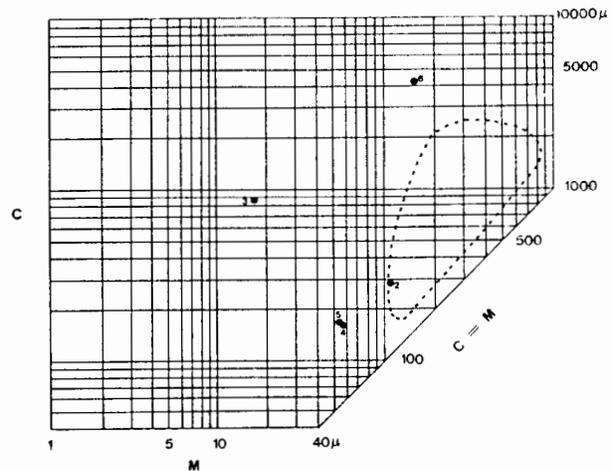


Abb. 13: Proben des Aufschlusses D im CM-Diagramm (PASSEGA, 1957).

Fig. 13: Samples from outcrop D in a CM-diagram (PASSEGA, 1957).

Die basalen, horizontal laminierten Sedimente gehen von einer siltigen (8) in eine stark siltige Feinsandentwicklung über und enthalten kalkkoncretionäre Bildungen in einzelnen tonigen Zwischenlagen (Abb. 14). Im nächstfolgenden schwach schräggeschichteten, ca. 2m mächtigen Feinsandhorizont 6 treten verstärkt Lebensspuren von Ophiomorpha auf. Diese „mäßig sortierten“ Sande nehmen gegen das Hangende (1, 2, 3, 4, 5) in ihrem Sortierungsgrad zusehends ab: Nach dem horizontal laminierten, siltigen Feinsandhorizont (5) beginnt mit einem tonigen Siltband (4) eine rege Wechsellagerung von siltigen, kreuzgeschichteten Feinsand- und tonigen Siltlagen. Zusätzlich ist in Horizont 4 eine knollige Hornsteinlage zu erkennen, welche im nordöstlichen Grubenbereich am deutlichsten zu Tage tritt (vgl. Aufschluß C). Die zwischengeschalteten siltigen Feinsandlagen (2, 3) sind kleindimensional kreuzgeschichtet, auch ist vereinzelt Rippelbildung zu erkennen. Die tonigen Siltlagen sind vergleichsweise horizontal laminiert und zeigen im Hangenden eine ca. 2m mächtige Entwicklung, welche auf Grund eines erhöhten Sandgehaltes sehr schlecht sortiert ist. Allgemein werden im basalen nordöstlichen Teil der Sandgrube wechselnde, sehr flach einfallende Schrägschichtungssets beobachtet (< 1m Mächtigkeit), wobei im mittleren Teil des Aufschlusses die Schichtfolge durch das flach einfallende Schrägschichtungsset (6) diskordant unterbrochen wird.

Parameterverteilung

Die rasch wechselnde Ausbildung der Sedimente bewirkt Schwankungen in der *mittleren Korngröße* \bar{x} zwischen 2,83 Phi und 7,56 Phi (Abb. 15, Tabelle 5).

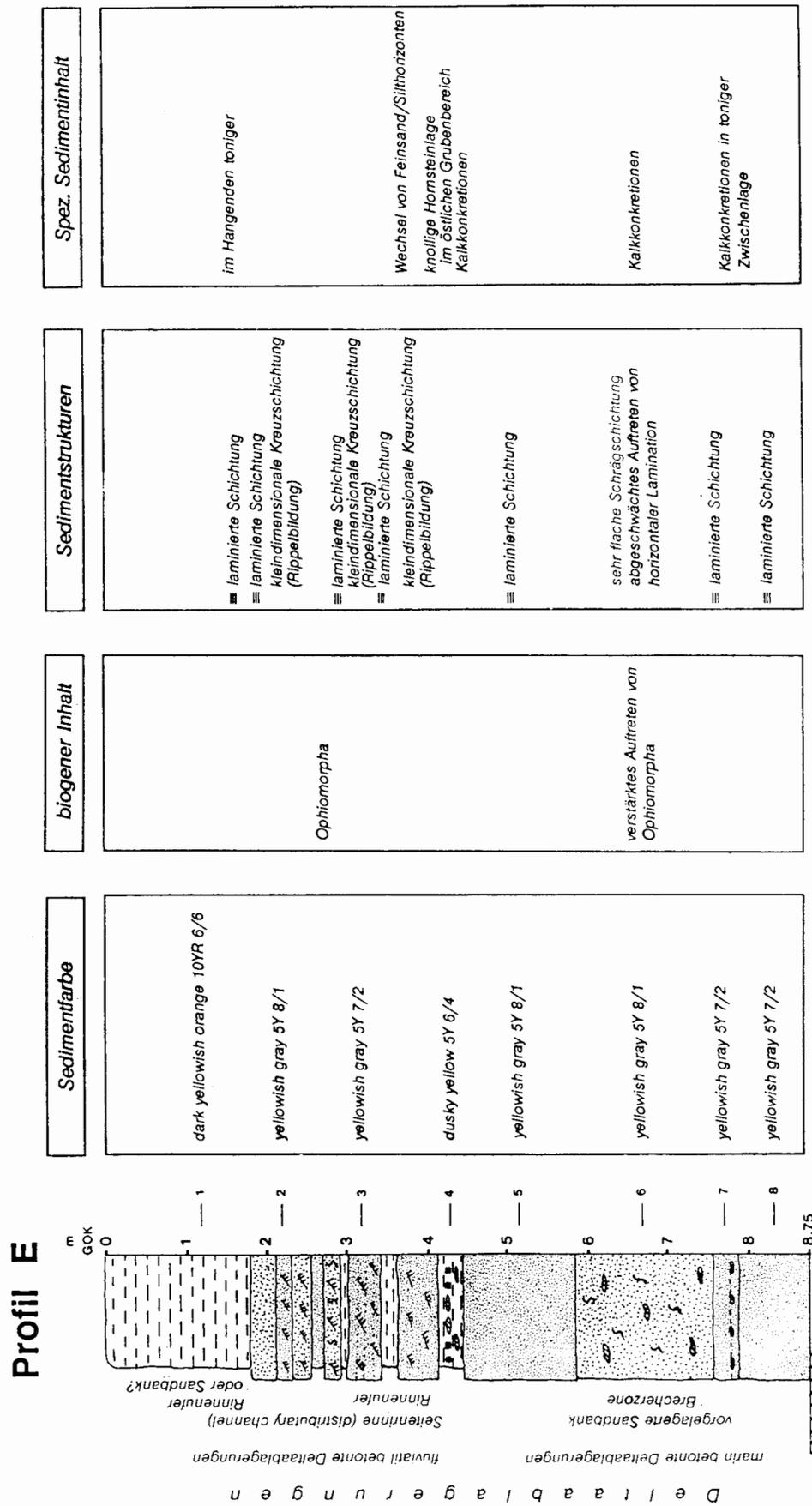


Abb. 14: Lithologische Verhältnisse und biogener Inhalt im Aufschluß E.

Fig. 14: Lithologic conditions and biogenic content in outcrop E.

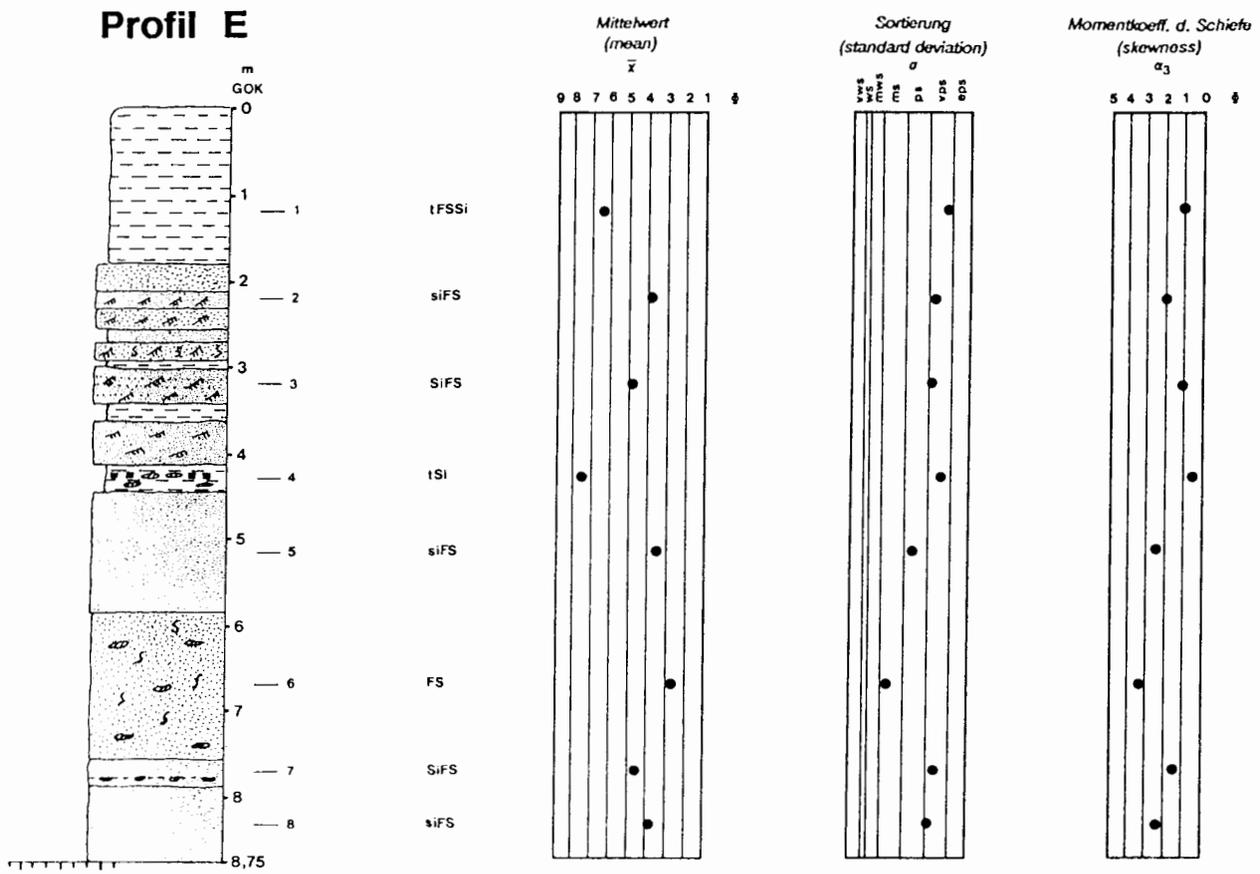


Abb. 15: Sedimentbenennung (nach FÜCHTBAUER, 1959 und MÜLLER, 1961) und Parameterverteilung im Aufschluß E.

Fig. 15: Designation of sediments (after FÜCHTBAUER, 1959 und MÜLLER, 1961) and distribution of parameter-datas in outcrop E.

Tabelle 5: Parameterverteilung im Aufschluß E.

Table 5: Distribution of parameter-datas in outcrop E.

Probe	\bar{x}	σ	α_3
E1	6,29	2,51	1,09
E2	3,97	2,12	2,07
E3	4,93	2,17	1,13
E4	7,56	2,29	0,64
E5	3,45	1,56	2,41
E6	2,83	0,98	3,31
E7	4,62	2,22	1,56
E8	3,93	2,08	2,31

Ab Horizont 6 ist generell eine tendenzielle Abnahme der mittleren Korngröße gegen das Hangende zu beobachten.

Parallel dazu nimmt die *Sortierung* σ von „moderately sorted“ bis „very poorly sorted“ ab, wodurch sich für die feinkörnigen Sedimente ein durchwegs schlechte-

rer Sortierungsgrad ergibt. Die *Schiefe* α_3 nimmt von der Basis mit 2,31 Phi (8) und 1,56 Phi (7) auf 3,31 Phi (6) zu, um im Hangenden auf Werte zwischen 0,64 und 2,07 Phi abzufallen.

CM-Norm

Nach der Darstellung im CM-Diagramm ist für die Proben 5 und 6 eine Ablagerung der Sedimente im unmittelbaren Küstenbereich wahrscheinlich (Abb. 16). Das gilt auch für die unter ruhigeren Bedingungen (nachlassende Strömung?) abgelagerten Horizonte 2 und 8. Der Transport erfolgte im mittleren Energiebereich in gradiert Suspension, während die Sedimente des niederenergetischen Bereichs der Klasse VI entsprechen. Grundsätzlich erfolgte der Transport aller Sedimente des Aufschlusses E in vorwiegend gradiert Suspension, wobei die Proben 3 und 7 eine Ausnahmeentwicklung (Klasse VIII) darstellen.

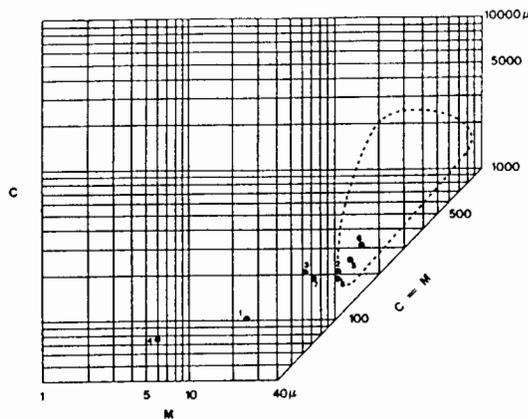


Abb. 16: Proben des Aufschlusses E im Vergleich zum Verteilungsfeld rezenter Küstensedimente Floridas (strichliertes Feld) im CM-Diagramm (PASSEGA, 1957).

Fig. 16: Samples of outcrop E compared to a distribution-pattern of recent coastal sediments, Florida (dotted line) in a CM-diagram (PASSEGA, 1957).

Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz (Beilage 2, Abb. 3)

Die Aussage der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz entspricht jener im Aufschluß C, wobei eine Deltafazies mit sich überlagernden Sedimenten verschiedener Subenvirons vorliegt (genauere Beschreibung siehe Aufschluß C).

Die basalen Feinsandlagen (5, 6, 7, 8) zeigen Kurventypen eines flachmarinen wellenbetonten Bereiches, wie sie häufig im vorgelagerten Deltaschüttungsbereich (Sandbänke = distributary mouth bar) vorkommen. Flache Schräg- und Horizontalschichtung ist typisch für diesen Bereich (Horizont 6) (TUCKER, 1985), der durch das häufige Auftreten von Ophiomorpha ebenfalls angesprochen wird.

Die Horizonte 1, 2, 3 und 4 lassen sich mit Kurventypen einer Deltarinnenfazies (distributary channel) vergleichen. Die kleindimensionale Kreuzschichtung und Rippelschichtung (2, 3) entstand unter fluviatil beeinflussten Strömungsverhältnissen.

Sie wird zeitweise von feinkörnigen Sedimenten (4) unterbrochen, die dem niederenergetischen Uferbereich (distributary levee) entstammen und durch laterale Verschiebungen der Rinne eine intensive Wechselagerung entwickeln. Der Horizont 1 kann ebenfalls mit diesem Kurventyp in Verbindung gebracht werden, doch ist auch eine abermalige Verlagerung in distale Deltaschüttungsbereiche (distributary mouth bar) nicht auszuschließen.

Bewertung des Schiefekoeffizienten α_3 , Rundungsgrad, Schwermineralverteilung

Die Resultate aus diesen Untersuchungen sind entsprechend jenen des Aufschlusses C. Ergebnisse und Dar-

stellungen der Schwermineralverteilung finden sich in Beilage 2, Abb. 4 (analytische Daten siehe Diplomarbeit: HAAS, 1993 b)

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse (Aufschluß E)

Im Aufschluß E ist der Übergang von einem marin beeinflussten distalen Deltabereich zu einem fluviatilen Deltarinnenbereich (distributary deltaic channel) zu erkennen.

5.8. Bohrungen

Die eingangs erwähnten Bohrungen wurden insbesondere im Hinblick auf die rohstoffspezifischen Problemstellungen (HAAS, 1993) durchgeführt. Veränderungen an den strukturellen und textuellen Eigenschaften der Sedimente durch die Bohrtätigkeit verhiinderten generell die Einbringung dieser Daten in die Environmentalanalyse.

Neben der Beurteilung des Schwermineralgehaltes wurde lediglich der Versuch unternommen, die Ergebnisse begleitender Korngrößenanalysen im CM-Diagramm darzustellen (Abb. 17).

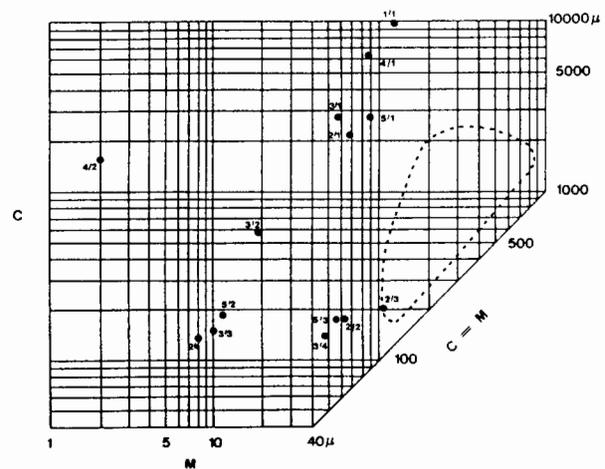


Abb. 17: Proben der Bohrungen im Vergleich zum Verteilungsfeld rezenter Küstensedimente Floridas (strichliertes Feld) im CM-Diagramm (PASSEGA, 1957).

Fig. 17: Drilling-samples compared to a distribution-pattern of recent coastal sediments, Florida (dotted line) in a CM-diagram (PASSEGA, 1957).

Die Verteilungsmuster erbrachten keine eindeutigen Zugehörigkeiten, wengleich vor allem aus hangenden Sedimentbereichen, Ähnlichkeiten zu Küstensedimenten vorliegen. Die liegenden Schichten deuten entweder auf gradierte Suspensionssedimente des mittleren (2/3) und des niedrigen Energiebereiches (5/3, 2/2, 3/4) oder auf homogene (3/2) beziehungsweise pelagische

Suspensionsedimente (2/4, 3/3, 5/2) der Klassen VII und VIII hin.

Die Verteilung der Parameter ist in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Parameterverteilung in den Bohrungen.

Table 6: Distribution of parameter-datas of drilling-samples.

Probe	\bar{x}	σ	α_3
B1/1	3,62	4,21	0,46
B2/1	5,16	2,95	0,69
B2/2	5,18	2,48	1,24
B2/3	3,85	1,75	2,36
B2/4	7,14	2,49	0,48
B3/1	5,13	2,86	0,52
B3/2	6,22	2,71	0,55
B3/3	6,87	2,50	0,26
B3/4	5,57	2,51	1,27
B4/1	4,13	3,72	0,24
B4/2	8,89	2,15	-1,64
B5/1	4,10	2,50	0,08
B5/2	6,45	2,73	0,35
B5/3	5,28	2,50	1,09

Die *mittlere Korngröße* \bar{x} stellt für alle Bohrungen durchschnittliche Werte um 5 Phi dar.

Die *Sortierung* σ ist sehr schlecht bis extrem schlecht und zeigt in der *Schiefe* α_3 meist positive Werte um 0,5 Phi.

Die Schwermineralverteilung ist wiederum Granat-Epidot betont, wodurch eine Fortsetzung der sedimentären Entwicklung der Aufschlüsse C, D und E auch für das unmittelbare Hinterland, wo die Bohrungen situiert wurden, bestätigt wird (analytische Daten siehe Diplomarbeit: HAAS, 1993 b).

6. Diagenetische Entwicklung – Dünnschliffanalyse

Im Zuge der Geländetätigkeit bzw. der Probennahme zeigte sich, daß die Sedimente in den Grubenaufschlüssen mit zunehmender Teufe verstärkte diagenetische Einwirkungen erkennen lassen und in stark verfestigter bzw. zementierter Form vorliegen.

Diese zweifellos durch den hohen primären Karbonatgehalt der Sedimente gesteuerte Lithifizierung zeigt eine lokal stark unterschiedliche Intensitätsentwicklung, wobei primäre Wegigkeiten für migrierende Lösungen aber auch Kornaufbau, Mineralogie und strukturelle Ausbildung der Sedimente mitbestimmend waren.

Für die gegenständliche Problematik war es wichtig, diesen Entwicklungen nachzugehen und über dünn-

schliffanalytische Methoden den Ablauf und die Auswirkungen frühdiagenetischer Prozesse zu beurteilen. Die untersuchten Proben entstammen alle dem Aufschluß Fund belegen im wesentlichen den Basalbereich der Grube.

Die Dünnschliffpräparate wurden nach der Vorschrift von EVAMY & SHERMAN (1962) (abgewandelt nach DICKINSON, 1965) einer karbonatspezifischen Färbung unterzogen, wodurch die Unterscheidung von Dolomit und Calcit sowie Fe²⁺-führenden und Fe²⁺-freien Karbonaten möglich wurde.

6.1. Kornspezifische Untersuchungsmethoden

Die Korngrößenverteilungen wurden lediglich in einem Überblicksverfahren durch Vermessung von durchschnittlich 150 Komponenten ermittelt, welche in zufälliger Verteilung entlang einer Schnittlinie des Fadenskreuzes auftraten. Zur Untersuchung wurden nur siliciklastische Komponenten herangezogen, da die Korngrößenbestimmung an den teilweise stark diagenetisch veränderten karbonatischen Partikeln zu unkorrekten Ergebnissen geführt hätte. Eine Ausnahme bildet Probe F 46: Hier wurde mangels siliciklastischer Komponenten eine Korngrößenvermessung an Ooiden vorgenommen.

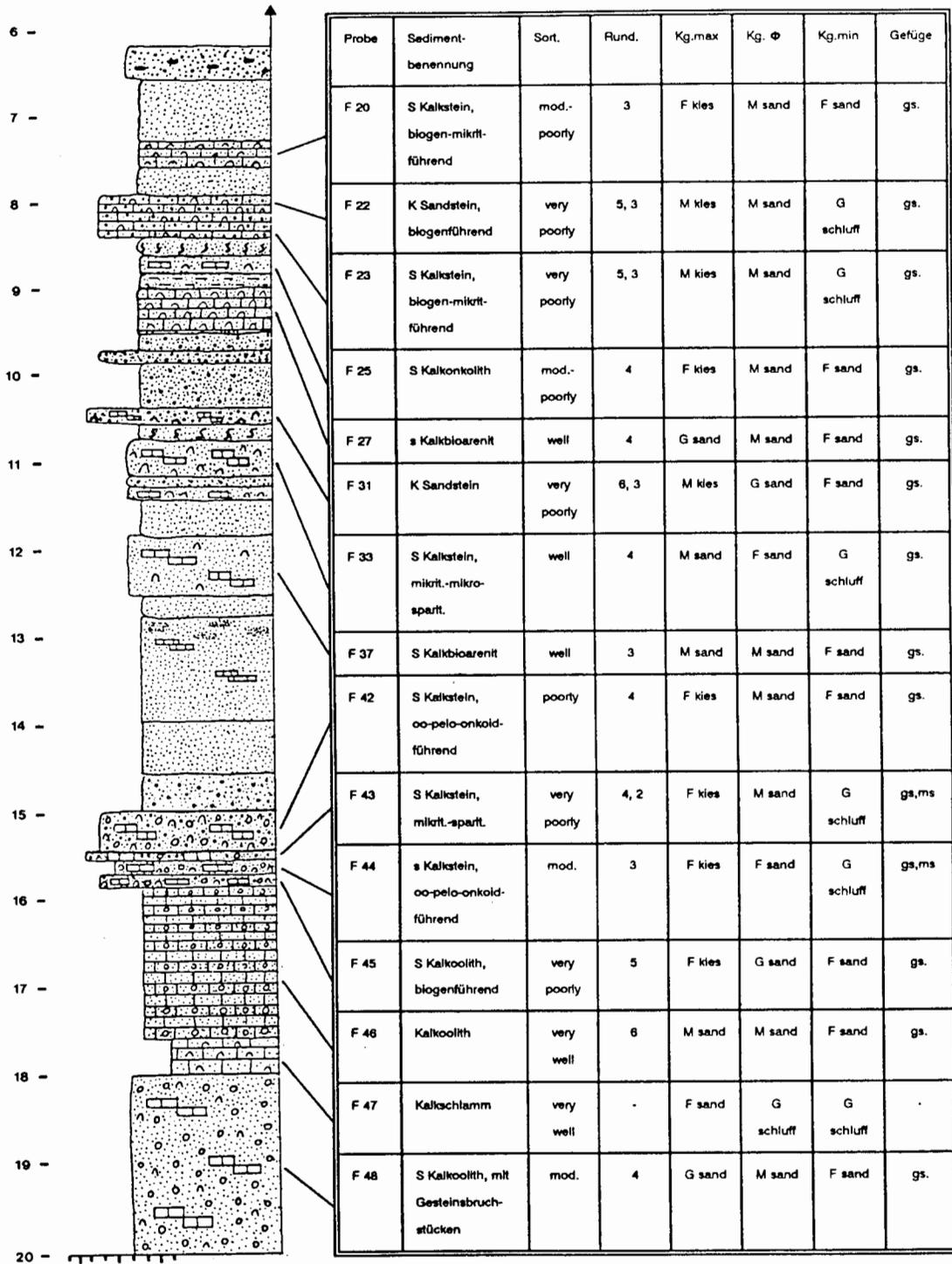
Die kornspezifischen Werte aus dem kalkoolithischen Horizont F 46 können jedoch generell nicht mit jenen der Siliciklastika verglichen werden. Sie dienen jedoch zur Environmentanalyse und werden deshalb in Abb. 19 angeführt. Die Bezeichnung der Sedimente erfolgte nach DIN 4022. Eine sonst übliche Korrektur dünn- und schliffanalytischer Korngrößen nach FRIEDMANN (1958) wurde nicht angewendet. Dieses vereinfachte korngrößenanalytische Verfahren (Labor für Aufschluß und Produktion der ÖMV AG) dient lediglich zur Abschätzung der Korngrößenverhältnisse.

Die **Bestimmung des Sortierungsgrades** der siliciklastischen Komponenten erfolgte visuell nach COMPTON (1962).

Die **Bestimmung des Rundungsgrades** erfolgte ebenfalls nach visuellen Gesichtspunkten nach einem Vorschlag POWERS (1953). Waren in einer Probe unterschiedliche Rundungsgrade an groben und feinen Kornklassen zu erkennen, so wurden sie in Abb. 18 durch eine Doppelzahl (gröbere Fraktion an erster Stelle) angegeben.

Anzumerken ist, daß in einzelnen Proben der Rundungsgrad der Siliciklastika durch randliche korrosive Verdrängungsvorgänge nicht gesamtheitlich beurteilt werden kann. In diesen Fällen wurde der Rundungsgrad nur an ausgesuchten, randlich unveränderten Gemengteilen bestimmt.

Angaben zum Gefüge beziehen sich auf das Verhältnis von Komponenten zur Matrix.



S - stark sandig, s - sandig, K - stark karbonatisch, sparit./mikro-sparit. - sparitisch/mikro-sparitisch, mikrit. - mikritisiert, mikritföhrend.
 Sort. - Sortierung, very well - sehr gut sortiert, well - gut sortiert, mod. (moderately) - mäßig sortiert, poorty - schlecht sortiert, very poorty - sehr schlecht sortiert.
 Rund. - Rundungsgrad, 6 - well rounded, 5 - rounded, 4 - subrounded, 3 - subangular, 2 - angular, 1 - very angular.
 Kg,max - gröbste Kornfraktion, Kg. Δ - durchschnittlicher Korndurchmesser, Kg.min - feinste Kornfraktion, F - Fein ..., M - Mittel ..., G - Grob.
 gs. - grainsupported (korngestützt), ms. - mudsupported (matrixgestützt).

Abb. 18: Granulometrische Ergebnisse und Benennung der Sedimente aus der Dünnschliffanalyse.
 Fig. 18: Thinnsection-analysis: Granulometric datas and nomenclature of these sediments.

6.2. Sedimentinhalt und Sedimentbenennung

Zur quantitativen Erfassung des mineralogisch-biogenen Sedimentinhaltes unter Berücksichtigung diagenetischer Erscheinungsformen wurden mittels Point-Counter-Verfahren (grain solid Zählung, DUNHAM, 1962; FLÜGEL, 1978) 300 Punkte auf der Schlißfläche berücksichtigt. Es wurden folgende Kategorien unterschieden:

Terrigene Anteile: monokristalliner Quarz, polykristalliner Quarz, Alkalifeldspat, Plagioklas, Hornstein (Chert), metamorphe Gesteinsbruchstücke (überwiegend Quarzit, Gneis, Glimmerschiefer), vulkanische-, tonige-, karbonatische Komponenten und Schwerminerale.

Allocheme Anteile: Biogene (sparitisch verfüllt sowie organogen mikritisiert), Ooide, Peloide, Onkoide, onkoidische Lagen und Glaukonit.

Matrix: Mikrit

Zement: Sparit

Verdrängungen: Dolomit, Chalcedon

Die Sedimentbenennung erfolgte nach dem Benennungsdreieck Sand-Ton-Karbonat von FÜCHTBAUER (1988).

Diese Einteilung erlaubt eine nähere Beschreibung der Sedimente mittels Adjektiva (z.B. „mikritisch“) und Substantiva (z.B. „Kalkoolith“). Dazu Abb. 18.

6.3. Diageneseerscheinungen und Environmentanalyse

Bei den untersuchten Proben handelt es sich meist um stark sandige Kalksteine, welche vom Liegenden zum Hangenden eine deutliche kompositionelle sowie granulometrische Änderung zeigen. Es lassen sich daraus Rückschlüsse auf energetische, fazielle und somit environmentspezifische Wechsel innerhalb dieser Aufschlußsequenz ziehen. Zusätzlich konnte aus der mikroskopischen Beobachtung diagenetischer Erscheinungsformen eine Aussage zur Art des frühdiagenetischen Prozeßablaufes gemacht werden.

Verdrängungen und Zementationserscheinungen

Biogene

Eine der häufigsten diagenetischen Erscheinungen in den Proben ist die Mikritisierung. Endolithische Algen, Pilze oder Bakterien bohren die Oberfläche von Kalkschalen und Ooiden bis zu einer Tiefe von 10–50 mm an und verschmachten diese. Dieser Prozeß vollzieht sich noch am Meeresgrund bzw. in den obersten Sedimentlagen. Nach dem Absterben der mikrobiellen Organismen füllen sich die Röhren mit kryptokristallinem Mg-Calcit. Erneute Bohrungen und Zementation erzeugen letztlich einen im Dünnschliff dunkel erscheinenden, filzigen Saum um die Partikel (Micrite envelope) (Tafel 1, Abb 1–2).

Die Mikritisierung beschränkt sich im wesentlichen auf ruhige, warme Flachmeerbereiche mit kalkübersättigtem Wasser. Die Folge der intensiven mikrobiellen Tätigkeit kann eine vollkommene Mikritisierung der Skelettfragmente sein. Bevorzugt werden Ooide sowie Aragonit- und Mg-Calcit-Biogene angebohrt, weniger aber calcitische, was auf deren geringere Löslichkeit zurückzuführen ist (FÜCHTBAUER, 1988).

Weiters treten Hohlformporen auf, die durch die Auflösung primärer Aragonitschalen entstehen (Tafel 1, Abb 3–4). Ihre Bildung beschränkt sich vor allem auf oberflächennahe, meteorische Environments, wo Porenfluids weitgehend karbonatuntersättigt sind. Eine verstärkte Lösung metastabiler Aragonitschalen bei gleichzeitiger Erhaltung des calcitischen Mikritsaumes ist die Folge.

Dem Hohlformporenstadium folgt eine sparitische Zementierung der Intrapore durch Fe-armen Calcit (rot) (Tafel 1, Abb. 5).

Dolomite

Dolomite (Ankerit/Dolomit) treten in Form von sehr schmalen Säumen um siliciklastische Komponenten, calcitische Biogene und auch entlang von Porenwänden auf (pore lining) (Tafel 1, Abb. 5). Vereinzelt sind auch fleckige Dolomitkristallite zu finden, welche von bereits vollkommen verdrängten Komponenten stammen können. Die Ausbildungsform der Dolomite sowie der Zeitpunkt der Dolomitfällung ist in den untersuchten Proben nicht einheitlich. Zwei Bildungsarten des Dolomit können folglich unterschieden werden:

– Der im Hangendbereich auftretende Dolomit kann als frühdiagenetisches, nahezu syndementäres und möglicherweise evaporitisches Umwandlungsprodukt betrachtet werden. Das Bildungsmilieu frühdiagenetischen Dolomit zementes ist unter anderem der peritidal-evaporitische Bereich der Küste (FLÜGEL, 1978). Die Dolomitentstehung kann hier über eine Reaktionsreihe metastabiler Vorstadien (Aragonit, Mg-Calcit, Ca-Dolomit) erfolgt sein. Vergleichsweise kommt es an rezenten supratidalen Zonen wie der Trucial Coast (Andros) oder in Florida durch den Einfluß von Oberflächenwässern zu einem selektiven Abtransport von Ca aus den Aragonitkomponenten.

Ein Anstieg im Mg/Ca-Verhältnis ist die Folge, und sehr feinkörniger, schlecht geordneter Dolomit wird gebildet. Nach diesem Modell von WRIGHT (1990) können auch in alten peritidalen Karbonaten evaporitische Dolomite erhalten bleiben.

In den Proben ist teilweise eine starke randliche Korrosion der Siliciklastika durch Dolomit zu beobachten. Diese Verdrängungserscheinung setzt ein Milieu mit einem pH-Wert von mindestens 9 voraus,

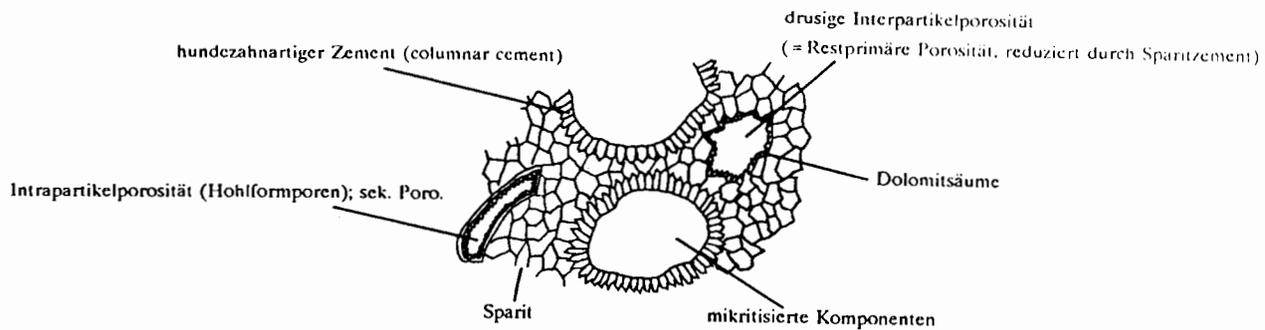


Abb. 19: Graphische Darstellung der Zementabfolge in den liegenden Einheiten (Probe F 46).

Fig. 19: Graphic of cements occurring at the bottom of outcrop F (sample F 46).

wodurch die Löslichkeit von Quarz erhöht wird, die von Karbonat aber soweit herabgesetzt, daß es zu einer Fällung kommt. Korrosionsbuchten und vereinzelt vollkommene Auflösung sind die Folge (NAGTEGAAL, 1969). Authigene Kalifeldspäte in Form von Kalifeldspatsäumen sowie das Auftreten von Chaledon (Quarzin) sind nach FRIEDMAN (1980) weitere typische Bildungen eines frühdiagenetischen, evaporitischen Environments.

Vereinzelte, diagenetisch stark veränderte Glimmer sind zusätzlich zu beobachten (Tafel 1, Abb. 6).

- In den Proben der liegenden Einheiten treten Dolomite als letzte Entwicklung einer mehrphasigen Zementabfolge auf (Abb. 19).

Abfolge:

-) Mikritisierung – bei den mikritisierten Komponenten handelt es sich wahrscheinlich zum Großteil um ehemalige Ooide (kalkoolithisches Sediment).
-) Bildung von „columnar cement“ (hundezahnähnlicher Zement) um die Komponenten (TUCKER, 1988) – typisch für die Mischungszone von meteorisch / marin phreatischen Environments.
-) gleichförmige, kleindimensionale, sparitische Zementkristalle, Bildungsmilieu ist das meteorisch/ phreatische Environment.
-) Dolomite wachsen in den verbleibenden offenen Porenraum oder in Hohlformporen von gelösten Biogenen und in Ooiden, deren Partikelkörner aus dem Zentrum oft gelöst sind.

Dolomit tritt somit im Hangendbereich des Aufschlusses überwiegend als Verdrängungsmineral auf, während im Liegenden echte Zementbildungen im Vordergrund stehen.

Die Untersuchung mittels Kathodenlumineszenz (Tafel 2, Abb. 1–2) stellte sich bei der Unterscheidung der karbonatischen Zementgenerationen als hilfreiches Mit-

tel heraus (AMIEUX, 1982). Das Lumineszenzvermögen von Calcit und Dolomit ist vor allem auf den aktivierenden Effekt des Mn^{2+} zurückzuführen, welches in variierenden Mengen in den einzelnen Karbonatmineralen eingebaut ist. Ob es sich bei den untersuchten Dolomiten um reinen Dolomit oder Ankerit handelt, ist aus den Dünnschliffpräparaten auf Grund der Feinheit der Ausfällungen nicht eindeutig zu folgern. Die röntgenographische Untersuchung läßt jedoch vor allem das Vorhandensein von Ankerit erkennen.

Echter Zement

Dieser tritt insbesondere in Form von calcitischem, blockigem Zement auf, welcher, zum jeweiligen zentralen Hohlrumbereich gröber werdend, die Poren verfüllt. Kleinere Poren sind durch eine einheitliche Kristallgröße zementiert (equant cement, HARWOOD, 1988).

Environmentspezifische Komponenten

Ooide

In den Proben F45, F46, und F48 treten massiv Ooide auf, bei gleichzeitigem Mangel an fossilen Biogenen (Tafel 2, Abb. 3–4). Die im hochenergetischen Milieu gebildeten Ooidsande sind für Biogene einerseits ein ungünstiges Substrat, andererseits sind sie Konkurrenten der Kalkschaler hinsichtlich der $CaCO_3$ -Aufnahme aus dem Wasser, welches zum Aufbau konzentrischer Umkrustungen benötigt wird. Das Bildungsmilieu der Ooide ist der warme, flachmarine Bereich mit einer Tiefe meist < 2m. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die relative Begrenztheit des Ablagerungsraumes. Bevorzugte Bildungsbereiche von ooidischen Sanden sind demnach gezeitenbeeinflusste Räume (tidal belts), flache Lagunen oder Bereiche nahe dem Inneren von Schelfplattformen (WRIGHT, 1990).

Peloide

Die fäkale Herkunft der Peloide (Kotpillen) kann nicht mit Sicherheit bestimmt werden. Es dürfte sich bei den gegenständlichen Proben teilweise um mikritisierte, strukturlose Ooide, bzw. Biogenbruchstücke handeln. In Probe F46 ist bei verstärktem Ooidvorkommen auch ein verstärktes Auftreten von Peloiden zu erkennen.

Onkoide

Sie sind unregelmäßig, schalig, kugelförmig bis lappig ausgebildet. Die in Probe F25 auftretenden onkoidischen Partikel entsprechen in ihrer Größe jenen der Ooide in den Proben F45, F46 und F48 und können deswegen auch als Mikroonkoide bezeichnet werden. Der ungleichmäßige Schalenbau läßt jedoch auf ein ruhigeres Bildungsmilieu schließen, wo eine gleichmäßige Umkrustung des Kernes durch ständige Kombewegung nicht möglich war. Der Bildungsraum fossiler Onkoide wird ebenfalls dem Peritidal zugeordnet (Tafel 2, Abb 5–6; Tafel 3, Abb. 1).

Die Onkoidumkrustungen in Probe F25 enthalten neben calcitischen Krustenanteilen auch Fe²⁺-erhöhte, tonige Umschalungen, was aus dem erhöhten Gesamttongehalt des Sedimentes nach der Röntgendiffraktionsanalyse und dem Auftreten einer limonitisch-braun-gelben Färbung der Umkrustung im Dünnschliffpräparat ersichtlich ist.

Biogene

Da keine umfassende mikrofaziale Untersuchung des Biogeninhaltes durchgeführt wurde, sind auch keine direkten Rückschlüsse auf die stratigraphische Zugehörigkeit der untersuchten Horizonte möglich. Generell ist das gehäufte Auftreten von rotaliiden Foraminiferen (*Ammonia* sp.) im Liegenden des Aufschlusses (Proben F45, F47) (Tafel 1, Abb. 1; Tafel 3, Abb. 3) sowie deren Fehlen in den oberen Horizonten zu beobachten. Diese Spezies hat ihren Lebensraum im brackischen Milieu der Spritzwasserzone. Da Ammonien vorwiegend in artenarmen, aber individuenreichen Fazies vorkommen, kann das Alter der Proben F45 und F47 im Oberen Sarmat vermutet werden. Die hangenden Lagen, die vor allem Ostracoden führen, sind somit eher dem beginnenden Pannon zuzuordnen (mdle. Auskunft, Dr. O. SCHREIBER, ÖMV AG) (Tafel 3, Abb. 2).

Beobachtet wurden weiters calcitische Gastropodenreste, Lithothamnenbruchstücke, Radiolarien sowie stark zementierte, weiter nicht zuordenbare Schalenbruchstücke.

Vulkanische Gesteinsbruchstücke

Sie treten in fast allen Proben auf. Auf Grund der meist guten Rundung und der gleichen Korngröße wie jene anderer Komponenten ist ein nur kurzer Transportweg

anzunehmen. Teilweise sind in Umwandlung begriffene Plagioklasleisten erkennbar, woraus auf eine vormals trachytoide Textur geschlossen werden kann (mündliche Auskunft, Doz. Dr. F. KOLLER, Universität Wien) (Tafel 3, Abb. 4–6). Eine nicht weiter definierbare, (eventuell bereits erodierte) vulkanische Auswurfstelle im tertiären Hinterland ist anzunehmen.

6.4. Porosität

In den meisten Proben lassen sich verschiedene Porositätstypen unterscheiden (siehe CHOQUETTE & PRAY, 1970). Die primäre Porosität wurde durch Verdrängungsminerale und Zementation weitgehend reduziert, während die sekundäre Porosität einen wichtigen Stellenwert einnimmt.

Der häufigste Porentyp ist die sekundäre Partikel- und Gesteinslösungs Porosität (moldic porosity). Als Beispiel dafür seien die biogenen Hohlformporen (Tafel 1, Abb. 4), Partikellösungsporen in den Kalkonkolithen und Kalkoolithen (Tafel 2, Abb. 4) sowie Lösungsporen, entstanden durch Quarzverdrängung, genannt. Vereinzelt lassen sich auch erweiterte Lösungsporen erkennen, welche durch anhaltende Lösungsvorgänge gebildet werden.

6.5. Environment

Anhand der vorliegenden Ergebnisse wird versucht, die einzelnen Proben einem Environment zuzuordnen. Die nach der Deposition eintretenden diagenetischen Veränderungen sind insgesamt dem frühdiagenetischen Stadium zugehörend.

Eine faziale Zuordnung erfolgte nach der überblicksmäßigen Beschreibung mittels Standard-Mikrofaziestypen (SMF) nach WILSON (1975) und FLÜGEL (1972, 1982).

Nach diesem Vorschlag lassen sich die Proben F46, F37 und F27 als Plattformrandsande einstufen. Dies entspricht einer Fazieszone von hochenergetischen Untiefen, Küstenregionen oder auch durch Gezeiten-tätigkeit beeinflussten Karbonatsanden.

Die Proben F25 und F44 sind ebenfalls Plattformrandsanden zuzuordnen, doch ist in diesem Fall mäßig hochenergetisches, sehr flachmarines Environment vorstellbar.

Schließlich entsprechen die Proben F47 und F33 einem Ablagerungsraum im offenen oder geschlossenen Plattformbereich, wo ruhige Sedimentation möglich war. Die Proben F20, F22, F23, F31, F42, F43, und F48 sind auf Grund schlechter Sortierungsverhältnisse keinem eindeutigen Faziestyp zuzuordnen. Eine mögliche fluviatile Beeinflussung dieser Sedimente ist anzunehmen.

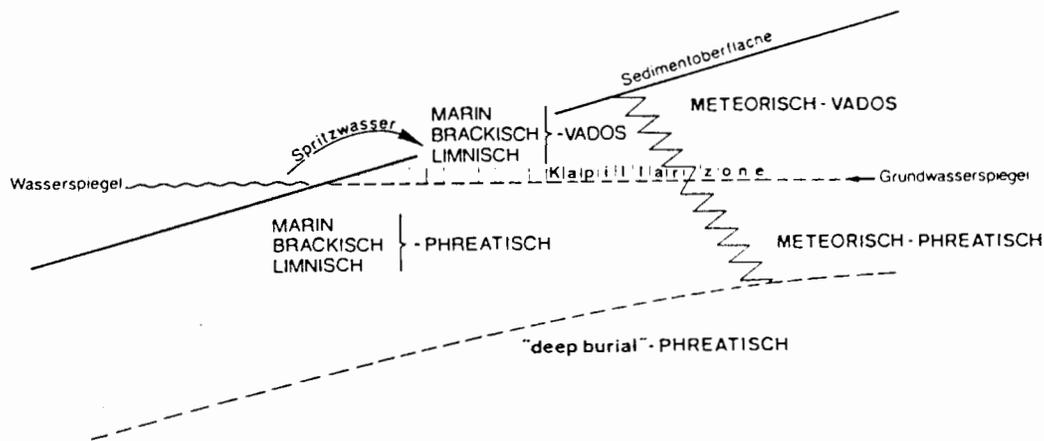


Abb. 20: Graphische Darstellung der hydrologischen Bereiche einer Küste (RICHTER, 1984).

Fig. 20: Graphic of hydrologic conditions in coastal areas (RICHTER, 1984).

6.6. Diageneseregime

Die Summe aller mikroskopischen Beobachtungen ergab, daß die diagenetische Entwicklung der Sedimente überwiegend dem meteorisch-phreatischen Environment sowie der Mischungszone von meteorisch-marin phreatischen Bereichen zuzuordnen ist (Abb. 20). Evaporitische, nahezu syndimentäre Ausfällungen sind ebenfalls vereinzelt in Betracht zu ziehen.

Die unter Süßwasserbedingungen ablaufenden meteorischen Veränderungen im Grundwasserbereich führten zur Bildung von gleichförmig ausgebildetem, calcitisch-blockigem Zement, zur Entstehung von Hohlformporen aus aragonitischen Schalenresten, zu Zementsäumen und vereinzelt auftretender Sammelkristallisation.

Nach COUDRAY (1977) und PIERSON & SHINN (1985) können starke Regressionsphasen in direktem Zusammenhang mit der Häufigkeit meteorischer Zemente in marinen Sedimenten sein.

Literatur

- AMIEUX, P. (1982): La cathodoluminescence: methode d'étude sedimentologique des carbonates. — Bull. Centres Rech. Explor.-Elf-Aqu., **6**, 437–483, Pau.
- BERGER, W. (1953): Flora und Klima im Jungtertiär des Wiener Beckens. — Z. dt. Geol. Ges., **105**, 228–233, Hannover.
- CHOQUETTE, P. W. & PRAY, L. C. (1970): Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. — Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., **54**, 207–250, Tulsa.
- COMPTON, R. R. (1962): Manual of Field Geology. — London (Wiley).
- COUDRAY, J. (1977): Sedimentation et diagenèse des formations récifales périphériques à la Nouvelle-Calédonie durant le quaternaire: controle tectonique et

climatique. -2. Sympos. internat. sur les coraux et récifs coralliens fossiles. — Memoires, B.R.G.M., **89**, 407–418, Paris.

DELLMOUR, K. & WIDDER, R. W. (1989): Bericht 1988 über geologische Aufnahmen im Kristallin, Tertiär und in der Permotrias des Leithagebirges auf Blatt 77 Eisenstadt. — Jb. Geol. B.-A., **132**, 553–555, Wien.

DICKINSON, J. A. D. (1965): A modified straining technique for carbonates in thin section. — Nature, **205**, p. 587, London.

DIN 4022 (1987): Baugrund und Grundwasser. — Berlin.

DIN 51033 (1962): Teil I: Bestimmung der Korngrößen durch Siebung und Sedimentation. — Berlin.

DUNHAM, R. J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. — Mem. Amer. Ass. Petrol. Geol., **1**, 108–121, Tulsa.

EVAMY, B. D. & SHEARMAN, D. J. (1962): The applications of chemical straining techniques to the study of diagenesis in limestones. — Proc. Geol. Soc. London **1599**, p. 102, London.

FLÜGEL, E. (1972): Mikrofazielle Untersuchungen in der Alpinen Trias. Methoden und Probleme. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., **21**, 9–64, Innsbruck.

— (1978): Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalken. — 454, Berlin–Heidelberg (Springer-Verlag).

— (1982): Microfacies Analysis of Limestones. — 633, Berlin–Heidelberg (Springer-Verlag).

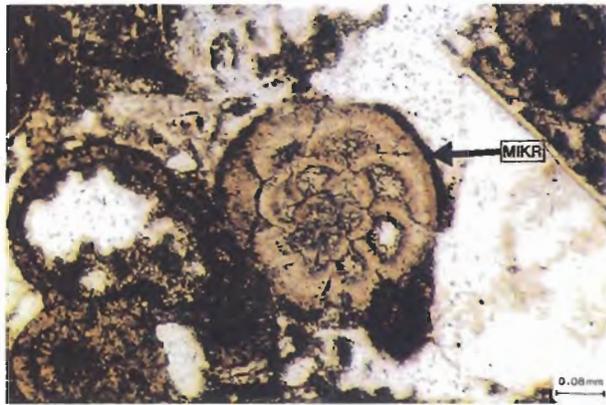
FREY, R. W. et al., (1978): Ophiomorpha: its morphologic, taxonomic and environmental significance. — Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol., **23**, 199–229, Amsterdam (Elsevier).

FRIEDMAN, G. M. (1958): Determination of sieve-size distribution from thin-section data for sedimentary petrological studies. — Journ. Geol., **66**, 394–416, Chicago.

— (1962): On sorting, sorting coefficients, and the lognormality of the grain-size distribution of sandstones. — Journ. Geol., **70/6**, 737–753, Chicago.

- (1979): Differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins. — *Sediment.*, **26**, 3–32, Amsterdam.
- (1980): Dolomite is an evaporite mineral: evidence from the rock record and from sea-marginal ponds of the Red Sea. — [In:] ZENGER, D. H., DUNHAM, J. B. & ETHINGTON, R. L. (eds.): *Concepts and Models of Dolomitization*. — *Soc. Econ. Palaeont. Mineral. Spec. Publ.*, **28**, 69–80, Tulsa.
- FÜCHTBAUER, H. (1959): Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine. — *Erdöl und Kohle*, **12/8**, 605–613, Hamburg.
- (1988): *Sedimente und Sedimentgesteine, Sedimentpetrologie Teil II*. — 1141, 660 Abb., 113 Tab., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhdlg., Stuttgart.
- HAAS, M. (1993a): Untersuchungen zur Granulometrie, Morphometrie und der mineralogisch-chemischen Zusammensetzung von Quarzsanden im Burgenland, Bereich Hornstein/Wimpassing (Stoffbestand von Quarzsanden im Burgenland), Endbericht Projekt BA 16. — *Geol. B.-A.*, **1993**, 115–161, Wien.
- (1993b): Die neogenen Sedimente im Raume Hornstein/Wimpassing - eine environmentanalytische (Teil A) und rohstoffwirtschaftliche (Teil B) Untersuchung. — Diplomarbeit, 168 S., 105 Abb., 35 Tab., Universität Wien.
- HARWOOD, G. (1988): *Microscopic techniques: II., Principles of sedimentary petrography*. - [In:] TUCKER, M.: *Techniques in Sedimentology*. — 108–173, Oxford (Blackwell Scientific Publ).
- HERRMANN P. (1987): Bericht 1986 über geologische Aufnahmen im Tertiär und Quartär auf Blatt 77, Eisenstadt. — *Jb. Geol. B.-A.*, 1987, **130**, 294, Wien.
- MARSAL, D. (1967): *Statistische Methoden für Erdwissenschaftler*. — 152, Stuttgart (Schweizerbart'sche Verl.GesmbH.).
- MÜLLER, G. (1961): Das Sand-Silt-Ton Verhältnis in rezenten marinen Sedimenten. — *N.Jb.Mineral. Mh.*, **1961**, 148–163, Stuttgart.
- NAGTEGAAL, P. J. C. (1969): Microtextures in recent and fossil caliche. — *Leidse Geol.Meded.*, **42**, 131–142, Leiden.
- ÖK, Blatt 77, Eisenstadt (1986): Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien.
- PASSEGA, R. (1957): Texture as characteristic of clastic deposition. — *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **41/9**, 1952–1984, Tulsa.
- (1964): Grain size representation by CM patterns as a geological tool. — *Journ. Sediment. Petrol.*, **34/4**, 830–847, Tulsa.
- & BYRAMJEE, R. (1969): Grain-size image of clastic deposits. — *Sediment.*, **13**, 233–252, Oxford.
- PIERSON, B. J. & SHINN, E. A. (1985): Cement distribution and carbonate mineral stabilization in Pleistocene limestones of Hogsty Reef, Bahamas. [In:] SCHNEIDERMANN, N. & HARRIS, P.M. (eds.): *Carbonate Cements*. — *Soc. Econ. Palaeont. Mineral. Spec. Publ.*, **36**, 153–168, Tulsa.
- PIRKL, H. & SCHMID, H. (1979): Erfassung und Beurteilung von Lockersedimenten des Burgenlandes, Phase 2, Endbericht Projekt BA 1/79. — *Geol. B.-A.*, Wien.
- POWERS, M. C. (1953): A new roundness scale for sedimentary particles. — *Journ. Sediment. Petrol.*, **23**, 117–119, Tulsa.
- REINSON, G. E. (1984): Barriere Island and Associated Strand-Plain Systems. [In:] WALKER, R.G.: *Facies Models*, Soc. Ed., 119–140 — *Geoscience Canada*, Hamilton.
- RICHTER, D. K. (1984): Zur Zusammensetzung und Diagenese natürlicher Mg-Calcite. — *Bochumer geol. und geotechn. Arb.*, **15**, Bochum.
- SOHS, F. (1963): Das Neogen am Westrand des Leithagebirges (zwischen Hornstein und Sommerein). — *Diss.Univ. Wien*.
- THENIUS, E. (1974): *Niederösterreich*. — *Verh. Geol. B.-A., Bundesländerserie*, Heft NÖ., 2. Aufl., 280 p., Wien.
- TOLLMANN, A. (1955): Das Neogen am Nordwestrand der Eisenstädter Bucht. — *Wissenschaftl. Arb. aus dem Bgld.*, **10**, 1–74, Eisenstadt.
- (1985): *Geologie von Österreich, Bd.2*. — 710 p., Wien (Deuticke).
- TUCKER, M. E. (1985): *Einführung in die Sedimentpetrologie*. — 265 p., Stuttgart (Ferd. Enke Verl.).
- (1988): *Techniques in Sedimentology*. — 394 p., Oxford (Blackwell Scientific Publ.).
- VISHER, G. S. (1969): Grain size distributions and depositional processes. — *Journ. Sediment. Petrol.*, **39/3**, 1074–1106, Tulsa, Oklahoma.
- WIESENER, H. & ZIRKL, E. J. (1957): *Glastuffit von Linenberg bei Zistersdorf (Niederösterreich)*. — *Verh.Geol. B.-A.*, **1957**, 136–145, Wien.
- WILSON, J.L. (1975): *Carbonate Facies in Geologic History*. — 471, Berlin (Springer-Verl.).
- WRIGHT, P.V. (1990): *Carbonate sediments and limestones*. [In:] TUCKER, M., *Carbonate Sedimentology* (ed. by Tucker M.E., Wright P.V.). — 482 p., Oxford (Blackwell scientific publ.)

Tafel 1/Plate 1



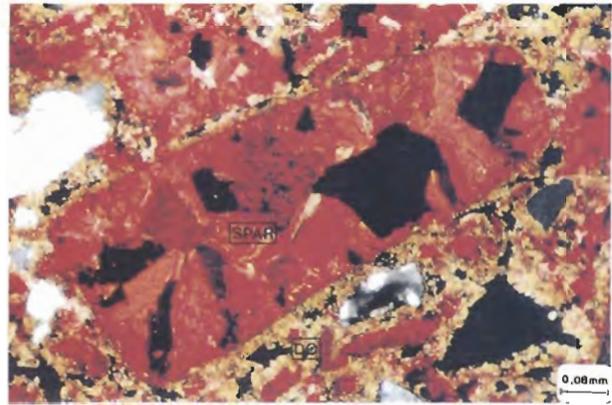
1



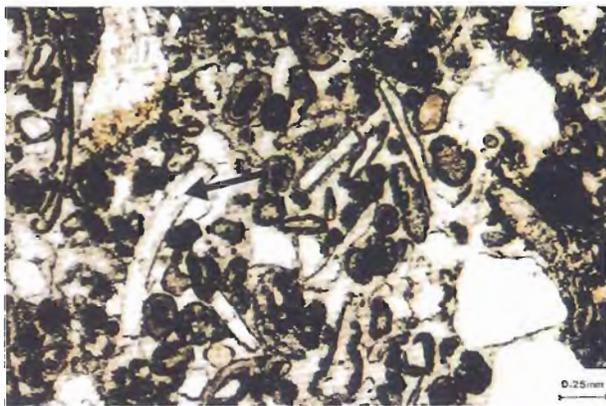
4



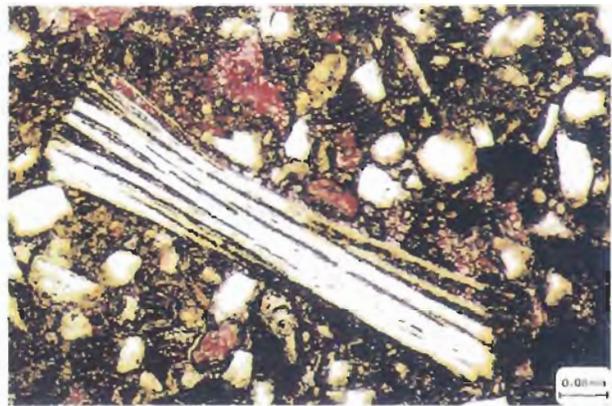
2



5



3

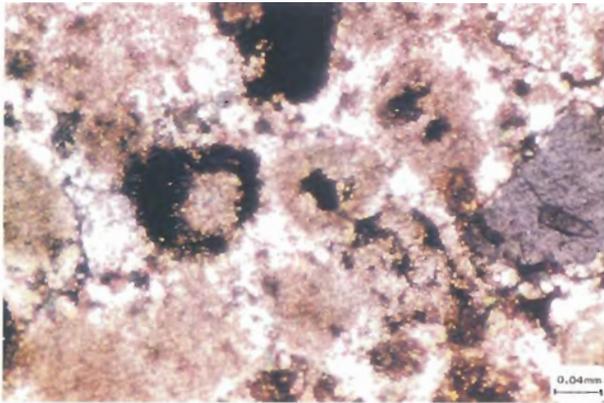


6

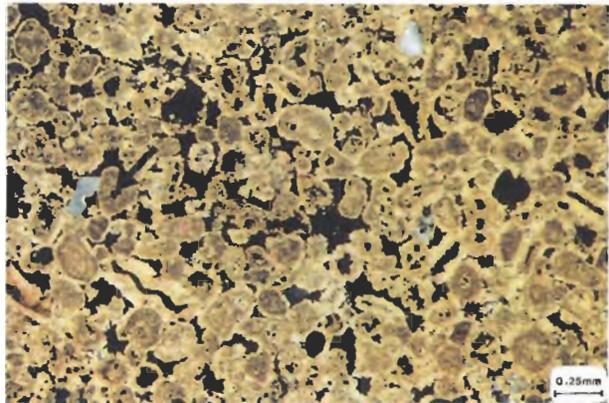
- Abb. 1: Probe F 45; parallele Nicols; Rotaliide Foraminifere (*Ammonia* sp.) mit randlichem Mikritisierungssaum (MIKR).
- Abb. 2: Probe F 20; parallele Nicols; karbonatspezifische Färbung; Deformierter Glimmer (GL), umgeben von randlich mikritisierten (MIKR) und sparitisch zementierten biogenen Schalenresten (BIO).
- Abb. 3: Probe F 45; parallele Nicols; Biogenreicher Ooidsandstein mit primär calcitischen Schalenfragmenten (Pfeil).
- Abb. 4: Probe F 45; gekreuzte Nicols; Biogenreicher Ooidsandstein mit primär calcitischen Schalenfragmenten; Hohlformporen entstehen durch die Auflösung primärer Aragonitschaler.
- Abb. 5: Probe F 23; gekreuzte Nicols; karbonatspezifische Färbung; Ehemalige Hohlformpore biogenen Ursprunges, nunmehr calcitisch sparitisch verfüllt (SPAR). Randliche Ausfällung von Dolomit (DO).
- Abb. 6: Probe F 44; parallele Nicols; karbonatspezifische Färbung; Glimmerdissolution entlang kristallographischer Flächen.

- Fig. 1: Sample F 45; parallel nicols; Rotaliide Foraminifer (*Ammonia* sp.) with an micritic envelope (MIKR).
- Fig. 2: Sample F 20; parallel nicols; carbonate-specific staining; Deformed mica (GL); Biogenic fragments (BIO) with micritic envelope (MIKR) and sparitic cement.
- Fig. 3: Sample F 45; parallel nicols; Biogenic Ooidsandstone with biogenic, primary calcitic fragments (arrow).
- Fig. 4: Sample F 45; crossed nicols; Biogenic Ooidsandstone with primary calcitic fragments; Moldic porosity origins from dissolution of primary aragonitic fragments.
- Fig. 5: Sample F 23; crossed nicols; carbonate-specific staining; Former moldic pores have a biogenic origin, and are now cemented with sparit (SPAR). Precipitated dolomite (DO) rims the cemented pore.
- Fig. 6: Sample F 44; parallel nicols; carbonate-specific staining; Dissolution of mica along crystallographic planes.

Tafel 2 / Plate 2



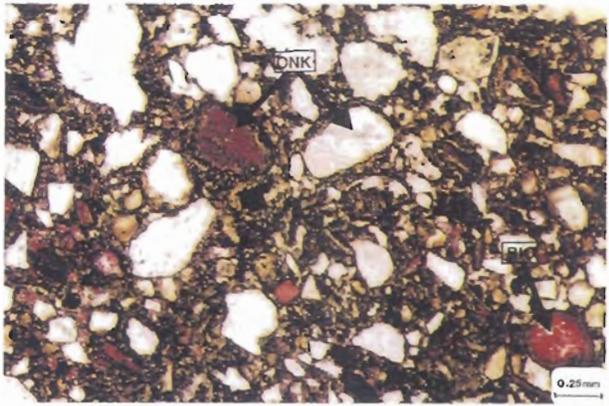
1



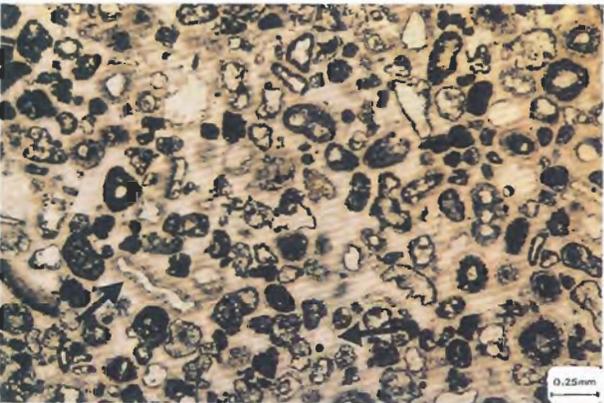
4



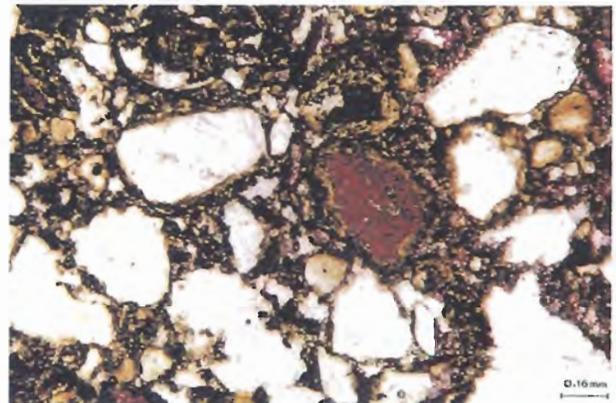
2



5



3

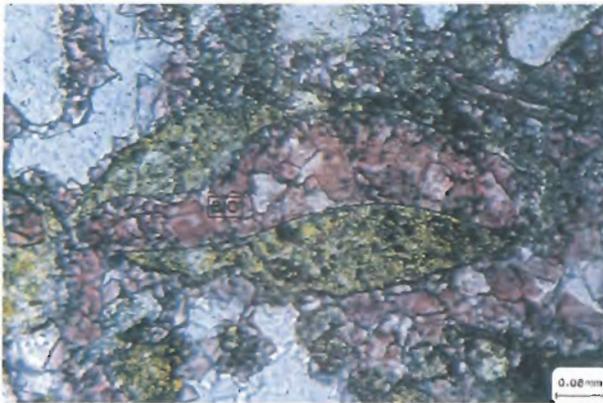


6

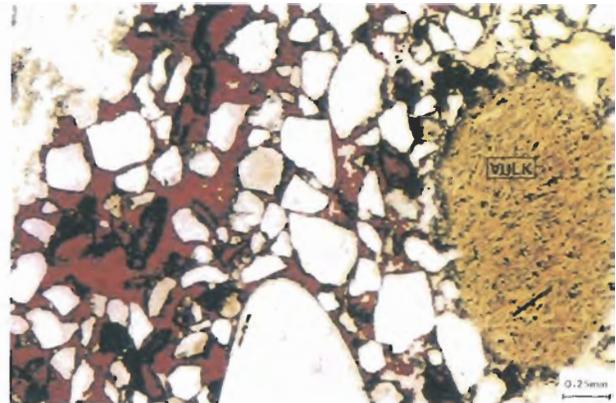
- Abb. 1: Probe F 46; gekreuzte Nicols; normales Durchlicht; Differenzierung verschiedener Karbonatzemente mittels Kathodolumineszenz.
- Abb. 2: Probe F 46; parallele Nicols; Kathode: 13,5 kV, Belichtungszeit: 13 min; Differenzierung karbonatischer Zementgenerationen mittels Kathodolumineszenz.
- Abb. 3: Probe F 46; parallele Nicols; Übersichtsfoto; Kalkoolith mit „columnar cement“ (siehe Pfeil).
- Abb. 4: Probe F 46; gekreuzte Nicols; Übersichtsfoto; Kalkoolith mit „columnar cement“, Poren erscheinen schwarz; Auftreten von Intrapartikelporosität (siehe Pfeil).
- Abb. 5: Probe F 25; parallele Nicols; karbonatspezifische Färbung; Übersichtsfoto; Onkoidic (ONK) und Biogene (Ostracoden) (BIO).
- Abb. 6: Probe F 25; parallele Nicols; karbonatspezifische Färbung; Detailaufnahme; Onkoidic.

- Fig. 1: Sample F 46; crossed nicols; normale light; Differentiation of carbonate-cements by the methode of athodoluminescenc.
- Fig. 2: Sample F 46; parallel nicols; cathode: 13,5 kV; exposure time: 13 min; Differentiation of carbonate-cements by the methode of cathodoluminescenc.
- Fig. 3: Sample F 46; parallel nicols; general view; Kalkoolith with columnar "cement" (remark arrow).
- Fig. 4: Sample F46; crossed nicols; general view; Kalkoolith with "columnar cement"; Porosity appears black- occurrence of intraparticle-porosity.
- Fig. 5: Sample F 25; parallel nicols; carbonate-specific staining; general view; Onkoidic and Biogenic components (ostracodes) (BIO).
- Fig. 6: Sample F 25; parallel nicols; carbonate-specific staining; detail; Onkoidic.

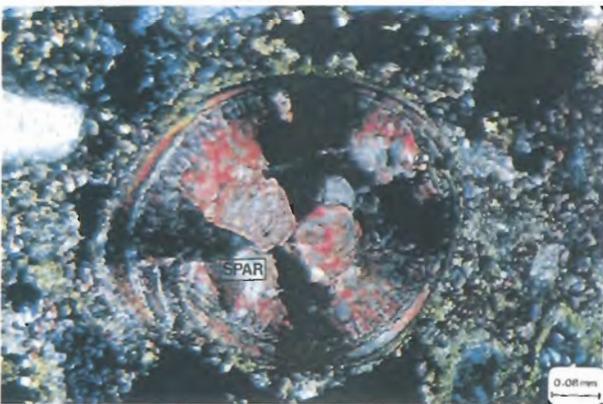
Tafel 3 / Plate 3



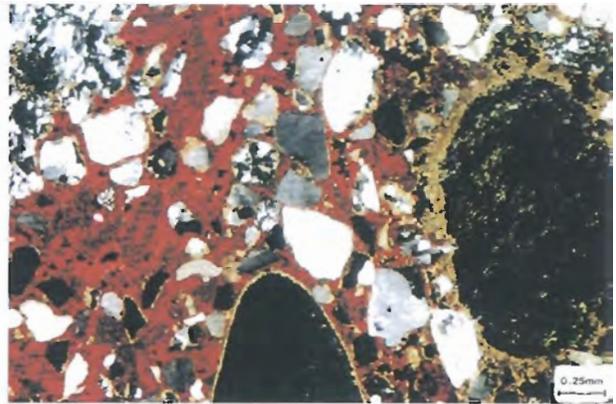
1



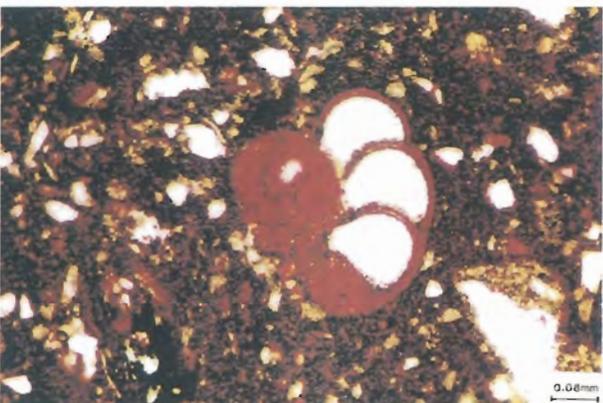
4



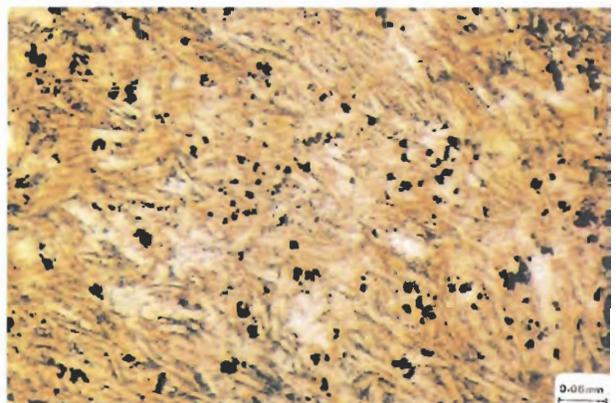
2



5



3



6

- Abb. 1: Probe F 25; parallele Nicols; karbonatspezifische Färbung; Kalzitisch zementiertes Biogenbruchstück (BIO) mit onkoidischer Umkrustung.
- Abb. 2: Probe F 25; gekreuzte Nicols; karbonatspezifische Färbung; Detailaufnahme einer Ostracodenschale (*Xestolebris* sp.), gefüllt mit sparitischem Zement (SPAR).
- Abb. 3: Probe F 47; parallele Nicols; karbonatspezifische Färbung; Kalkschlamm und rotaliide Foraminifere.
- Abb. 4: Probe F 31; parallele Nicols; karbonatspezifische Färbung; Vulkanogene Komponente (VULK) in Umwandlung zu Tonmineralen.
- Abb. 5: Probe F 31; gekreuzte Nicols; karbonatspezifische Färbung; Vulkanogene Komponente (VULK) in Umwandlung zu Tonmineralen.
- Abb. 6: Probe F 31; parallele Nicols; Detailaufnahme; Trachytoide Textur der vulkanogenen Komponenten.

- Fig. 1: Sample F 25; parallel-nicols; carbonate-specific staining; Biogenic fragment calcitic cemented and with an onkoidic rim.
- Fig. 2: Sample F 25; crossed nicols; carbonate-specific staining; Detail of an Ostracode-fragment (*Xestolebris* sp.), cemented with sparitic (SPAR).
- Fig. 3: Sample F 47; parallel nicols; carbonate-specific staining; Calcitic mud and rotaliid foraminifer.
- Fig. 4: Sample F 31; parallel nicols; carbonate-specific staining; Volcanic component (VULK) alternating to clay-minerals.
- Fig. 5: Sample F 31; crossed nicols; carbonate-specific staining; Volcanic component (VULK) alternating to clay-minerals.
- Fig. 6: Sample F 31; parallel nicols; detail; Trachytoid texture of a volcanic component.