

## Die Faziesentwicklung des Oligozäns in der Molassezone zwischen Krems und Wieselburg (Niederösterreich)

Von REINHARD ROETZEL, mit Beiträgen von PETER HOCHULI und FRIEDRICH STEININGER\*)

Mit 57 Abbildungen und 9 Tabellen

*Niederösterreich*  
*Molassezone*  
*Melker Formation*  
*Älterer Schlier Formation*  
*Faziesanalyse*  
*Sedimentpetrologie*  
*Sedimentologie*  
*Spurenfossilien*  
*Stratigraphie*  
*Oligozän*

Österreichische Karte 1 : 50.000  
 Blätter 37, 38, 54, 55

### Inhalt

Zusammenfassung .....	129
Summary .....	130
1. Einleitung .....	130
2. Geologische und stratigraphische Situation im Bearbeitungsgebiet .....	130
3. Sedimentologische und paläontologische Bearbeitung .....	132
3.1. Geländearbeit .....	132
3.2. Granulometrie .....	133
3.3. Leicht- und Schwermineralanalyse .....	135
3.4. Biogener Inhalt der Sedimente .....	135
4. Untersuchungsergebnisse .....	136
4.1. Sandgrube Eggendorf .....	136
4.2. Ton- und Sandgruben Hermannschacht .....	141
4.3. Sandgrube Winzing .....	147
4.4. Sandgrube Landhausen .....	151
4.5. Sandgrube Großbrust .....	153
4.6. Ton- und Sandgrube Karlstetten .....	157
4.7. Sandgrube Melk .....	160
4.8. Sandgrube Zelking .....	165
4.9. Sandgrube Grabenegg .....	170
5. Feldspatverteilung in den Melker Sanden .....	174
6. Schwermineralverteilung in den Melker Sanden .....	175
7. Schlußfolgerungen .....	175
Literatur .....	179

### Zusammenfassung

Das Hauptverbreitungsgebiet von oligozänen Sedimenten der Melker Formation in Niederösterreich ist der Südostrand der Böhmisches Masse zwischen Krems und Wieselburg. In diesem Gebiet wurde mit Hilfe von modernen sedimentpetrologischen und paläontologischen Methoden eine Faziesanalyse der Pielacher Tegel, Melker Sande und des Älteren Schliers durchgeführt.

Im unteren Oligozän (Lattorfien-unteres Rupelien) beginnt die Sedimentation der Pielacher Tegel in limnisch-terrestrischer Fazies und wird mit fortschreitender Transgression bei gleichzeitiger Kohlebildung mit brackisch-marinem Einfluß im mittleren Oligozän (oberes Rupelien) fortgesetzt. Bei andauernder Transgression erfolgt der Übergang in die marine Küstenfazies (Spritzwasserzone bis Brecherzone). Gleichzeitig ist eine synsedimentäre Absenkung des Untergrundes zu erkennen.

Eine Regressionsphase mit Sedimentation in lagunärer Fazies und Erosion durch fluviatil-ästuarine Rinnen unterbricht den marinen Vorstoß im untersten Egerien.

Mit Einsetzen einer neuerlichen Transgression herrschen anfangs teilweise lagunäre Bedingungen in einem reduzierenden Milieu. In der, von lokalen Einflüssen stark geprägten weiteren Schichtfolge überwiegen zuerst wieder marine Küstensedimente (Spritzwasserzone bis Brecherzone). Vereinzelt findet man auch ästuarine Beeinflussung. Mit dem weiteren marinen Vorstoß kommt es in der Übergangszone im Bereich von submarinen Sandbänken zur Ablagerung von teilweise aufgearbeiteten Grobsanden. In Küstennähe und in geschützter Lage werden dagegen weiterhin Feinsande sedimentiert. Auf Grund dieser faziesabhängigen Sedimentausbildung sollte daher die hauptsächlich auf lithologische Kriterien basierende Unterteilung von Älteren und Jüngeren Melker Sanden nicht in stratigraphischer Hinsicht verwendet werden.

\*) Anschrift der Verfasser: Dr. REINHARD ROETZEL, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien; Dr. PETER HOCHULI, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Geologisches Institut, Sonneggstraße 5, CH-8092 Zürich; Univ.-Prof. Dr. FRIEDRICH STEININGER, Universität Wien, Institut für Paläontologie, Universitätsstraße 7/II, A-1010 Wien.

Im obersten mittleren Egerien wird schließlich mit der Ablagerung des Älteren Schliers der Schelf erreicht.

Als Hauptliefergebiet der Sedimente der Melker Formation kann man auf Grund des Schwermineralspektrums die Böhmisches Masse bezeichnen. Auch der meist schlechte Rundungsgrad (kantig bis kantengerundet) der Sande spricht für sehr lokale Schüttungen mit kurzem Transportweg und rascher Ablagerung. Teilweise beeinflussend auf das Schwermineralspektrum und den Feldspatgehalt der Sande scheint die präsedimentäre Verwitterung und die Klimaänderung vom Unteroligozän zum Mitteloligozän gewirkt zu haben.

### Summary

Along the southern border of the Bohemian Massif between Krems and Wieselburg in Lower Austria Oligocene sediments of the Melk Formation are wide-spread. In this area an environmental analysis of the Pielach Clays, the Melk Sands and of the so-called "Älterer Schlier" was carried out by means of sedimentological and paleontological methods. In this area the sedimentation starts in the Lower Oligocene (Latdorfian-Lower Rupelian) with limnic-terrestrial Pielach Clays and proceeds with paralic and marine influenced sediments in the Middle Oligocene (Rupelian). As transgression goes on coastal sands are deposited in the swash zone to breaker zone. In the Lower Egerian a regression with sedimentation in lagoonal facies and erosion by fluvial-estuary channels takes place and interrupts the marine transgression. At the beginning of a new transgression period mostly locally influenced near-shore sediments can be found. Sometimes lagoonal sediments in a reducing environment or estuary sands are deposited. During the progressive marine transgression reworked coarse sands are deposited on submarine sandbars in the transition zone. In protected nearshore areas the sedimentation of fine coastal sands continues. For this very reason the subdivision of the Melk Sands into an older and a younger section by lithological characteristics cannot be used for stratigraphic classification. In the Late Oligocene the deposition of shelf sediments starts with the "Älterer Schlier". The spectrum of heavy minerals points at a transport of the sediments from the Bohemian Massif in the north of the investigated area. The poor roundness of the grains, too makes a short way of transport probable. The heavy minerals and the feldspars seem to be partly influenced by presedimentary weathering processes and the climatic changes from Early Oligocene to Middle Oligocene.

## 1. Einleitung

Die geologische Erforschung der Molasse beschränkte sich viele Jahrzehnte lang auf die Kartierung und stratigraphische Einstufung der Tertiärschichten. Nur sehr vereinzelt wurde auf Grund der Sedimentausbildung und der Fossilführung auf die Fazies und Faziesentwicklung geschlossen.

Erst mit Beginn der verstärkten Suche nach Erdöl und Erdgas gewann die Faziesanalyse mehr an Bedeutung. Seit dieser Zeit beschäftigt sich vor allem die erdölgeologische Forschung in steigendem Maße mit der Environmentalanalyse kohlenwasserstoffführender Sedimentbecken. Neben der Paläontologie wird dabei in den letzten Jahren verstärkt die Sedimentpetrologie in Verbindung mit Untersuchungen über Bildungsbedingungen rezenter Sedimente herangezogen.

In der vorliegenden Arbeit wurden mit Hilfe moderner sedimentpetrologischer Methoden und zusätzlich mittels paläontologischer Kriterien die oligozänen Sedimente der Melker Formation am SE-Rand der Böhmisches Masse in Niederösterreich, südlich der Donau zwischen Krems im NE und Wieselburg im SW faziell untersucht. Dabei wurden vor allem die Lithologie, der biogene Inhalt, die Aussagen von Mittelwert, Standardabweichung und Schiefe, der Schwer- und Leichtmineralbestand und die aus dem Vergleich der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz und CM-Dia-

gramme mit Daten rezenter Sedimente gewonnen faziellen Aussagen für die Environmentalanalyse verwendet.

Diese Arbeit ist das Ergebnis meiner Dissertation, die bei Herrn Doz. Dr. H. KURZWEIL am Petrologischen Institut der Universität Wien in den Jahren 1979 bis 1982 entstand.

Für die vielfältige Hilfe bei dieser Arbeit möchte ich vor allem Herrn Doz. Dr. H. KURZWEIL, Herrn Prof. Dr. F. STEININGER und Herrn Dr. F. RÖGL aufrichtig danken. Bei Herrn Prof. Dr. F. STEININGER bedanke ich mich außerdem herzlich für die Bestimmung und Bearbeitung der Molluskengemeinschaften, ebenso bei Herrn Dr. P. HOCHULI für die im Rahmen des IGCP-Projektes 25 – Tethys-Paratethys-Neogen erstellten palynologischen Altersdaten. Frau Dr. C. MÜLLER, die die Nannoplanktonführung einiger Proben untersuchte und Frau Dr. J. KOVAR, die die Pflanzenfossilien bestimmte, möchte ich ebenfalls hier danken. Für ihr Entgegenkommen bei der Geländearbeit danke ich Herrn Prof. Dr. F. MAKOVEC von der DOKW-AG und allen Grubenbesitzern. Besonders möchte ich schließlich meiner Frau für ihre Geduld, ihr Verständnis und ihre Hilfe danken.

## 2. Geologische und stratigraphische Situation im Bearbeitungsgebiet

Im untersuchten Gebiet, am SE-Rand der Böhmisches Masse in Niederösterreich, südlich der Donau zwischen Krems im NE und Wieselburg im SW sind neben quartären Löß- und Schotterablagerungen vor allem oligozäne und miozäne Molassesedimente verbreitet (Abb. 1).

Als älteste Anteile dieser tertiären Schichtfolge treten im untersuchten Gebiet die in dieser Arbeit behandelten oligozänen Ablagerungen auf. Es sind dies faziell unterschiedliche Anteile der Pielacher Tegel, der (Älteren und Jüngeren) Melker Sande und des Älteren Schliers. Pielacher Tegel und Melker Sande werden seit O. ABEL (1904) als Melker Schichten zusammengefaßt.

Ältere geologische Arbeiten aus diesem Gebiet stammen von O. ABEL (1904, 1905), J. ČIŽŤEK (1853), F. ELLISON (1936, 1942), Th. FUCHS (1868), F. HAUER (1869), E. NOWACK (1921), J. POLAGNOLI (um 1940), F. POŠEPNÝ (1865), H. VETTERS (1925–1938) und H. WOLF (1858).

Geologische Karten aus diesem Gebiet liegen von W. FUCHS (1964, 1972, 1980), R. GRILL (1958) und O. SCHERMANN (1966) vor. Daneben gibt es unveröffentlichte Manuskriptkarten im Archiv der Geologischen Bundesanstalt.

F. ELLISON (1936, 1942) führt erstmals mit Hilfe von Vergleichen mit rezenten Ablagerungen eine Art Faziesanalyse der Sedimente im Raum Melk durch. Im Rahmen der 1956–1963 durchgeführten geologischen Aufnahmen der Blätter Spitz, Krems, Obergrafendorf und St. Pölten gliedert R. GRILL (1956) den Melker Sand in einen älteren, chattischen und einen jüngeren, aquitanischen Anteil. Er kann sich bei der Alterseinstufung nicht nur auf Altersdaten von den, in enger lithologischer und stratigraphischer Beziehung zu den Melker Sanden stehenden Linzer Sanden des Gallneukirchner Beckens (R. GRILL, 1933), sondern auch auf die Bearbeitung einer Wirbeltierfauna aus den Melker Sanden von Unterwöbling und Obritzberg durch E. THENIUS (1960) stützen. Ebenso wird der Ältere Schlier von R. GRILL (1956) ins Aquitan gestellt.

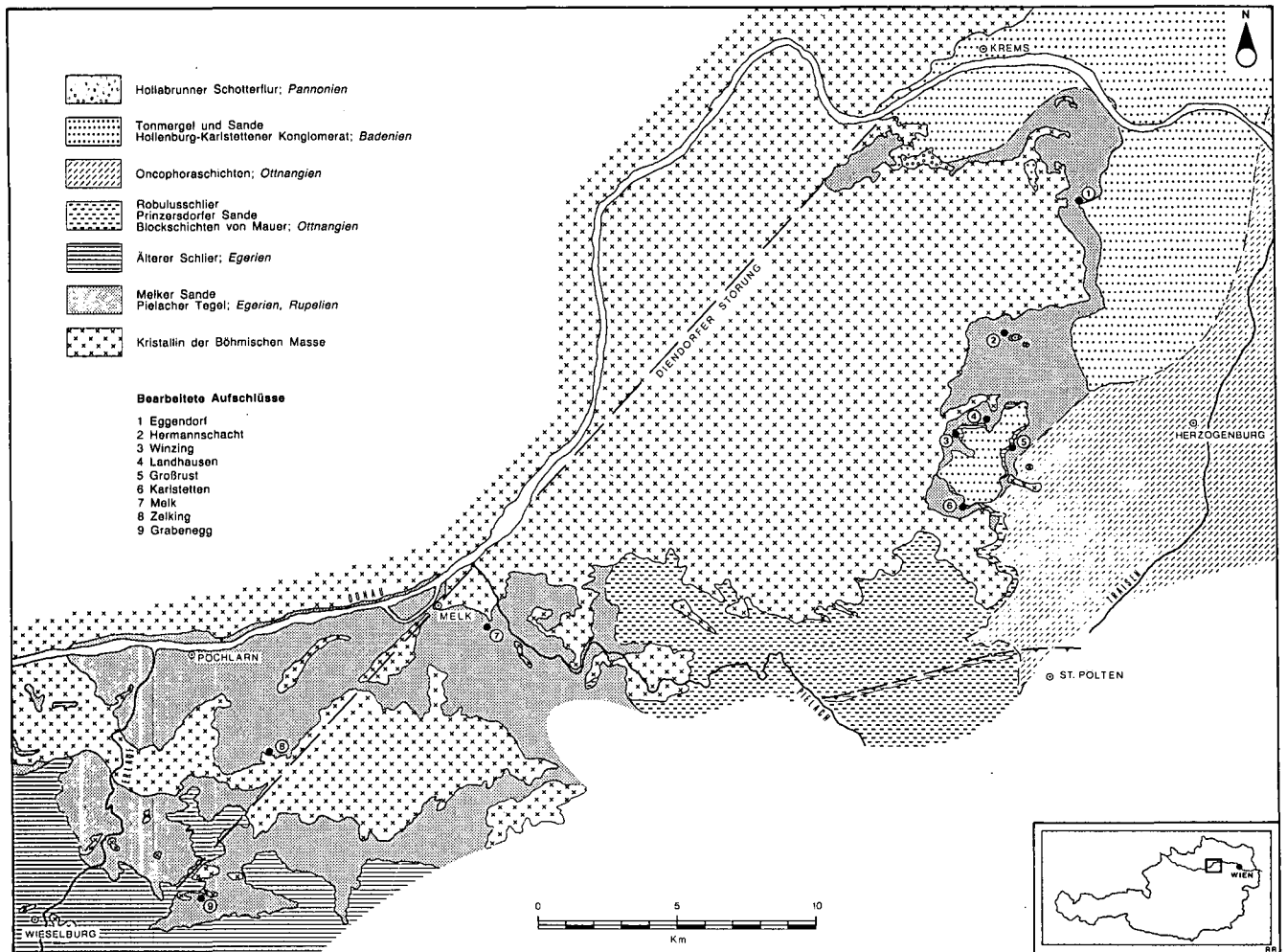


Abb. 1: Geologische Karte des Bereiches Krems–Wieselburg (Holozän und Pleistozän abgedeckt). Zusammengestellt von R. ROETZEL (1982) unter Verwendung der geologischen Karten von W. FUCHS (1964, 1972, 1980), R. GRILL (1958), O. SCHERMANN (1966) und unveröffentlichten Manuskriptkarten.

Durch die Neugliederung des Oberoligozäns und Miozäns des österreichischen Anteils der zentralen Paratethys durch A. PAPP & Mitarbeiter (1968) wird das Chatt und Aquitan im Egerien zusammengefaßt, das demnach die Grenze Oligozän–Miozän bzw. Paläogen–Neogen enthält. Damit werden seither die Pielacher Tegel, Melker Sande und der Ältere Schlier ins Egerien gestellt. Durch verfeinerte mikropaläontologische Untersuchungsmethoden können P. HOCHULI (1978) und F. RÖGL, P. HOCHULI & C. MÜLLER (1979) den Sedimentationsbeginn der Pielacher Tegel bereits ins Rupelien stellen.

Eine auch für die vorliegende Arbeit wichtige Grundlage sind die Kartierungsarbeiten von W. FUCHS (1962–1964, 1967–1972, 1976) auf den Blättern Spitz, Krems, Melk, Obergrafendorf und St. Pölten und die daraus resultierenden geologischen Karten (W. FUCHS, 1964; 1972).

Die basalen, limnisch bis brackischen Pielacher Tegel kamen auf einer reich gegliederten und tiefgründig verwitterten Kristallinoberfläche zur Ablagerung. Hauptverbreitungsgebiete dieser Feinkornsedimente sind die Wöblinger Bucht W Statzendorf und das Gebiet um Melk und Loosdorf.

Über den pelitischen Sedimenten folgen die in den tieferen Partien mit den hangenden Schichten des Pielacher Tegels in Wechsellagerung stehenden Melker Sande, die aber auch direkt dem Kristallin transgressiv

auflagern können. Die Sande wurden in mariner Küstenfazies abgelagert. Die gelbgrauen bis braungelben, sehr groben Jüngeren Melker Sande werden hauptsächlich von der Wöblinger Bucht und dem Wachtberg im Bereich von Statzendorf beschrieben. Als Liegendes der jüngeren Grobsande im oben angeführten Bereich und im Gebiet von Melk treten die weißen, sehr feinkörnigen Älteren Melker Sande auf.

W. FUCHS (1972) vermutet eine kurzfristige Erosionsperiode nach Ablagerung der Älteren und vor Sedimentation der Jüngeren Melker Sande. G. WOLETZ (1956) kann in den beiden Stockwerken des Melker Sandes auch Unterschiede in der Schwermineralführung, besonders im Granatgehalt finden.

Faziell und stratigraphisch werden die Melker Sande dem Kristallsandstein von Wallsee und den Linzer Sanden der Puchkirchener Formation gleichgesetzt. Im Becken kommt es zur gleichen Zeit zur Ablagerung von Tonmergel mit zwischengeschalteten groben Einschüttungen von submarinen Schuttfächern [z. B. Sand-Schotter-Subformation der Puchkirchener Formation in Oberösterreich (O. MALZER, 1981)]. Mit zunehmender Transgression beginnt auch an der Nordküste die Sedimentation von pelitischen Sedimenten in Form von Älterem Schlier bzw. Schiefer-ton.

Die Vorkommen dieser transgressiv den Melker Sand überlagernden bzw. manchmal den Melker Sand ersetzenden Tone und Tonschiefer finden sich im Bearbei-

tungsgebiet um den Wachtberg NNE Karlstetten und E Wieselburg zwischen den Flüssen Erlauf und Melk.

Hinweise auf ehemals vorhandene Ablagerungen der großen frühmiozänen Transgression im Eggenburgien fand man im Bearbeitungsgebiet bisher nur in fossilführenden Sandsteingeröllen der Blockschichten von Mauer bei Melk. Die in der Molassezone nördlich der Donau bei Eggenburg weit verbreiteten Sedimente der Eggenburger Gruppe wurden in diesem Gebiet wahrscheinlich durch die Transgression im Ottnangien erosiv entfernt.

Ablagerungen dieser neuerlichen Transgression findet man im Melker Raum in Form von Robulusschlier mit den zwischengeschalteten Prinzersdorfer Sanden und den oben erwähnten Blockschichten von Mauer. Das Ottnangien endet mit einer Regression, auf die die brackischen Oncophoraschichten, die im Tullner Becken und nördlich der Donau weit verbreitet sind, hinweisen.

Als jüngste marine Sedimente sind im Bearbeitungsgebiet Ablagerungen aus dem Badenien vertreten. Marine Tonmergel und Sande reichen aus dem Raum Krems bis in die Wachau hinein. Die Ablagerungen eines submarinen Schotterfächers eines Traisenvorläufers liegen in Form des Hollenburg-Karlstettener Konglomerats vor, das manchmal im Liegenden mit marinen Tonen und Sanden in Wechsellagerung steht.

Schließlich findet man als jüngste tertiäre Ablagerungen Anteile der Hollabrunner Schotterflur SW Krems.

Den kristallinen Rahmen der tertiären Ablagerungen bilden Plutonite und Metamorphite des Moldanubikums der Böhmisches Masse. Hauptsächlich handelt es sich um Granulit und Gföhler Gneis, die im unmittelbaren Hinterland anstehend sind. Daneben findet man aber auch Ortho- und Paragneise, Amphibolite, Quarzite, Kalksilikatgesteine, Marmore und graphitführende Gesteine. Sehr untergeordnet sind Plutonite, wie der Zelkinger Granit des Hiesberges in unmittelbarer Nachbarschaft des Tertiärs (G. FUCHS & A. MATURA, 1976).

Als ausgeprägtes, teilweise morphologieprägendes Lineament verläuft die Diendorfer Störung vom Raum Wieselburg über Melk bis Krems im untersuchten Gebiet und ist, wenn auch nur geringfügig, in den benachbarten Sedimenten wirksam.

Die stratigraphische Gliederung und die Benennungen in dieser Arbeit lehnen sich an die in Ausarbeitung begriffenen Empfehlungen der Arbeitsgruppe für Stratigraphie der Österreichischen Geologischen Gesellschaft.

Die Formation ist die Grundeinheit der lithostratigraphischen Gliederung wobei die Grenze einer solchen Einheit durch den Wechsel in der Lithologie gegeben ist. Es erscheint aber in diesem Fall sinnvoller, die in der Lithologie verschiedenen Pielacher Tegel und Melker Sande zu einer Formation zusammenzufassen.

Der Grund dafür liegt einerseits in der kleinräumigen Verbreitung der Pielacher Tegel; andererseits ist die Grenzziehung zwischen Pielacher Tegel und Melker Sanden im Gelände oft nicht eindeutig möglich.

Es wird daher vorgeschlagen die Bezeichnungen „Melker Schichten“ und „Melker Serie“ durch MELKER FORMATION zu ersetzen.

Die Anteile von Älterem Schlier können dagegen auf Grund ihrer weiträumigen Verbreitung zu einer eigenen Formation gezählt werden. Es wird hier vorgeschlagen diese Formation ÄLTERER SCHLIER FORMATION zu nennen.

### 3. Sedimentologische und paläontologische Bearbeitung

#### 3.1. Geländearbeit

Die Geländetätigkeit beschränkte sich im Rahmen dieser Arbeit auf die sedimentpetrologische und paläontologische Aufnahme von Profilen in den zahlreichen Gruben im Bearbeitungsgebiet. In diesen Gruben werden das kaolinitisierte Grundgebirge die Pielacher Tegel und die Melker Sande als hochwertige Rohstoffe für die Gießerei- und Glasindustrie abgebaut. Von ursprünglich 19 im Sommer 1979 im Gelände aufgenommenen Aufschlüssen wurden die Proben der folgenden 9 Gruben im Labor weiter detailliert bearbeitet und für die Faziesanalyse herangezogen (vgl. Abb. 1).

##### Sandgrube EGGENDORF (1)

Gießereisand KG Ing. FISCHER/L. u. L. PAMMER  
ÖK 50/Blatt 38 (Krems), Gemeinde Paudorf, Kat. Gem. Höbenbach, ENE Eggendorf, E Pammerhof,  
Koordinaten in Gauß-Krüger-Projektion (M 34):  
+x 5358050  
-y 51200

##### Ton- und Sandgruben HERMANNSSCHACHT (2)

Gießereisand KG Ing. FISCHER/FRINGS-Werke  
ÖK 50/Blatt 38 (Krems), Gemeinde Wöbling, Kat. Gem. Oberwöbling und Unterwöbling, ESE Oberwöbling, Bereich des Hermannsschachtes am Kirchbühel,  
Koordinaten in Gauß-Krüger-Projektion (M 34):  
+x 5353300  
-y 53775

##### Sandgrube WINZING (3)

Gießereisand KG Ing. FISCHER/J. u. A. LINAUER  
ÖK 50/Blatt 38 (Krems) und Blatt 37 (Mautern), Gemeinde Obritzberg, Kat. Gem. Winzing und Kleinrust, NE Winzing,  
Koordinaten in Gauß-Krüger-Projektion (M 34):  
+x 5349825  
-y 55625

##### Sandgrube LANDHAUSEN (4)

J. u. A. BACHNER  
ÖK 50/Blatt 38 (Krems), Gemeinde Obritzberg, Kat. Gem. Obritzberg, W Landhausen, E Obritzberg,  
Koordinaten in Gauß-Krüger-Projektion (M 34):  
+x 5350300  
-y 54475

##### Sandgrube GROSSRUST (5)

F. ROBINEAU  
ÖK 50/Blatt 38 (Krems), Gemeinde Obritzberg, Kat. Gem. Großrust und Kleinrust, NNW Großrust, E Wolfsbühel,  
Koordinaten in Gauß-Krüger-Projektion (M 34):  
+x 5349225  
-y 53650

##### Ton- und Sandgrube KARLSTETTEN (6)

FRINGS-Werke  
ÖK 50/Blatt 38 (Krems), Gemeinde Karlstetten, Kat. Gem. Karlstetten, E Karlstetten, N Kote 339,  
Koordinaten in Gauß-Krüger-Projektion (M 34):  
+x 5347050  
-y 55500

##### Sandgrube MELK (7)

Gießereisand KG Ing. FISCHER  
ÖK 50/Blatt 55 (Obergrafendorf), Gemeinde Melk,

Kat. Gem. Melk und Spielberg, E Melk, am Wachberg,

Koordinaten in Gauß-Krüger-Projektion (M 34):

+x 5343000

-y 72500

Sandgrube ZELKING (8)

QUARZWERKE Ges. m. b. H.

ÖK 50/Blatt 54 (Melk), Gemeinde Zelking-Matzleinsdorf,

Kat. Gem. Zelking, Ortsbereich Zelking,

Koordinaten in Gauß-Krüger-Projektion (M 34):

+x 5338600

-y 80500

Sandgrube GRABENEGG (9)

K. KRANABETTER

ÖK 50/Blatt 54 (Melk), Gemeinde Ruprechtshofen,

Kat. Gem. Grabenegg, NW Grabenegg, N Bahnlinie

Wieselburg-St. Leonhard/F.,

Koordinaten in Gauß-Krüger-Projektion (M 34):

+x 5333275

-y 83000

In jedem dieser Aufschlüsse wurde ein detailliertes Profil aufgenommen. Die Sedimentfarbe wurde in den Gruben an angefeuchteten Proben anhand der "Rock Colour Chart" (Geological Society of America, New York 1963) bestimmt.

Deutlich sichtbare Gefügemerkmale wie Schrägschichtung, Lamellierung oder Relief wurden festgehalten. Es muß jedoch gesagt werden, daß man mit geeigneten Präparationsmethoden (Radiographie, Lackabzug etc.) weit genauere Hinweise auf den internen Sedimentaufbau des sehr massig aussehenden Sediments bekommen könnte. Die detaillierte Bearbeitung der Sedimentgefüge bleibt aber einer späteren Arbeit vorbehalten. Weiters wurde der für die Faziesanalyse wichtige biogene Inhalt, der meist in Form von Wohn-, Grab- und Freßbauten, manchmal auch von Makrofossilien vorliegt, bei der Geländeaufnahme berücksichtigt. Neben den routinemäßigen Messungen des Schichteneinfaltes wurden zur Feststellung einer eventuellen tektonischen Sedimentationsbeeinflussung die zahlreichen kleinen Brüche in den Aufschlüssen eingemessen. Insgesamt wurden 201 Punktproben von den Haupthorizonten dieser 9 Gruben genommen.

### 3.2. Granulometrie

#### Korngrößenbestimmung

Die Bestimmung der Korngrößen erfolgte durch Siebung und Sedimentation nach DIN 51033. Die Trennung der Grobanteile bis zur Korngröße von 0,063 mm wurde durch Naßsiebung mit Prüfsieben nach DIN 4188 durchgeführt.

Als Kornklassengrenzen wurden 2 mm (-1 Phi), 1 mm (0 Phi), 0,5 mm (1 Phi), 0,25 mm (2 Phi), 0,125 mm (3 Phi) und 0,063 mm (4 Phi) gewählt.

War nach der Naßsiebung der Anteil kleiner 63 µm größer als 15 %, so wurden die Feinkornklassen mit Hilfe der Sedimentationsanalyse nach ANDREASEN ermittelt. Bei pelitischen Sedimenten mit einem Anteil von Silt und Ton kleiner 50 % wurden die Kornklassengrenzen 31 µm (5 Phi) und 16 µm (6 Phi) bestimmt. War der Anteil kleiner 63 µm größer als 50 %, so wurden zusätzlich die Kornklassengrenzen 8 µm (7 Phi), 4 µm (8 Phi) und 2 µm (9 Phi) festgestellt.

#### Sedimentbenennung

Die Benennung der Sedimente erfolgte mit Hilfe des Benennungsdreiecks nach H. FÜCHTBAUER (1959) und G. MÜLLER (1961).

Bei einem Anteil des Silt- und Tongehaltes von weniger als 50 % wurde das Benennungsdreieck Kies-Sand-Silt verwendet. War der pelitische Anteil größer als 50 %, wurde zur Benennung das Dreieck Sand-Silt-Ton benutzt. Die Korngrößenbenennung erfolgte dabei nach DIN 4022 (Kies: 63 mm-2 mm, Sand: 2 mm-0,063 mm, Silt: 0,063 mm-0,002 mm, Ton: kleiner 0,002 mm). Zur besseren Übersicht des Sandbereichs wurde dieser zusätzlich in Grobsand (2 mm-0,63 mm), Mittelsand (0,63 mm-0,2 mm) und Feinsand (0,2 mm-0,063 mm) unterteilt.

#### Bestimmung des Rundungsgrades

Die Bestimmung des Rundungsgrades der Sande erfolgte nach M. C. POWERS (1953). Es wurden die Rundungsklassen "very angular", "angular", "subangular", "subrounded", "rounded" und "well rounded" unterschieden. Die Einstufung in die Rundungsklassen wurde optisch an den fünf Siebfraktionen im Sandbereich durchgeführt.

#### Bestimmung der Parameter und deren Aussagen

Zur genauen Charakterisierung der Korngrößenverteilungen wurde die Bestimmung der „Momente“ gewählt. Diese „Momente“ entsprechen einer mathematisch einwandfreien Bearbeitung von Korngrößenanalysen. Sie basieren im Gegensatz zu den allgemein üblichen Parameterbestimmungen nach P. D. TRASK (1932) oder R. L. FOLK & W. WARD (1957) nicht nur auf einzelnen, willkürlich herausgegriffenen Punkten der Summenkurve, sondern verwenden alle Informationen, d. h. die Anteile aller Korngrößenfraktionen (vgl. D. MARSAL, 1967).

Die Berechnung der „Momente“ erfolgte nach folgenden Formeln in denen x der Kornklassenmittelpunkt in Phi-Einheiten und q die prozentuelle Häufigkeit in der Kornklasse sind.

Arithmetisches Mittel (mean):

$$\bar{x} = \frac{(q_1x_1 + q_2x_2 + \dots + q_nx_n)}{100}$$

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):

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

Die Sortierung der Sedimente wurde nach G. M. FRIEDMAN (1962) aus den Werten der Standardabweichung ermittelt, wobei folgende Klassen unterschieden werden:

[Phi-Einheiten]	Sortierung
<0,35	very well sorted (vws)
0,35-0,50	well sorted (ws)
0,50-0,80	moderately well sorted (mws)
0,80-1,40	moderately sorted (ms)
1,40-2,00	poorly sorted (ps)
2,00-2,60	very poorly sorted (vps)
>2,60	extremely poorly sorted (eps)

Mit Hilfe der statistischen Parameter wurde oft versucht Hinweise auf den Ablagerungsraum und die Ablagerungsverhältnisse zu erhalten. Diese, in rezenten Sedimenten erfolgreich angewendete Methode stößt bei fossilen Sedimenten jedoch auf Schwierigkeiten.

Am ehesten kann man die sehr empfindlich auf faziel-Veränderungen reagierende Schiefe für Faziesinterpretationen heranziehen.

Die Arbeit von G. M. FRIEDMAN (1979) beinhaltet zahlreiche Vergleichswerte aus dem Küsten- und Schelfbereich und zeigt die Änderung der Schiefe in den Profilen "Dune-Berm-Swash" und "Lagoon-Shelf-Slope". G. M. FRIEDMAN (1979) stellt in seinen Untersuchungen im Bereich "Swash" Schieferwerte  $< 1,00$  Phi, im Bereich "Berm" Werte um  $1,00$  Phi und im Bereich "Dune" Werte, die deutlich über  $1,00$  Phi liegen fest. Außerdem stehen die positiven Schiefewerte im Bereich "Swash" im Gegensatz zu den sonst allgemein beobachteten negativen Werten in diesem Bereich. G. M. FRIEDMAN (1961, 1962, 1967) erklärt die verschiedenen Vorzeichen der Schiefewerte durch unterschiedliche Energiebedingungen des Ablagerungsbereiches.

Untersuchungen im Lagunenbereich erbrachten bei G. M. FRIEDMAN (1979) positive Schiefewerte, im Schelfbereich negative Werte und im Bereich des Kontinentalabhangs wieder positive Werte der Schiefe.

#### **CM-Norm nach PASSEGA**

Eine sehr nützliche Methode zur Bestimmung der Transportart und des Ablagerungsbereiches einer Sedimentfolge ist die CM-Norm nach R. PASSEGA (1957, 1964).

Die durch die Gegenüberstellung des groben 1 %-Wertes (C) und des 50 %-Wertes (M) aus den Summenkurven einer Reihe von Proben ermittelten Bereiche, ursprünglich von rezenten Sedimenten von bekannten Ablagerungsräumen entwickelt, geben Auskunft über die Transportarten der Sedimente.

Ausgehend von vier Grundtypen der Ablagerungsbereiche (R. PASSEGA, 1957) erweitert R. PASSEGA (1964) die Unterteilung des CM-Diagramms auf die Bereiche N-O-P-Q-R-S-T, die jeweils einer bestimmten Transportart des Sediments entsprechen. Es wird unterschieden zwischen Transport durch "rolling", "rolling & suspension", "suspension & rolling", "graded suspension", "uniform suspension" und "pelagic suspension". In einer weiteren Arbeit unterscheiden R. PASSEGA & R. BYRAMJEE (1969) im CM-Diagramm neun Klassen. Sedimente der Klassen I, II, III und IX haben Anteile von  $C > 1$  mm und beinhalten hauptsächlich rollend transportierte Körner. Sie stammen entweder aus Bereichen mit wenig Suspensions sedimentation oder haben eine geringe Transportweite. In die Klassen IV, V, VI und VII fallen Ablagerungen mit hauptsächlich Suspensions transport, die rollend transportierte Körner  $< 1$  mm beinhalten können. Sedimente in den Klassen IV, V und VI sind in "graded suspension" transportiert, wobei die Klasse IV den hochenergetischen Bereich (high turbulence), die Klasse V den mittleren Energiebereich (moderate turbulence) und die Klasse VI den niederenergetischen Bereich (low turbulence) repräsentiert. Ablagerungen der Klasse VII sind in "uniform suspension" transportiert und das Ergebnis einer etwas komplexeren Sedimentation. Sedimente in der feinsten "uniform suspension" und "pelagic suspension" transportiert findet man schließlich in der Klasse VIII.

Nach C. F. ROYSE jr. (1968) ist jedoch beim direkten Vergleich mit den Bereichen der CM-Diagramme PASSEGAS Vorsicht geboten. Das Wichtigste bei der Interpretation der Ablagerungsprozesse und der Sedimentationsbereiche mit Hilfe der CM-Diagramme ist nach C. F. ROYSE, jr. (1968) die durch die Lage der Probepunk-

te gebildete Form der Felder, wie sie R. PASSEGA (1957) bereits darstellt und worauf auch R. PASSEGA & R. BYRAMJEE (1969) hinweisen.

#### **Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz**

Sehr brauchbar für die Faziesanalyse einzelner Proben von eng begrenzten Faziesräumen ist die Darstellung von Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz.

In diesem Netz, dessen Ordinate nach dem Gauß'schen Integral und dessen Abszisse in Phi-Grade geteilt ist, erscheint die Summenkurve einer logarithmischen Normalverteilung als gerade Linie.

Nach zahlreichen Autoren (ausführliche Literaturliste in G. S. VISHER, 1969) lassen sich Sande als Gemisch von meist drei lognormalen Verteilungen beschreiben, wobei jede lognormale Verteilung einer bestimmten Transport- und Sedimentationsart entspricht.

Schwabender Transport (suspension), springender Transport (saltation) und rollender Transport (surface creep, rolling) sind die drei Transportarten, die innerhalb einer Korngrößenverteilung eigene Populationen, d. h. lognormale Verteilungen bilden. Die Anzahl, die Prozentwerte, das Verhältnis, der Mischbereich und die Sortierung (Anstieg) dieser Populationen ändern sich gesetzmäßig mit den Bildungsbedingungen des Sediments. Die bei der Summenkurvendarstellung vernachlässigten Enden der Kurve erscheinen im Wahrscheinlichkeitsnetz als deutliche Geraden und die vereinfachte Darstellung einer Kurve durch einige Geraden ermöglicht einen besseren Vergleich der Korngrößenverteilungen verschiedener Sedimente. Derartige Vergleiche von rezenten Sedimenten von bekannten Ablagerungsbereichen mit fossilen Sedimenten können relativ genaue Hinweise auf die Ablagerungsbereiche dieser fossilen Sedimente geben (K. H. SINDOWSKI, 1957; G. S. VISHER, 1969; G. S. VISHER & J. D. HOWARD, 1974; W. E. FREEMAN & G. S. VISHER, 1975).

Die meisten in dieser Arbeit untersuchten Sande sind marine Ablagerungen aus dem Küstenbereich.

Die Küstenzone wird allgemein in einen trockenen Strand (backshore – bis zur mittleren Hochwasserlinie), einen nassen Strand (foreshore – bis zur mittleren Niedrigwasserlinie) und einen Vorstrand (shore face – bis zur mittleren Basis stärkeren Wellengangs, ca. 7 m Tiefe) gegliedert (K. O. EMERY, 1960).

Innerhalb des nassen Strandes (foreshore) und des Vorstrandes (shore face) unterscheidet man drei Bereiche mit unterschiedlicher Wasserbewegung, Sortierung und Korngröße und verschiedenem Energieverhältnis, und zwar die Spritzwasserzone (swash zone), die Brandungszone (surf zone) und die Brecherzone (breaker zone) (J. C. INGLE, jr., 1966; F. P. SHEPARD & D. L. INMAN, 1950).

Untersuchungen an rezenten Sedimenten im Küstenbereich ergaben deutliche Unterschiede der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz in den Bereichen der Spritzwasserzone, Brandungszone und Brecherzone (G. S. VISHER, 1969).

Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz von Sedimenten aus der Spritzwasserzone (swash zone) zeigen immer drei bis vier Populationen mit zwei springenden Populationen. Der Grund für diese zwei charakteristischen Subpopulationen liegt wahrscheinlich im "swash and backwash", dem Auslaufen und wieder Zurücklaufen der gebrochenen Wellen in diesem Bereich.

Sedimente der Brandungszone (surf zone) zeigen Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz mit sehr hohen Anteilen der rollenden Population und relativ wenig Material der schwebenden Population. Die Erklärung dafür liegt wahrscheinlich in der starken Wellentätigkeit und starken Strömung in diesem Bereich.

Charakteristische Merkmale der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz von Sedimenten der Brecherzone (breaker zone) sind eine schlecht sortierte rollende Population, eine sehr gut sortierte springende Population meist im Bereich zwischen 2,0 Phi und 3,5 Phi und eine relativ variable schwebende Population. Für die sehr gute Sortierung der springenden Population scheint die dauernde Wellenbewegung verantwortlich zu sein; die geringen Strömungen in diesem Bereich können dagegen die grobe Bodenfracht nicht transportieren.

Neben diesen drei Typen aus dem marinen Küstenbereich gibt es in den Melker Sanden Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz die auf eine Ablagerung in der Übergangszone (transition zone) und im Schelfbereich hinweisen. Die Sedimente sind einerseits noch unter dem Einfluß starker Strömungen, wie z. B. auf submarinen Sandbänken, andererseits bereits in ruhigerem Wasser abgelagert worden. Die dadurch oft sehr unterschiedlich ausgebildeten Kurven haben als gemeinsames Merkmal neben den zwei Wendepunkten, die die rollende und die schwebende Population von der springenden Population trennen, zusätzliche Wendepunkte innerhalb dieser Populationen. Meist ist der springend transportierte Teil in solche Subpopulationen geteilt. Diese Subpopulationen sind jedoch im Gegensatz zu den Subpopulationen von Kurven aus der Spritzwasserzone weit schlechter sortiert (K. H. SINDOWSKI, 1957).

W. E. FREEMAN & G. S. VISHER (1975) vermuten, daß ein derartiger Sedimentaufbau durch selektives Wegschaffen oder Mischen von Sedimenten durch periodische Energieschwankungen innerhalb einer speziellen hydrodynamischen Transportart, Änderung der hydrodynamischen Transportart oder Ungleichgewicht durch Einschleppung von Reliktsanden in das Ablagerungssystem entstehen kann.

Bei den Schelfsedimenten kann es sich einerseits um Reliktsande (K. O. EMERY, 1968) oder wie die Untersuchungen rezenter Schelfablagerungen von D. J. P. SWIFT, D. J. STANLEY & J. R. CURRAY (1971) zeigen um aufgearbeitete Sande handeln. Viele Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz von Sanden der Melker Formation aus dem offshore-Bereich stimmen daher mit dem Typ der "reworked sands" von G. S. VISHER (1969) überein.

Da man manche, im offshore-Bereich vorkommende Kurventypen auch in Lagunensedimenten (H. S. VALIA & B. CAMERON, 1977), Ästuarablagerungen (W. E. FREEMAN & G. S. VISHER, 1975) und in Sedimenten des marinen Küstenbereichs (K. H. SINDOWSKI, 1957) finden kann, muß man auf jeden Fall immer weitere Kriterien heranziehen, um das Sediment einem Ablagerungsraum zuzuordnen. Dies gilt auch für die vereinzelt in den Melker Sanden auftretenden Seichtwasserablagerungen und Rinnensedimente.

Abschließend muß noch gesagt werden, daß nicht jede Kurve eindeutig interpretiert werden kann. Neben der nachträglichen Veränderung des Sedimentaufbaues durch Aufarbeitungsprozesse und Einwirkung grabender Organismen kann auch die Probennahme ein Ver-

fälschungsfaktor sein, wenn z. B. mehrere, im Kleinbereich unterschiedliche Lagen zu einer Probe zusammengefaßt werden.

### 3.3. Leicht- und Schwermineralanalyse

Der Leichtmineralanteil der sandigen Sedimente besteht neben dem Hauptmineral Quarz aus Kalifeldspat, Plagioklas und untergeordnet Muskovit.

An 95 Proben aus den Gruben Eggendorf, Hermannschacht, Winzing, Melk, Zelking und Grabenegg wurde die Analyse des Quarz- und Feldspatanteils röntgenographisch durchgeführt. Dabei wurde mit Hilfe der Röntgendiffraktometrie neben der qualitativen Bestimmung des Leichtmineralanteils auch die Änderung des Feldspatgehalts der Sande innerhalb der Profile festgestellt, und zwar durch Vergleiche der Intensitäten (peak-Höhen) der Feldspate innerhalb eines Profils. Auf Grund der in jedem Profil ähnlichen Unterschiede in der Feldspatführung der Sande konnte auf die Feldspatverwitterung und damit auf einen Zusammenhang mit der Klimaänderung während der Sedimentablagerung geschlossen werden.

Schwermineralanalysen wurden an 55 Proben aus den Gruben Eggendorf, Hermannschacht, Winzing, Melk, Zelking und Grabenegg durchgeführt. Die Untersuchungen wurden an Streupräparaten der Fraktion 0,25 mm–0,125 mm gemacht.

Von den durchsichtigen Schwermineralien konnten Apatit, Hornblende, Granat, Epidot/Zoisit, Chloritoid, Sillimanit, Staurolith, Disthen, Andalusit, Titanit, Turmalin, Zirkon und Rutil unterschieden werden. Weiters wurde der Schwermineralanteil am Gesamtsediment und der Anteil opaker Gemengteile an den Schwermineralien ermittelt.

Die hauptsächlich zur Bestimmung des Liefergebietes und der Schüttungsrichtung dienenden Schwermineralanalysen konnten auch Hinweise auf das Ablagerungsmilieu und den Grad der präsedimentären Verwitterung geben.

### 3.4. Biogener Inhalt der Sedimente

Die fazielle und stratigraphische Aussage des biogenen Inhalts der Sedimente ist für eine derartige Arbeit eine zusätzliche Hilfe für die Environmentanalyse. Die Sedimente der Melker Formation sind jedoch durchwegs durch sekundäre Lösung der Karbonate sehr fossilarm.

Von wesentlicher Bedeutung war daher die Entdeckung neuer Fossilfundstellen im Pielacher Tegel, Melker Sand und Älteren Schlier während dieser Arbeit. Die in den Pielacher Tegeln in der Sandgrube Zelking, in den Melker Sanden im Bereich des Donaukraftwerks Melk und der Sandgrube Melk und im Älteren Schlier im Graben NW Krustetten aufgesammelten Molluskengemeinschaften sagen sehr viel über den ursprünglichen Lebensraum aus. Sie können direkt mit den von T. BALDI (1973) im Egerien von Ungarn beobachteten Lebensgemeinschaften verglichen werden, die wiederum durch Vergleiche mit rezenten Lebensgemeinschaften über zahlreiche Faziesmerkmale Auskunft geben.

Ähnliche Aussagen über den Ablagerungsraum des Sediments können mit Hilfe der hauptsächlich in den Sanden feststellbaren Wohn- und Freißbauten von im Sediment lebenden Organismen gemacht werden. Durch die Aktuopaläontologie ist es möglich, von der

Art und Größe der Grabbauten auf deren Bewohner und damit wieder auf den Lebensraum zu schließen (W. SCHÄFER, 1962; R. J. WEIMER & J. H. HOYT, 1964). Dies kann aber nur in Verbindung mit weiteren, z. B. sedimentologischen Untersuchungen gemacht werden, da verschiedene Lebewesen in unterschiedlichen Faziesräumen sehr ähnliche Grabbauten erzeugen können (R. W. FREY et al., 1978).

Die in den Melker Sanden am häufigsten auftretenden Lebensspuren sind Wohn- und Freßbauten vom Typ *Ophiomorpha*. Es sind dies meist senkrecht oder auch regellos angelegte Gänge, deren Wände mit siltigen Noppen verstärkt sind. Der Durchmesser der Gänge kann bis 1,5 cm betragen. Rezent kennt man derartige Grabbauten hauptsächlich von decapoden Krebsen (*Callinassa*, *Upogebia* etc.), die im Auftauchbereich zwischen Hoch- und Niedrigwasserlinie leben (R. W. FREY, 1978). Grabspuren von Würmern (*Polychaeta*) findet man in Form von meist gelborange gefärbten Punkten, wolkenartigen Anhäufungen solcher Punkte oder senkrecht zur Oberfläche stehenden Röhren mit einem Durchmesser bis zu 1 mm. Die rezent als *Heteromastus* oder *Nerenides* bekannten Organismen bevorzugen den Auftauchbereich im unteren Eulitoral bis seichten Sublitoral in geschützter Lage (W. SCHÄFER, 1962). Die dritte Form von Grabgängen in den Melker Sanden sind wandlose, hauptsächlich horizontal angelegte Bauten vom Typ *Thalassinoides*, die sowohl in tonigen als auch in sandigen Sedimenten vorkommen können. Die Verursacher dieser Grabgänge sind wahrscheinlich ebenfalls decapode Krebse, die die Seichtwasserfazies bevorzugen, aber auch aus tieferen Bereichen bekannt sind (W. HÄNTZSCHEL, 1975). Daneben können auch Holothurien derartige Spuren erzeugen (A. RADWAŃSKI, 1977).

Vereinzelt auftretende Pflanzenfossilien, wie z. B. in der Sandgrube Zelking, können als Hinweis für terrestrische Beeinflussung der Sedimente aber auch zur Bestimmung des Klimas und der Vegetation zur Zeit der Ablagerung verwendet werden.

Auch durch die palynologischen Untersuchungen in den oligozänen Sedimenten kann man neben dem Sedimentalter auch auf das Klima und die Klimaentwicklung im Oligozän schließen. Zusätzlich können mit Hilfe der Dinoflagellaten und Hystrichosphaeren Aussagen über die Ablagerungsbereiche der Sedimente gemacht werden.

Der Versuch, mit Hilfe des kalkigen Nannoplanktons Alterseinstufungen durchzuführen mißlang, da in keiner der untersuchten Proben der Melker Formation Nannoplankton enthalten war.

Geringere fazielle Aussagekraft haben schließlich die in den Melker Sanden oft vorkommenden Hölzer mit Bohrspuren von *Teredo*.

Mit Hilfe aller hier angeführten sedimentologischen und paläontologischen Kriterien wurde eine detaillierte Environmentalanalyse der oligozänen Sedimente durchgeführt. Nicht immer aber waren alle Daten aussagekräftig. Die Zuordnung zu einem Faziesraum erfolgte, wenn mehrere übereinstimmende Hinweise auf die Ablagerung in einem bestimmten Bereich vorhanden waren.

In der anschließenden Beschreibung der Untersuchungsergebnisse werden die folgenden Symbole und Abkürzungen verwendet:



– 1		AP	Apatit
– 2	Probennummern	HB	Hornblende
– 3		GR	Granat
		EP	Epidot
Ki	Kies	CD	Chloritoid
GS	Grobsand	SI	Sillimanit
MS	Mittelsand	ST	Staurolith
FS	Feinsand	DI	Disthen
Si	Silt	AD	Andalusit
T	Ton	TI	Titanit
ki	kiesig	TU	Turmalin
s	sandig	ZI	Zirkon
si	siltig	RU	Rutil
t	tonig		
$\bar{x}$	Arithmetisches Mittel		
$\sigma$	Standardabweichung (Sortierung)		
vws	very well sorted		
ws	well sorted		
mws	moderately well sorted		
ms	moderately sorted		
ps	poorly sorted		
vps	very poorly sorted		
eps	extremely poorly sorted		
$\alpha_3$	Schiefe		

## 4. Untersuchungsergebnisse

### 4.1. Sandgrube Eggendorf

#### Profilbeschreibung

In der, in unmittelbarer Nähe der nordöstlichen Ausläufer des Dunkelsteiner Waldes liegenden Sandgrube ragt mit einem ausgeprägten Relief tiefgründig verwittertes Kristallin im Westteil der Grube auf.

Auf dem Kristallin auflagernd findet man teilweise schrägschichtete Mittel- und Feinsande, unterbrochen von Grobsedimenten (1–5). Darüber liegt eine nach oben hin immer feiner werdende siltig-feinsandige Folge (6–8), die durch einen dünnen, auffallend dunkelrot gefärbten, verhärteten Sandhorizont (9) abgeschlossen wird. In den gleichen Bereich gehört die durch Brüche versetzte tonig-sandig-kiesige Schichtfolge bei der Grubeneinfahrt beim Pammerhof (20–24). Hier liegt über einem Mittelsandhorizont (20) ein sehr



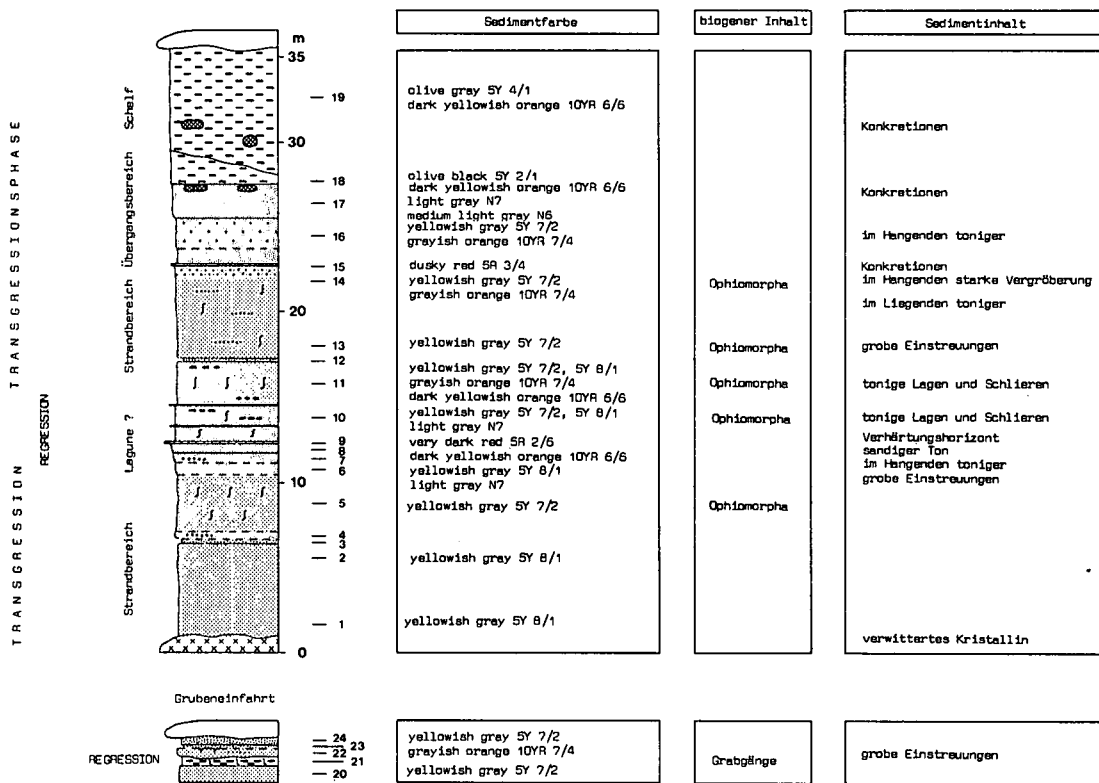


Abb. 2: Lithologie und biogener Inhalt der Sandgrube Eggendorf.

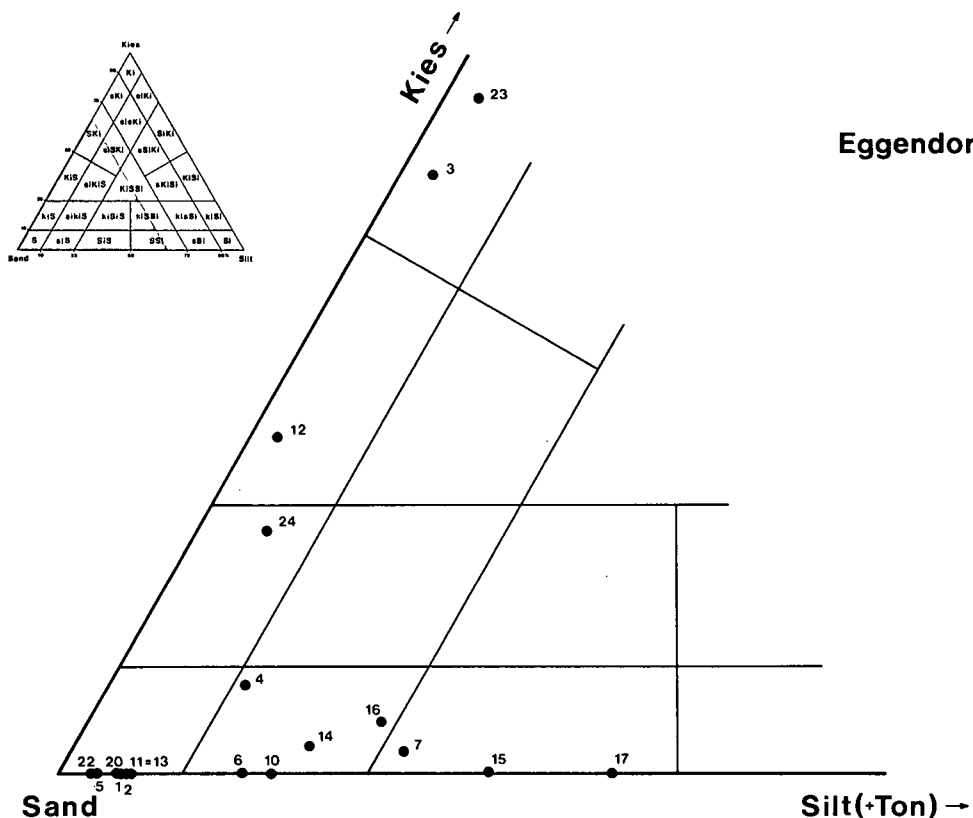


Abb. 3: Die Proben der Sandgrube Eggendorf im Benennungs-dreieck Kies-Sand-Silt.

auffälliger und bemerkenswerter, stark verwühlter, ca. 50 cm mächtiger, grau und rot (light gray, dusky red) gefärbter Tonhorizont (21) (Laterit?). Die mit Ausnahme kurzer Verbindungsgänge nach oben ausschließlich horizontal geführten Grabgänge mit glatter Wand und einem Durchmesser bis 3 cm sind nachträglich mit Fein-

sand des hangenden Horizonts verfüllt. In dem über einem ausgeprägten Relief folgenden Feinsand (22) sind vor allem *Ophiomorpha* mit Nachfalltrichter bemerkenswert.

In Fortsetzung des Profils folgen über dem vorher beschriebenen roten Verhärtungshorizont (9) nach einer

Eggendorf

Eggendorf

siltig-tonigen Wechsellagerung (10) wiederum Feinsande mit groben Zwischenlagen (11–14). Darüber nehmen in den überwiegend siltigen Feinsanden (15–17) durchschnittliche Korngröße und Sortierung nach oben hin sehr stark ab. Abgeschlossen wird das Profil in dieser Grube von pelitischen Sedimenten vom Typ „Älterer Schlier“ (18–19), in denen ein deutlich ausgebildetes, zwischengeschaltetes Relief zu finden ist.

Die gesamte Schichtfolge in der Grube Eggendorf fällt flach (10°–15°) gegen ESE (100–125) ein.

Die alle mittelsteil (45°–75°) gegen E bis SE (080–138) und NW (292–312) einfallenden Brüche in der Grube können wahrscheinlich mit der SW-NE verlaufenden Diendorfer Störungsschar in Verbindung gebracht werden.

### Parameterverteilung

Die Sedimente der Grube Eggendorf sind allgemein sehr feinkörnig. Die Werte für  $\bar{x}$  (mean) der sandigen Ablagerungen liegen fast ausnahmslos zwischen 2,0 Phi und 3,0 Phi. Die mittlere Korngröße nimmt von der Basis bis zum roten Verhärtungshorizont 9 zuerst generell ab, wird danach wieder etwas größer und bleibt über eine längere Strecke ungefähr gleich. Der hangende Bereich ist gekennzeichnet durch eine sehr rasche, deutliche Abnahme der mittleren Korngröße.

Eine ähnliche Entwicklung wie bei der mittleren Korngröße findet man bei der Sortierung der Sedimente. Zuerst stellt man eine allgemeine Abnahme des Sortierungsgrades von "moderately sorted" bis "moderately well sorted" Sanden im Liegenden zu "very poorly sorted" Sedimenten im Bereich des roten Verhärtungshorizontes 9 fest. Darüber folgen wieder "moderately sorted" bis "moderately well sorted" Ablagerungen, die im Hangenden in "poorly sorted" bis "very poorly sorted" siltige Sedimente übergehen.

Tabelle 1: Granulometrische Parameter von Proben der Sandgrube Eggendorf (in Phi-Werten gerechnet;  $\bar{x}$  = mean;  $\sigma$  = Standardabweichung;  $\alpha_3$  = Momentkoeffizient der Schiefe).

Probe	$\bar{x}$	$\sigma$	$\alpha_3$
01	2,205	1,040	1,234
02	1,997	1,117	1,313
03	-0,804	2,616	0,512
04	2,150	1,856	-0,506
05	2,615	0,680	2,009
06	2,965	1,337	1,106
07	3,189	2,047	-0,141
10	3,174	1,221	1,654
11	2,777	0,792	2,177
12	0,455	1,994	0,365
13	2,708	0,747	2,524
14	2,694	1,919	0,063
15	3,612	1,675	0,166
16	2,822	2,102	-0,162
17	4,170	1,582	0,093
18	6,589	2,255	-0,030
19	6,591	2,409	0,073
20	2,298	0,944	1,780
22	2,425	0,719	0,505
23	-1,143	2,720	0,721
24	0,727	2,070	0,396

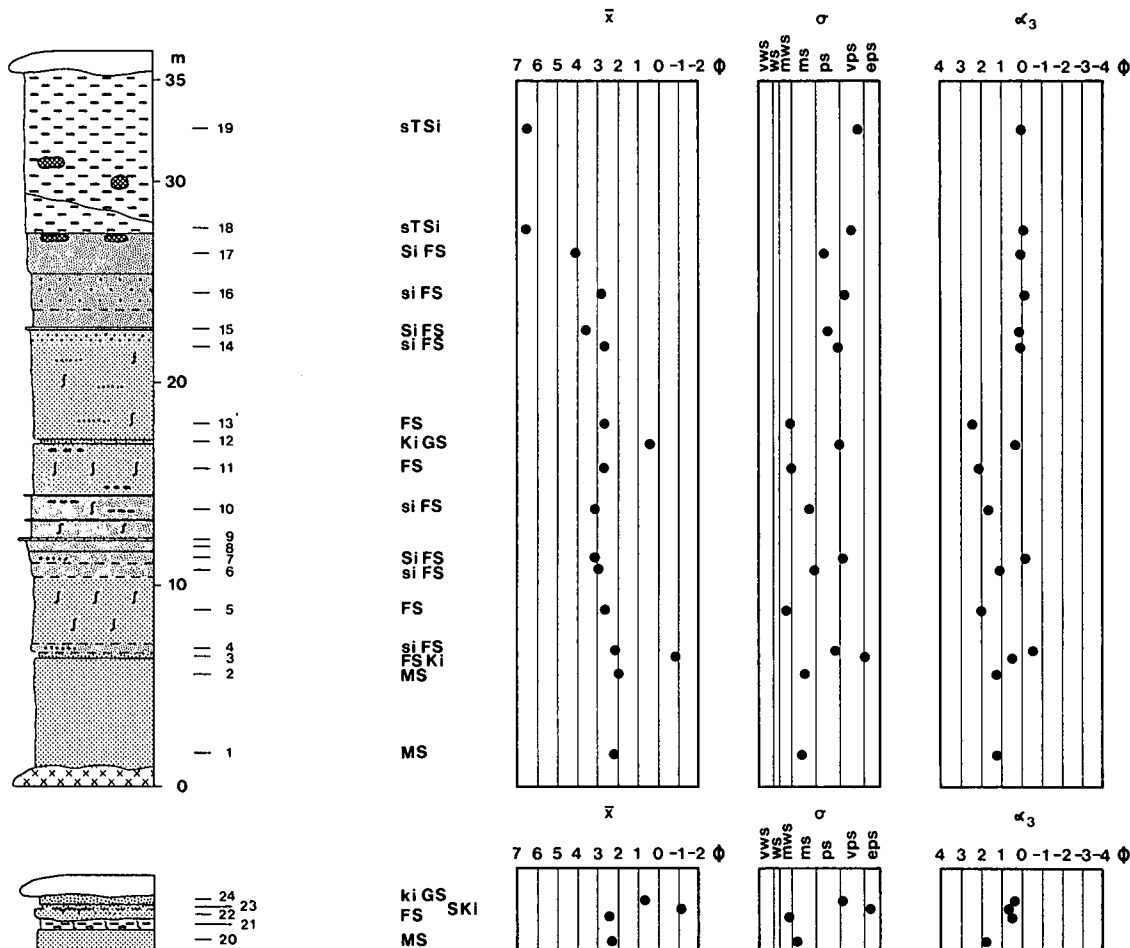


Abb. 4: Sedimentbenennung und Parameterverteilung im Profil Eggendorf.

Eggendorf

Parallel zur mittleren Korngröße und Sortierung verlaufen die Werte der Schiefe im Profil Eggendorf. Im Liegendbereich überwiegen Werte zwischen 1 Phi und 2 Phi, im mittleren, siltig-sandigen Teil dagegen Schiefewerte um 0 Phi. Darüber werden wieder Werte zwischen 1 Phi und 2,5 Phi erreicht, die schließlich im Hangenden wiederum um 0 Phi liegen.

### CM-Norm

Einen ersten Hinweis auf den Ablagerungsraum erhält man durch das CM-Diagramm. Die Probenpunkte der Sande und Kiese liegen in einem Feld, das dem Küstenbereich entspricht (vgl. Abb. 5). Überwiegend rollend transportiert wurden die kiesigen Ablagerungen

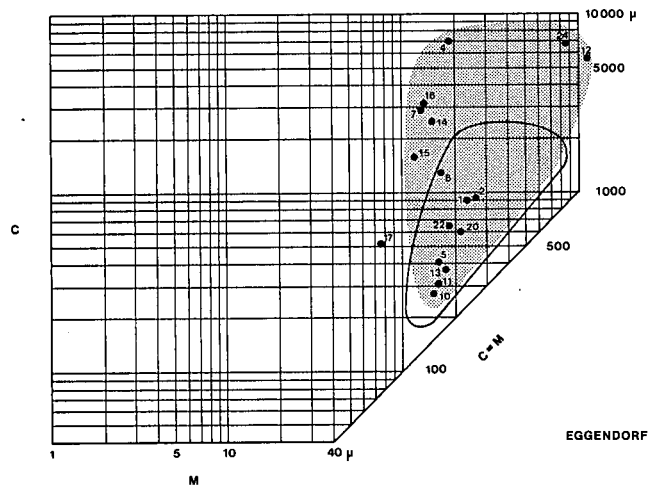


Abb. 5: Die Proben der Sandgrube Eggendorf im CM-Diagramm [umrandetes Feld: Bereich der Küstensedimente von Ostflorida (nach R. PASSEGA, 1957)].

12 und 24 und die schlecht sortierten Sedimente 4, 6, 7, 14, 15 und 16, die alle in den Klassen I und II liegen. Dagegen findet man die gut sortierten Mittel- und Feinsande (1, 2, 5, 10, 11, 13, 20, 22) in den Klassen IV und V, was auf einen überwiegenden Transport in Suspension, wahrscheinlich in einem hoch- bis mittlere-energetischen Bereich hinweist. Die siltigen Sedimente vom Typ „Älterer Schlier“ im Hangenden der Grube (17, 18, 19) fallen in die Klassen VII und VIII oder zumindest in den unmittelbaren Nahbereich (EG 18, EG 19; vgl. Abb. 56), was mit den Transportarten "uniform suspension" oder "pelagic suspension" gleichzusetzen ist.

### Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz

Die Aussagen des CM-Diagramms werden durch die Zuordnung der Proben zu einem bestimmten Ablagerungsbereich und damit auch Energiebereich mit Hilfe der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz weitgehend bestätigt.

Die meisten Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz weisen auf eine Sedimentation im Küstenbereich hin (G. S. VISHNER, 1969). Aus diesem Bereich kann man Sedimente der Brecherzone (5, 6, 7, 11, 13, 20, 22) und Brandungszone bis Spritzwasserzone (1, 2, 10) unterscheiden. Geringmächtige Einschaltungen von schlecht sortierten Sedimenten mit einem relativ hohen Anteil der rollenden Fraktion (4, 7) können mit der Brandungszone in Verbindung gebracht werden, obwohl die Kurven nicht eindeutig interpretierbar sind. Weiters sind die immer wieder auftretenden kiesigen Einschaltungen (3, 12, 23, 24) für diesen Ablagerungsbereich typisch.

Das Hangende der Grube Eggendorf ist gekennzeichnet durch sehr schlecht sortierte Sedimente mit hohen Anteilen der rollenden und der schwebenden Popula-

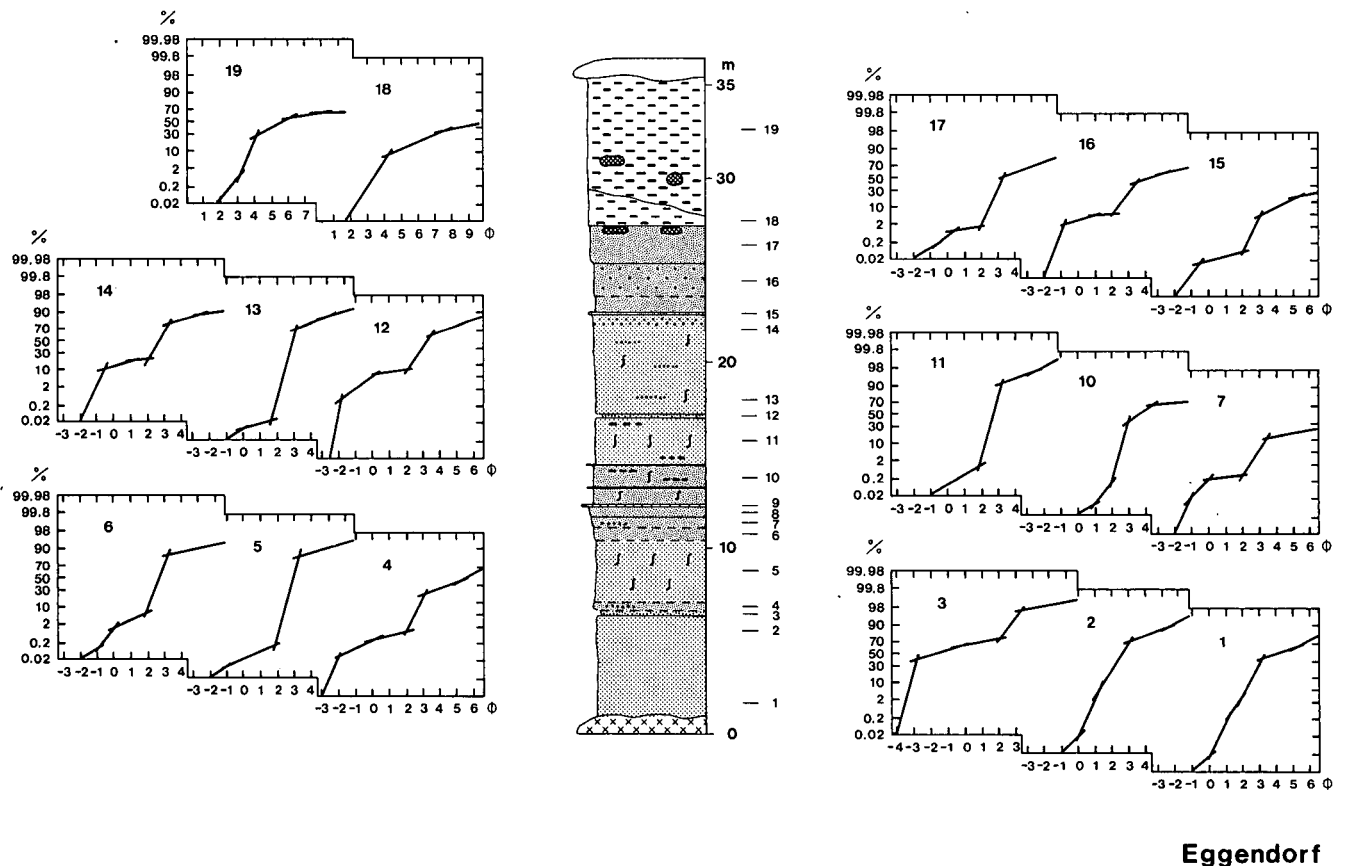


Abb. 6: Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz von Proben der Sandgrube Eggendorf.

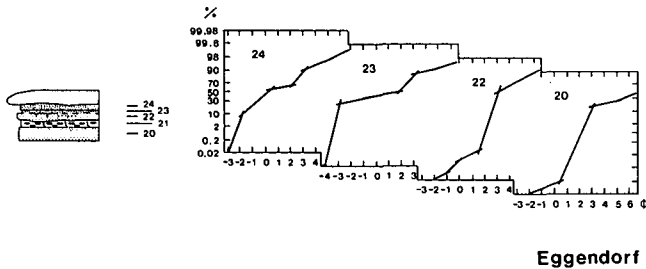


Abb. 7: Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz von Proben der Sandgrube Eggendorf-Grubeneinfahrt.

tion und einer ständigen Zunahme des Feinanteiles nach oben hin. Die Kurven 14 bis 17 sind ähnlich den Kurven 4 und 7, haben jedoch einen weit größeren Feinanteil. Man muß für diese Sedimente eine größere Ablagerungstiefe annehmen, da die im Hangenden folgenden pelitischen Sedimente (Älterer Schlier) auf Grund der faziellen Aussage des Fossilinhalts (Graben NW Krustetten) in den Schelfbereich gestellt werden müssen. Wahrscheinlich sind die Sedimente 14 bis 17 aufgearbeitete Sande von submarinen Sandbänken aus der Übergangzone. Die Kurven aus dem Älteren Schlier (18, 19) sind typisch für marine Schelfablagerungen (K. H. SINDOWSKI, 1957).

#### Aussagen der Schiefe

Vergleicht man die Werte der Schiefe mit den Interpretationen der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz, so kann man feststellen, daß die Proben, deren Kurven auf eine Ablagerung in der Brandungs-, Brecher- oder Spritzwasserzone hinweisen, meist eine Schiefe zwischen 1,0 Phi und 2,5 Phi haben (1, 2, 5, 6, 10, 11, 13, 20). Dabei besitzen die Sedimente der Brandungs- bis Spritzwasserzone meist niedrigere Werte als die der Brecherzone. Die Werte der Spritzwasserzone stimmen jedoch mit keinen Daten der Rezentuntersuchungen aus diesem Bereich (G. M. FRIEDMAN, 1979) überein. Schiefewerte <1 Phi haben vor allem die geringmächtigen, schlecht sortierten Lagen (3, 12, 15, 23, 24).

Die vermutlich im Schelfbereich abgelagerten siltigen Sande und Tonsilte des Hangendbereiches (14, 16, 17, 18, 19) haben Werte um 0 Phi, was mit den Untersuchungsergebnissen von G. M. FRIEDMAN (1979) übereinstimmt.

#### Rundungsgrad

Der Rundungsgrad der Sande von Eggendorf ist allgemein schlecht. Die Körner sind meist "subangular" bis "angular". Vereinzelt kann man eine etwas bessere Rundung (bis "subrounded"), aber auch Schichten mit schlechter gerundeten Komponenten (bis "very angular") beobachten. Vor allem in den schlecht sortierten Schichten 4, 7, 14, 15, 16, 17 ist der Rundungsgrad allgemein etwas schlechter als in den gut sortierten Mittel- und Feinsanden 1, 2, 5, 6, 10, 11, 13. In den Schichten 14 und 15 sind in den feinen Fraktionen neben "subangular" und "angular" Körnern auch Bruchstücke von "rounded" bis "subrounded" Komponenten enthalten. Auch in den Proben 16 und 17 kann man in der Fraktion 0,25 mm–0,125 mm neben grauweißen, schlecht gerundeten (angular–very angular) Quarzen auch gelbe, etwas besser gerundete (subangular–angular) Quarze feststellen. Dies vermittelt den Eindruck von aufgearbeiteten Sedimenten im Hangenden der Grube. Der allgemein schlechte Rundungsgrad der Sande läßt einen kurzen Transportweg und eine rasche Ablagerung vermuten.

#### Feldspatverteilung

Die röntgenographische Untersuchung des Feldspatanteils ergab, daß immer zwei Feldspate (Kalifeldspat, Plagioklas) in den Sedimenten der Grube Eggendorf vorhanden sind. In den Proben 2, 5, 6, 7, 10 ist der Kalifeldspatgehalt meist größer als der Plagioklasgehalt, die Proben 11, 13, 14 haben einen höheren Plagioklasanteil und in den Proben 16, 17 überwiegt wieder der Kalifeldspat.

Der Feldspatgehalt nimmt im Liegenden von der Probe 2 zur Probe 7 zu, sinkt im lateritischen Bereich der Probe 9 sehr stark und steigt im Hangenden des Profils wieder stark an. Allgemein ist der Feldspatgehalt im

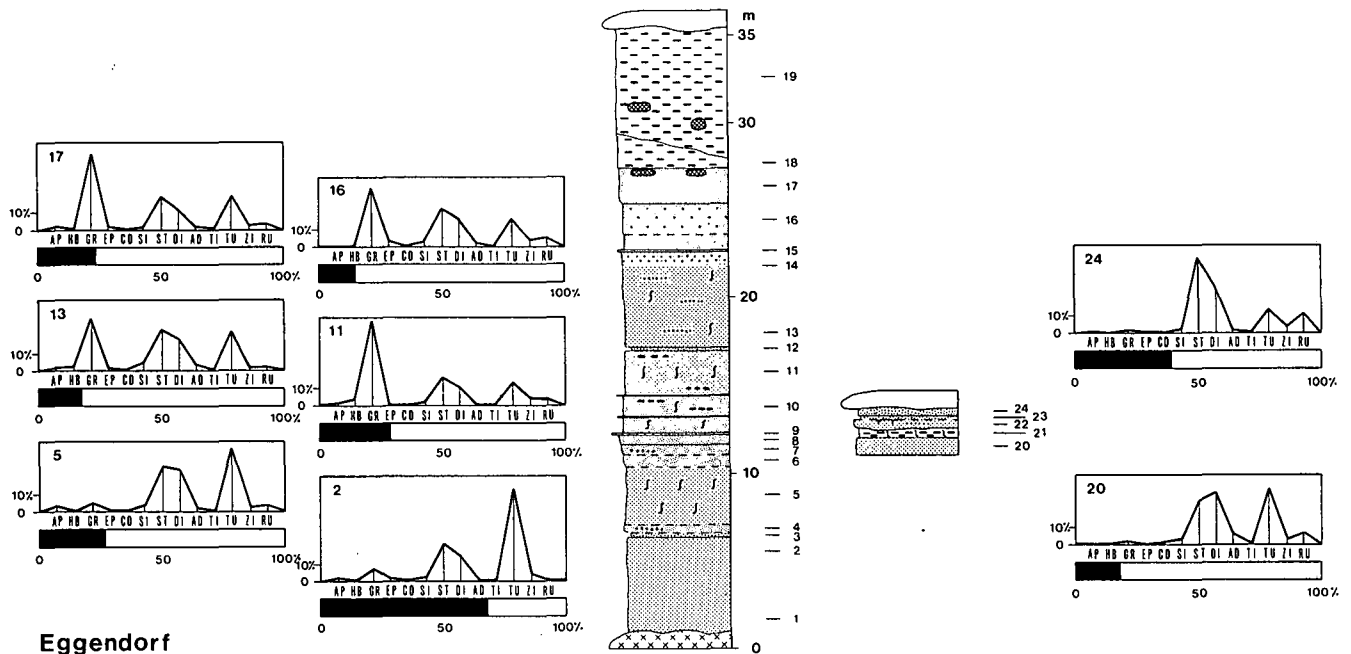


Abb. 8: Die Schwermineralverteilung in der Sandgrube Eggendorf.

Liegenden kleiner als im Hangenden (Interpretation der Feldspatverteilung: Kap. 5).

### Schwermineralverteilung

Der Schwermineralgehalt liegt meist unter 1 %, nur in dem Kiesband 12 steigt er auf 1,6 % an. Einen außergewöhnlich hohen Schwermineralgehalt hat mit 3,1 % die Probe 11.

Der Anteil opaker Gemengteile an den Schwermineralien liegt fast immer unter 30 %. In der Probe 24 steigt er etwas über diesen Wert und in der Probe 2 ist er mit 67,3 % auffallend hoch.

Den Hauptanteil der durchsichtigen Mineralien am Schwermineralspektrum haben Granat, Staurolith, Disthen, Turmalin, Zirkon und Rutil. Bemerkenswert ist der sehr geringe Granatgehalt im Liegenden der Grube (Proben 2, 5, 20, 24). Im Hangenden ist die Granatführung dagegen relativ hoch. Der Turmalinengehalt ist im Liegenden (Proben 2, 5, 20) am höchsten (Interpretation des Schwermineralspektrums: Kap. 6).

### Fazielle und stratigraphische Aussagen des biogenen Inhalts der Sedimente aus dem Bereich Eggendorf–Tiefenfucha–Krustetten

Im Bereich der Grube Eggendorf konnten nirgends Makrofossilien gefunden werden. Den einzigen Hinweis auf die ehemals reiche Fauna geben die zahlreichen Grabbauten in den Sedimenten. Dabei überwiegen vor allem Grabgänge vom Typ *Ophiomorpha* mit siltigen, genoppten Wänden. Übereinstimmend mit den sedimentpetrologischen Aussagen sprechen diese Wohn- und Freßbauten für eine Ablagerung im unmittelbaren Küstenbereich.

Keine eindeutige Aussage kann hingegen für die eingangs beschriebenen Grabgänge in der Schicht 21 beim W-Eingang zur Grube gemacht werden. Am ehesten entspricht diese Form der Grabbauten dem Typ *Thalassinoides*, was auf eine Seichtwasserfazies hinweisen würde. Die intensive Verwühlung in einem relativ feinkörnigen Sediment läßt jedenfalls eine Phase geringer Sedimentation vermuten.

Im Graben, der von Krustetten gegen NW zieht, sind im tief eingeschnittenen Bachbett in pelitischen Sedimenten (Älterer Schlier) im Hangenden der Melker Sande zahlreiche Bivalven und Gastropoden erhalten. Die auf einen Horizont beschränkten Fossilien sind meistens in Konkretionen konzentriert, vereinzelt findet man sie aber auch in dem grauschwarzen, siltigen Sediment.

Eine Grabung erbrachte folgende, von F. STEININGER bestimmte Arten:

*Cardita monilifera*, *Aloides gibba*, *Glycymeris latiradiata*, *Flabellipecten burdigalensis*, *Isocardia subtransversa*, *Arctica islandica rotundata*, *Astarte gracilis*, *Taras rotundatus*, *Lucinoma borealis*, *Pitar polytropa*, *Pitar beyrichi*, *Pitar* sp. (große Form), *Angulus nysti*, *Thracia* sp., *Thracia pubescens*, *Lucina* nov. sp. (große Form wie Linzer Sande), *Macoma elliptica*.

*Xenophora* sp., *Turritella* sp., *Drepanocheilus speciosus* ssp.

Nach F. STEININGER ist diese Lebensgemeinschaft mit dem Typus der *Pitar beyrichi*-Gemeinschaft von T. BALDI (1973, p. 120 ff.) zu vergleichen.

Auf Grund von Vergleichen mit den rezenten Verhältnissen spricht diese Gemeinschaft für einen Lebensraum in der mittleren Sublitoralzone (30 m bis 120 m Wassertiefe), was dem Schelfbereich entspricht. Diese Arten bevorzugen feinkörnige Sedimente, geringe Sedimentationsraten, geringe Wasserbewegung und eine Salinität von ca. 35 ‰.

Im Rahmen des IGCP-Projektes 25 – Tethys-Paratethys-Neogen – wurden aus dem Bereich Eggendorf–Tiefenfucha–Krustetten folgende Proben von P. HOCHULI palynologisch datiert:

Sandgrube Eggendorf: Probe RÖ 10/78 (coll. F. RÖGL) aus dem hangenden Bereich der Grube, Älterer Schlier (Bereich Horizont 18) – Ng. Z. I, warm gemäßigtes Klima.

Graben NW Krustetten: Probe RÖ 3–4/77 (coll. F. RÖGL) und Probe RÖ 8/78 (coll. F. RÖGL) aus dem Älteren Schlier – Ng. Z. I.

Graben NE Tiefenfucha: Probe RÖ 2/77 (coll. F. RÖGL) Haldenmaterial aus dem ehemaligen Kohlebergbau – Pg. Z. 19–20a, limnisch-terrestrisch.

Die bei P. HOCHULI (1978) in die Ng. Z. II gestellte Probe Thallern 1 (coll. F. STEININGER) von einer Halde des ehemaligen Kohlebergbaues wurde nach einer neuerlichen Untersuchung neu eingestuft und wird jetzt in die Pg. Z. 20a gestellt. Die Probe ist bereits stärker arktotertiär beeinflusst.

Die Tonproben von den Halden der Kohlebergbaue Thallern und Tiefenfucha aus dem Bereich der Pielaacher Tegel werden demnach ins Unter- bis Mitteloligozän eingestuft. Die Sedimente des Älteren Schliers stammen aus dem Egerien (jedoch noch Oligozän).

Durch Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse kann man für den Bereich Eggendorf–Tiefenfucha–Krustetten folgendes fazielle Entwicklungsschema erstellen:

Nach der Ablagerung von Tonen in limnisch-terrestrischer Fazies und Bildung der paralischen Kohle von Thallern und Tiefenfucha im Unter- bis frühen Mitteloligozän, erreicht die marine Transgression dieses Gebiet. Im Bereich der Sandgrube Eggendorf kommt es über tiefgründig verwittertem Kristallin zur Ablagerung von marinen Küstensedimenten in der Brandungs-, Brecher- und Spritzwasserzone mit den typischen sedimentären und biogenen Merkmalen.

Diese Transgression wird von einer Regressionsphase unterbrochen, auf die in der Grube Eggendorf umgelagerte lateritische Tone hinweisen. Sehr geringe Sedimentationsraten, wahrscheinlich in einer Seichtwasserfazies, werden durch eine intensive Verwühlung angezeigt.

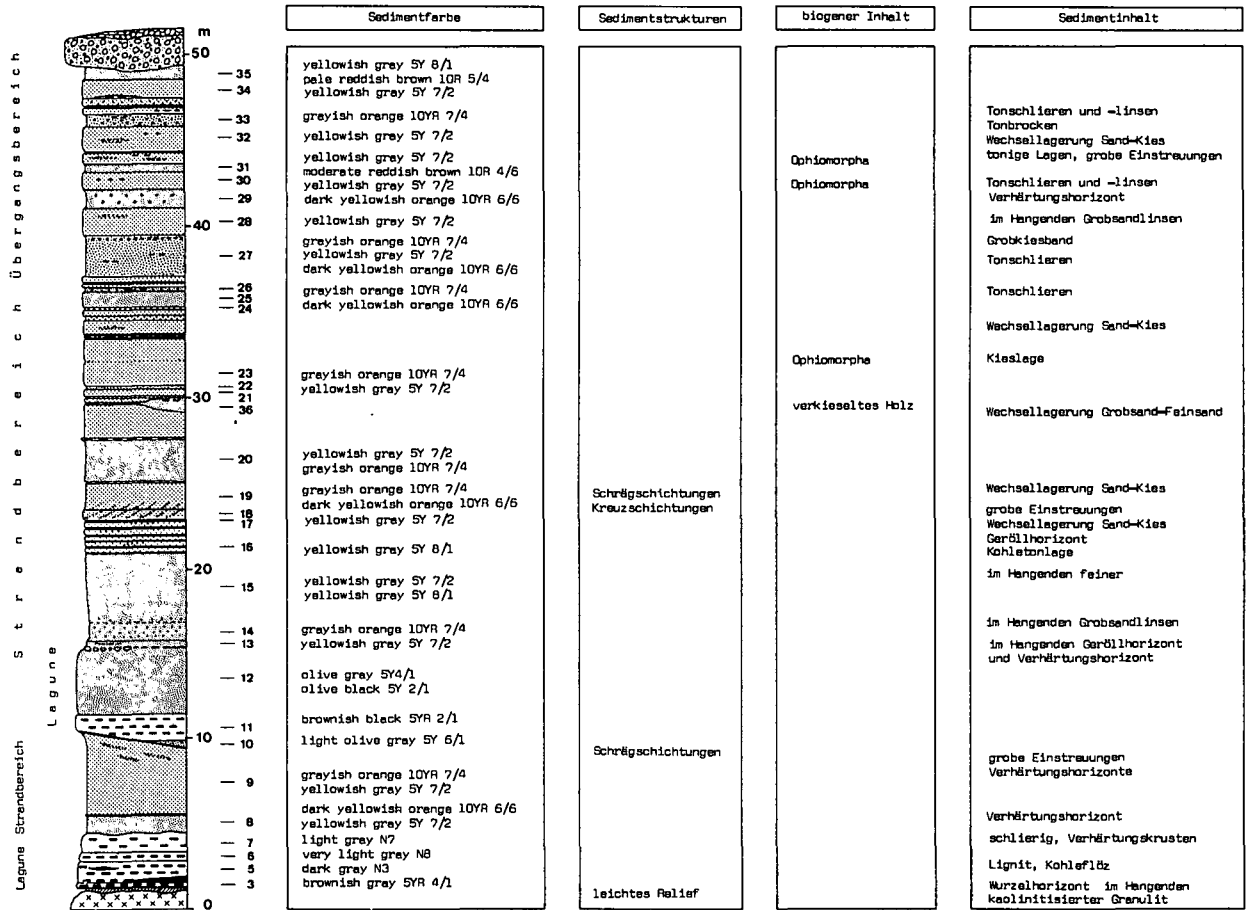
Im Zuge einer neuerlichen Transgression werden anfangs wieder Sedimente in der Spritzwasser- und Brecherzone abgelagert. Diese gehen allmählich in schlecht sortierte, teilweise aufgearbeitete Feinkornsedimente über, für die als Ablagerungsbereich submarine Sandbänke in der Übergangszone in Frage kommen. Schließlich wird noch im Oligozän (Ng. Z. I) der eigentliche Schelfbereich erreicht, wo es zur Ablagerung der pelitischen Sedimente des Älteren Schliers kommt. Ein deutliches Relief in diesem Älteren Schlier ist wahrscheinlich ein Hinweis auf eine submarine Erosion.

Der allgemein schlechte Rundungsgrad der Sande weist auf eine relativ rasche Ablagerung nach einem kurzen Transportweg hin.

### 4.2. Ton- und Sandgruben Hermannschacht

#### Profilbeschreibung

Einen eindrucksvollen Einblick in die Schichtfolge der Melker Formation bieten die großen Sandgruben am Kirchbühel WNW Statzendorf. Die durchwegs mit 15°–20° gegen S einfallenden Sedimente sind hier im



Hermannschicht

Abb. 9: Lithologie und biogener Inhalt der Ton- und Sandgruben Hermannschicht.

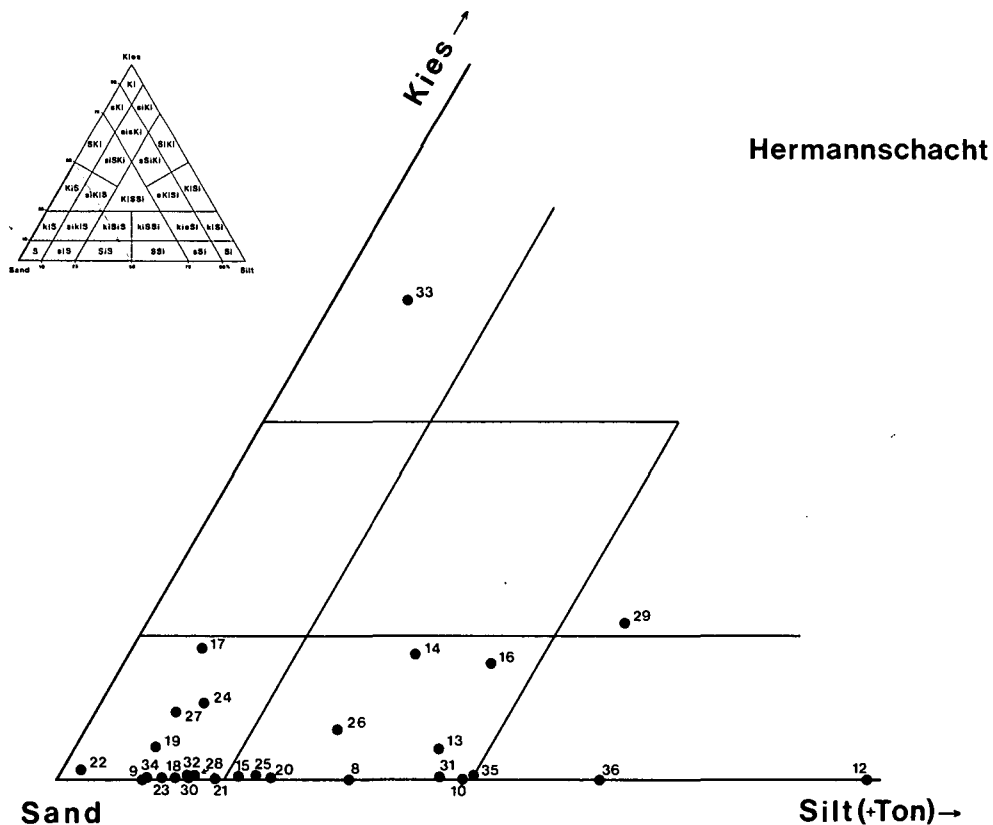


Abb. 10: Die Proben der Ton- und Sandgruben Hermannschicht im Benennungs-dreieck Kies-Sand-Silt.

Bereich der ehemaligen Förderanlage des Hermannschachtes mit einer Gesamtmächtigkeit von über 50 m aufgeschlossen.

Über tiefgründig kaolinitisiertem Granulit folgt ein aus einem Wurzelhorizont hervorgehendes, hier maximal 30 cm mächtiges Kohleflöz mit zwischengeschalteten tonigen Lagen (3). Diese gegen S und E sich aufspaltenden und mächtiger werdenden Braunkohleflöze wurden früher im Statzendorfer Kohlerevier weiträumig abgebaut (W. PETRASCHKEK, 1926). Über dem am Hermannschacht anstehenden Flöz folgt eine pelitische Serie, vereinzelt noch mit kohligem Lagen (5–7). Darüber stehen teilweise schräggeschichtete Fein- und Mittelsande (8, 9) an.

In einem räumlich eng begrenzten Becken, eingesenkt in die liegenden Sande folgen ein siltiger Mittelsand (10) und ein siltiger Ton (11). Ein Siltfeinsand, in der Grube als „Klebsand“ bezeichnet (12) steht als nächstes Schichtglied an.

Darüber liegen wieder siltige Grobsande (14) und siltige Mittelsande (13, 15), die im Hangenden von einer dünnen Kohletonlage abgeschlossen werden. Fortschreitend nach oben beobachtet man eine meist schlecht sortierte, vereinzelt schräggeschichtete, rasche Wechselfolge von Fein-, Mittel- und Grobsanden (16–23).

Ab dem Horizont 24 ist das Profil dieser Grube gekennzeichnet durch einen dauernden Wechsel von gut

und schlecht sortierten Sedimenten. Meist sind es besser sortierte siltige Feinsande und Mittelsande (25, 28, 30, 32, 34). Dazwischen sind schlecht sortierte Fein- bis Grobsedimente (24, 26–27, 29, 31, 33, 35) eingeschaltet.

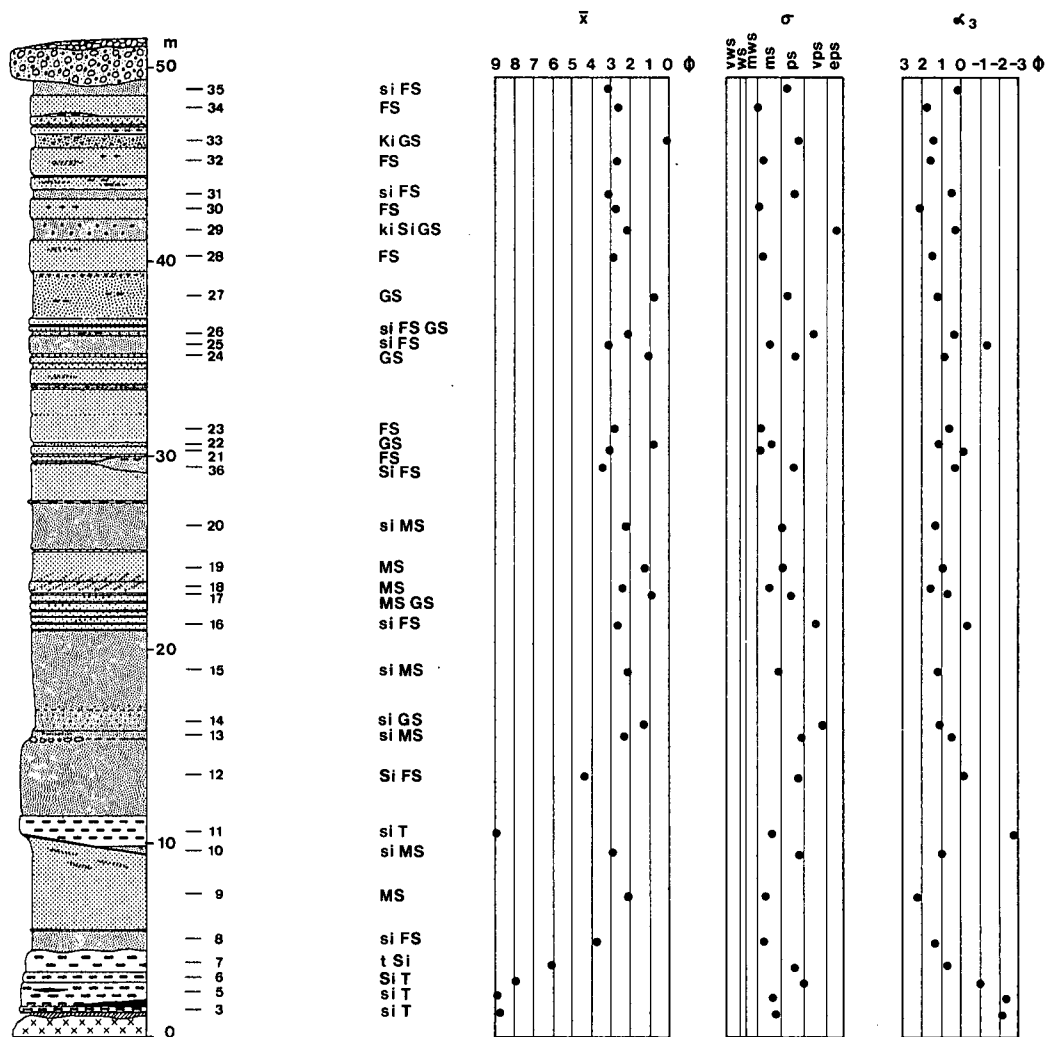
Die oligozäne Schichtfolge wird am Kirchbühel vom Hollenburg–Karlstettener Konglomerat des Badenens überlagert.

#### Parameterverteilung

Die mittlere Korngröße  $\bar{x}$  (mean) nimmt im Liegenden des Profils von Werten um 8,8 Phi (3, 5) bis zum Horizont 9 mit 2,03 Phi kontinuierlich zu, fällt darüber aber wieder auf nahezu 9,0 Phi bei der Probe 11. Im Folgenden steigt  $\bar{x}$  wieder an und bleibt nach dem Klebsandhorizont 12, der einen Wert von 4,38 Phi hat bis zum Hangenden meist zwischen 1,0 Phi und 3,0 Phi.

Die Sortierung ist entsprechend der wechselhaften Sedimentausbildung sehr unterschiedlich. Man findet "moderately sorted" bis "extremely poorly sorted" Sedimente, wobei sehr oft feinkörnige Sedimente (bis zu den Mittelsanden) besser sortiert sind als die Grobkornsedimente. Generelle Tendenzen kann man jedoch nicht feststellen.

Bei der Schiefe ändern sich die Werte im Liegenden deutlich von  $-2,39$  Phi (5) zu  $+2,25$  Phi (9). Im Bereich der Horizonte 11 und 12 ist  $\alpha_3$  wieder negativ, bleibt aber danach bis zum Hangenden bis auf wenige Ausnahmen zwischen 0 Phi und  $+2,0$  Phi.



Hermannschacht

Abb. 11: Sedimentbenennung und Parameterverteilung im Profil Hermannschacht.

Tabelle 2: Granulometrische Parameter von Proben der Ton- und Sandgruben Hermannschacht (in Phi-Werten gerechnet;  $\bar{x}$  = mean;  $\sigma$  = Standardabweichung;  $\alpha_3$  = Momentkoeffizient der Schiefe).

Probe	$\bar{x}$	$\sigma$	$\alpha_3$
03	8,786	1,279	-2,178
05	8,861	1,191	-2,385
06	7,877	2,002	-1,000
07	6,162	1,747	0,716
08	3,742	0,944	1,374
09	2,027	1,030	2,248
10	2,986	1,890	0,998
11	8,968	1,166	-2,738
12	4,383	1,840	-0,150
13	2,362	1,955	0,493
14	1,321	2,465	1,048
15	2,178	1,366	1,185
16	2,662	2,312	-0,267
17	0,901	1,628	0,742
18	2,391	1,094	1,565
19	1,280	1,490	0,955
20	2,302	1,425	1,298
21	3,069	0,885	-0,184
22	0,744	1,169	1,132
23	2,811	0,880	0,593
24	1,018	1,781	0,831
25	3,101	1,101	-1,343
26	2,097	2,205	0,376
27	0,779	1,598	1,192
28	2,860	0,971	1,450
29	2,192	2,807	0,225
30	2,814	0,851	2,132
31	3,127	1,748	0,494
32	2,732	0,923	1,568
33	0,034	1,853	1,413
34	2,670	0,811	1,755
35	3,156	1,522	0,191
36	3,454	1,729	0,312

### CM-Norm

Im CM-Diagramm entspricht die Form des Feldes, das durch die Lage der Probepunkte gebildet wird, dem Feld aus dem Küstenbereich (vgl. Abb. 12).

In den Klassen I und II, die auf einen größtenteils rollenden Transport hinweisen, findet man die meist schlecht sortierten Grobsedimente 14, 17, 22, 24, 27, 33 und die ebenfalls fast immer schlecht sortierten Mittel- und Feinsande 13, 15, 16, 19, 25, 26, 29, 31, 35.

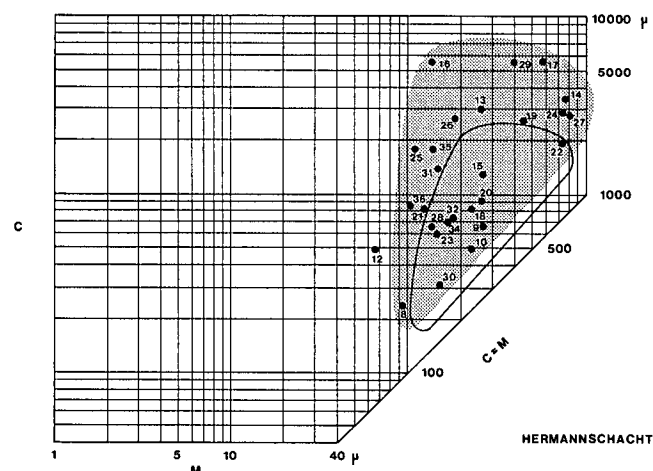


Abb. 12: Die Proben der Ton- und Sandgruben Hermannschacht im CM-Diagramm [umrandetes Feld: Bereich der Küstensedimente von Ostflorida (nach R. PASSEGA, 1957)].

Die hauptsächlich gut sortierten Mittel- und Feinsande 9, 10, 18, 20, 21, 23, 28, 30, 32, 34, 36 liegen im CM-Diagramm in den Klassen IV und V, womit auf einen Suspensionstransport im mittel- bis hochenergetischen Bereich (graded suspension) hingewiesen wird. In "uniform suspension" scheinen die Feinkornsedimente der Horizonte 8 und 12 transportiert worden zu sein, die in der Klasse VII zu finden sind.

Proben aus dem siltig-tonigen Liegendbereich lassen einen Transport in "pelagic suspension" (Klasse VIII – Probe 6) und im niederenergetischen Bereich in "graded suspension" (Klasse VI – Probe 7) vermuten (HS 6 und HS 7; vgl. Abb. 56).

### Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz

Die Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz des siltig-tonigen Liegendbereichs (3, 5, 6, 7) haben nahezu keine fazielle Aussagekraft. Bedeutend mehr sagen die Kurven 8 und 9 aus, die mit jeweils zwei Populationen in der springenden Fraktion die Ablagerungen in der Spritzwasserzone verraten (G. S. VISHNER, 1969). Nicht so eindeutig können die Schichten 10 bis 12 interpretiert werden. Die Kurven haben zumindest Ähnlichkeit mit solchen aus lagunären Ablagerungsräumen (H. S. VALIA & B. CAMERON, 1977).

Die darüber liegende Schichtfolge setzt sich zuerst aus Sedimenten der Spritzwasserzone (15, 20, 23) und Brandungs- bis Brecherzone (18, 21, 25) zusammen (G. S. VISHNER, 1969), die mehrmals von schlecht sortierten, meist geringmächtigen, wahrscheinlich aufgearbeiteten Sedimenten unterbrochen werden (13, 14, 16, 17, 19, 22, 24, 26). Diese Unterbrechungen scheinen immer wieder kurze, lokale Rückzugsphasen, wahrscheinlich bedingt durch den Aufbau vorgelagerter Sandbänke zu sein, worauf auch der Kohlethonhorizont oberhalb der Schicht 15 hinweist.

Bei den hangenden Ablagerungen, die den Wechsel in die Übergangzone anzeigen, scheint eine ständige, relativ rasche Energieänderung stattgefunden zu haben. Die Kurven der gut sortierten Sedimente 28, 30, 32, 34 sind zwar ähnlich den Kurven der Brecherzone, können aber auch im Übergangsbereich vorkommen (K. H. SINDOWSKI, 1957). Diese Ablagerungen wechseln mit aufgearbeiteten Sedimenten, wahrscheinlich von submarinen Sandbänken der Übergangzone (27, 29, 31, 33, 35) (K. H. SINDOWSKI, 1957; G. S. VISHNER, 1969).

### Aussagen der Schiefe

Ein direkter Zusammenhang der Schiefe mit den Aussagen der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz konnte am Hermannschacht nicht gefunden werden. Es bestehen lediglich für bestimmte Faziesbereiche gewisse Tendenzen der  $\alpha_3$ -Werte. So haben die vermutlich in der Brandungs-, Brecher- und Spritzwasserzone abgelagerten Sedimente meistens Werte zwischen 1,0 Phi und 2,3 Phi, wobei die Proben 21 und 25 mit negativen Werten Ausnahmen sind. Dies kann nach G. M. FRIEDMAN (1961, 1962, 1967) auf unterschiedliche Energiebedingungen während der Ablagerung zurückgeführt werden. Die schlecht sortierten, wahrscheinlich aufgearbeiteten Sedimente haben meist Werte  $< 1$  Phi oder liegen knapp darüber. Negative Schiefe-werte haben fast immer die siltigen und tonigen Sedimente des Liegendbereiches, wobei es aber auch hier Ausnahmen geben kann. Vergleiche mit den wenigen verfügbaren Daten rezenter Ablagerungen erbrachten wenig Übereinstimmung mit den Aussagen anderer Untersuchungsmethoden.



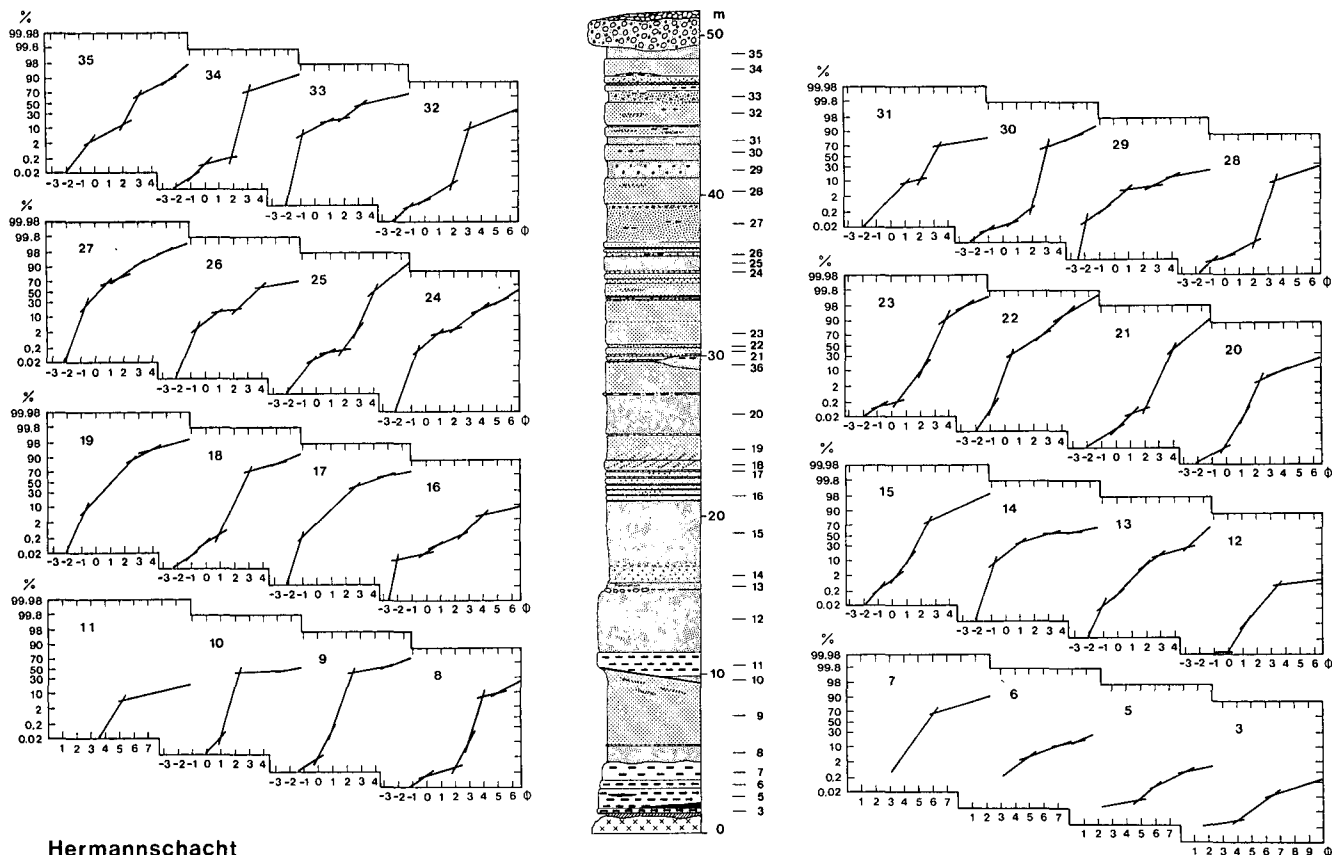


Abb. 13: Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz von Proben der Ton- und Sandgruben Hermansschacht.

### Rundungsgrad

Der Rundungsgrad der sandigen Sedimente aus den Gruben am Kirchbühel ist im Liegenden in den Horizonten 9 und 10 sehr gut. Die Komponenten sind "well rounded" bis "subrounded", was eine Ausnahme in den sonst schlecht gerundeten Melker Sanden ist. Eine weitere Besonderheit ist der Klebsandhorizont 12, der grundsätzlich sehr schlecht gerundete (angular, very angular) Sedimentanteile besitzt, daneben aber auch in den gleichen Fraktionen gut gerundete (rounded, subrounded) Körner vorkommen. Weiters zeigen manche Körner Oberflächenstrukturen, die durch Ätzung entstanden sein könnten. Oberhalb dieses Klebsandhorizontes sind die Sedimente am Hermansschacht durchwegs schlecht gerundet (subangular-very angular). Bei den in der Brandungs- bis Spritzwasserzone abgelagerten Sedimenten ist eine etwas bessere Rundung zu erkennen.

### Feldspatverteilung

Der Feldspatgehalt der Sedimente des Hermansschachtes ist nach den röntgenographischen Untersuchungen sehr unterschiedlich. Meistens sind zwei Feldspate vorhanden, wobei der Kalifeldspatgehalt fast immer viel größer ist als der Anteil an Plagioklas. Sehr wenig Feldspat führen die Schichten 9, 12 und 15. In den darüber folgenden Horizonten haben die im Küstenbereich abgelagerten Sedimente oft einen etwas geringeren Feldspatgehalt als die wahrscheinlich aufgearbeiteten Ablagerungen. Bereits während der optischen Untersuchung fiel der hohe Feldspatgehalt der Proben 24, 25 und 26 auf, was durch die röntgenographischen Untersuchungen bestätigt wird.

Grundsätzlich nimmt der Feldspatgehalt vom Liegenden zum Hangenden deutlich zu (Interpretation der Feldspatverteilung Kap. 5).

### Sonstige mineralogische Untersuchungen

Eine röntgenographische Untersuchung des Klebsandes (Probe 12) zeigte, daß der Tonanteil dieses Sediments fast ausschließlich aus Kaolinit besteht. Dieser Kaolinitanteil scheint von der Verwitterungsschwarte des im Hinterland anstehenden Granulits zu stammen und nach einem sehr kurzen Transport in einem Seichtwasserbereich abgelagert worden zu sein.

Bemerkenswert ist auch das Auftreten von detritischem Glaukonit in den Horizonten 28, 29, 30, 31, 32, 34 und 35. Dies kann als weiterer Beweis für eine Aufarbeitung der Sedimente im Hangendbereich aufgefaßt werden.

### Schwermineralverteilung

Sehr unterschiedlich ist auch der Schwermineralgehalt der untersuchten Proben vom Hermansschacht. In den Proben 8, 9, 12, 19, 27, 30, 31 und 35 liegt dieser unter 1 % (Minimum 0,1 % bei Probe 9). Die Schichten 20, 28 und 29 haben einen Schwermineralanteil von 2,2 % bis 2,5 %. Bereits von einer Schwermineralseife kann man bei der Probe 15 sprechen, die 4,2 % Schwermineralien beinhaltet.

Etwas gleichmäßiger ist der Anteil opaker Gemengteile an den Schwermineralien. Meist sind es 20 % bis 30 % opaker Komponenten. Den geringsten Gehalt hat die Probe 9 (15,7 %), den höchsten Gehalt die Probe 12 (38,7 %).

Wiederum sehr unterschiedlich ist das Spektrum der durchsichtigen Schwermineralien in den untersuchten Proben vom Hermansschacht. Die Probe 9 hat als

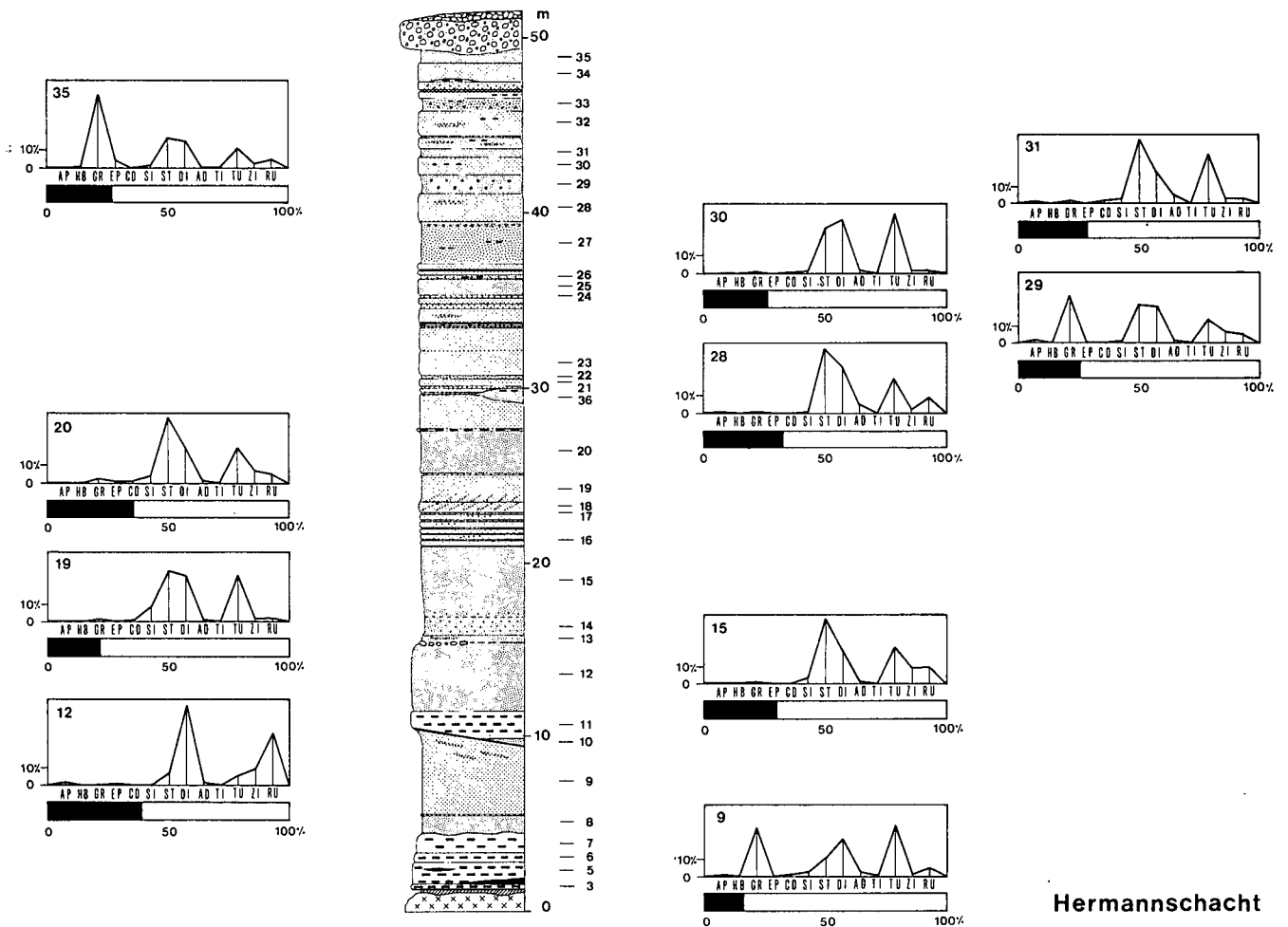


Abb. 14: Die Schwermineralverteilung in den Ton- und Sandgruben Hermansschacht.

Hauptminerale Turmalin, Granat, Disthen und Staurolith. Im Klebsandhorizont 12 ist der Granat ganz verschwunden und der Anteil von Turmalin und Staurolith hat sehr stark abgenommen. Es überwiegen Disthen und Rutil. Die Proben 15, 19, 20, 30 und 31 haben fast keinen Granat sondern hauptsächlich Staurolith, Disthen und Turmalin. Im dazwischenliegenden Horizont 29 und dem hangenden Horizont 35 tritt plötzlich wieder sehr viel Granat neben Staurolith, Disthen und Turmalin auf (Interpretation des Schwermineralspektrums: Kap. 6).

#### Fazielle und stratigraphische Aussagen des biogenen Inhalts der Sedimente im Bereich des Kirchbühels

Mit Ausnahme vereinzelter Grabgänge vom Typ *Ophiomorpha* mit siltigen, genoppten Wänden konnten in den Sedimenten des Hermansschachtes keine Hinweise auf die fossile Fauna gefunden werden. Übereinstimmend mit den granulometrischen Aussagen sprechen diese Grabbauten am ehesten für eine Ablagerung in Küstennähe.

Von P. HOCHULI wurden im Rahmen des IGCP-Projektes 25 – Tethys-Paratethys-Neogen – aus dem Gebiet um den Hermansschacht folgende Proben palynologisch datiert:

Hausheim: Halde des ehemaligen Kohlebergbaues Haldenmaterial (Pielacher Tegel) (coll. F. RÖGL) – Pg. Z. 19–20a, limnisch-terrestrisch.

Hermansschacht: Probe HS 11 (coll. R. ROETZEL),

Horizont 11 im Profil Hermansschacht in dieser Arbeit – Ng. Z. I (–Ng. Z. II; sehr wenig Material).

Die kohligen Proben Statendorf 34 und 35 aus Kernbohrungen der Geologischen Bundesanstalt im Gebiet des ehemaligen Kohlebergbaues Statendorf werden von P. HOCHULI (1978) in die Pg. Z. 20a gestellt. Sie sind bereits marin beeinflusst.

Die Ablagerung der kohleführenden Pielacher Tegel (Halde Hausheim, Bohrung Statendorf) erfolgte daher im Gebiet des Hermansschachtes im Unter- bis Mitteloligozän.

Das am Hermansschacht anstehende höhere Tonpaket (Horizont 11), wahrscheinlich eine Ablagerung während einer Regressionsphase, ist dagegen bereits ins Oberoligozän (wahrscheinlich unterstes Egerien auf Grund der Lagerungsverhältnisse) zu stellen.

Zusammenfassend ergibt sich nun folgende fazielle und stratigraphische Entwicklung im Oligozän im Bereich Kirchbühel–Hermansschacht:

Bereits im Unter- bis Mitteloligozän erfolgt über tiefgründig verwittertem Kristallin die Ablagerung pelitischer Sedimente (Pielacher Tegel) in limnisch-terrestrischer bis mariner Fazies und die Bildung paralischer Kohle. Diese Schichtfolge wird transgressiv von gut sortierten und gut gerundeten, teilweise schrägschichteten marinen Sanden der Spritzwasserzone überlagert.

Im untersten Egerien folgt eine regressive Phase, wiederum mit Sedimentation von Tonen und Bildung von Kohle in kleinen isolierten Becken.

Im Zuge einer neuerlichen Transgression herrschen, wahrscheinlich bedingt durch vorgelagerte Sandbänke, in der Wöblinger Bucht zuerst lagunäre Bedingungen (Klebsand). Mit fortschreitender Transgression und damit Aufarbeitung dieser vorgelagerten Sandbänke findet man wieder Küstensedimente der Spritzwasserzone und Brandungs- bis Brecherzone, vereinzelt mit *Ophiomorpha*.

Zwischendurch scheint es immer wieder durch Aufbau neuer Sandbänke zu kurzen lokalen Rückzugsphasen zu kommen. Aufgearbeitete Sedimente, teilweise von submarinen Sandbänken zeigen schließlich den Wechsel in die Übergangszone an. Auf einen längeren Transportweg und/oder eine längere Aufarbeitung der Küstensande im Mitteloligozän weist der gute Rundungsgrad dieser Sedimente hin. Im Gegensatz dazu stehen die schlecht gerundeten Sande aus dem Oberoligozän, die nur kurz transportiert und rasch abgelagert zu sein scheinen.

### 4.3. Sandgrube Winzing

#### Profilbeschreibung

Die ältesten Sedimente im Bereich der Sandgrube Winzing stehen in dem kleinen Waldstück, unmittelbar westlich der Grube an. Hier finden sich noch Spuren eines ehemaligen Abbaues in den Pielacher Tegeln.

In der östlich davon gelegenen Grube ist das Hangende dieser pelitischen Sedimente in Form von teilweise schräggeschichteten Fein- und Mittelsanden mit groben Zwischenlagen aufgeschlossen (1–9). Schlecht sortierte, rasch wechselnde Sande unterschiedlicher Korngröße bilden die darüber anstehende Sedimentfolge (10–12).

Durch einen großen, gegen SE einfallenden Bruch (130/64) wird der Ostteil der Grube um ca. 6–8 m ge-

gen den Westteil versetzt, sodaß der im Westteil im Hangenden aufgeschlossene 4–5 m mächtige Mittelsand (13) im Ostteil im Liegenden zu finden ist (14).

In dieser östlichen Grube FISCHER findet man Mittel- und Feinsande (14–15, 17–19), unterbrochen von einem Grobsandhorizont (16), der unterhalb des folgenden siltigen Feinsandes (17) rinnenartige Einsenkungen hat. Darüber überwiegen schlecht sortierte Grobsedimente (20–24) mit teilweise sehr großen Schrägschichtungen. Schließlich folgt der Übergang in pelitische Sedimente vom Typ „Älterer Schlier“ (25, 26).

Das Hangendste der Grube Winzing wird vom Hollenburg-Karlstettener Konglomerat gebildet. W. FUCHS (1972) konnte zwischen Älterem Schlier und dem Konglomerat ein geringmächtiges Vorkommen von *Oncophoraschichten* finden.

Die Lagerung der Schichtpakete in der Grube Winzing ist durchwegs horizontal.

Die in dieser Grube eingemessenen Brüche mit einem meist mittelsteilen Einfallen (30°–75°) gegen NW (302–340) und SE (130–150) können wahrscheinlich mit der NE–SW verlaufenden Diendorfer Störungsschar in Verbindung gebracht werden.

#### Parameterverteilung

Bedingt durch den dauernden Wechsel von Grob- und Feinsedimenten pendeln die Werte von  $\bar{x}$  (mean) der Sedimente aus der Grube Winzing meistens zwischen 1,0 Phi und 3,0 Phi. Nur bei den kiesigen Zwischenlagen und bei den mächtigen Grobsandhorizonten liegt  $\bar{x}$  unter 1,0 Phi. Auch Werte über 3,0 Phi findet man mit Ausnahme der Pelite im Hangenden, die eine mittlere Korngröße von 6,4 Phi bis 7,4 Phi haben, nur selten.

Deutlichere Trends zeigt die Sortierung der Sedimen-

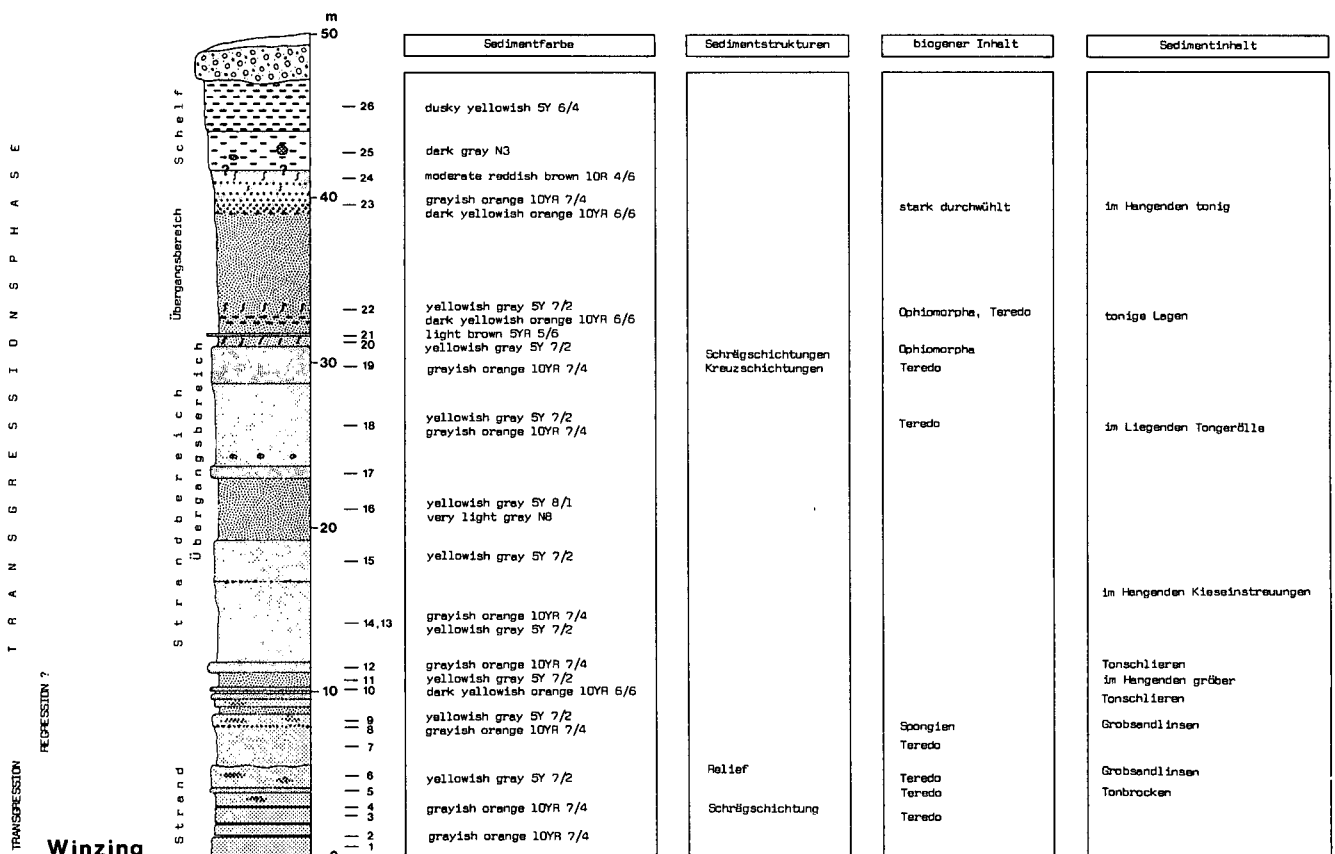


Abb. 15: Lithologie und biogener Inhalt der Sandgrube Winzing.

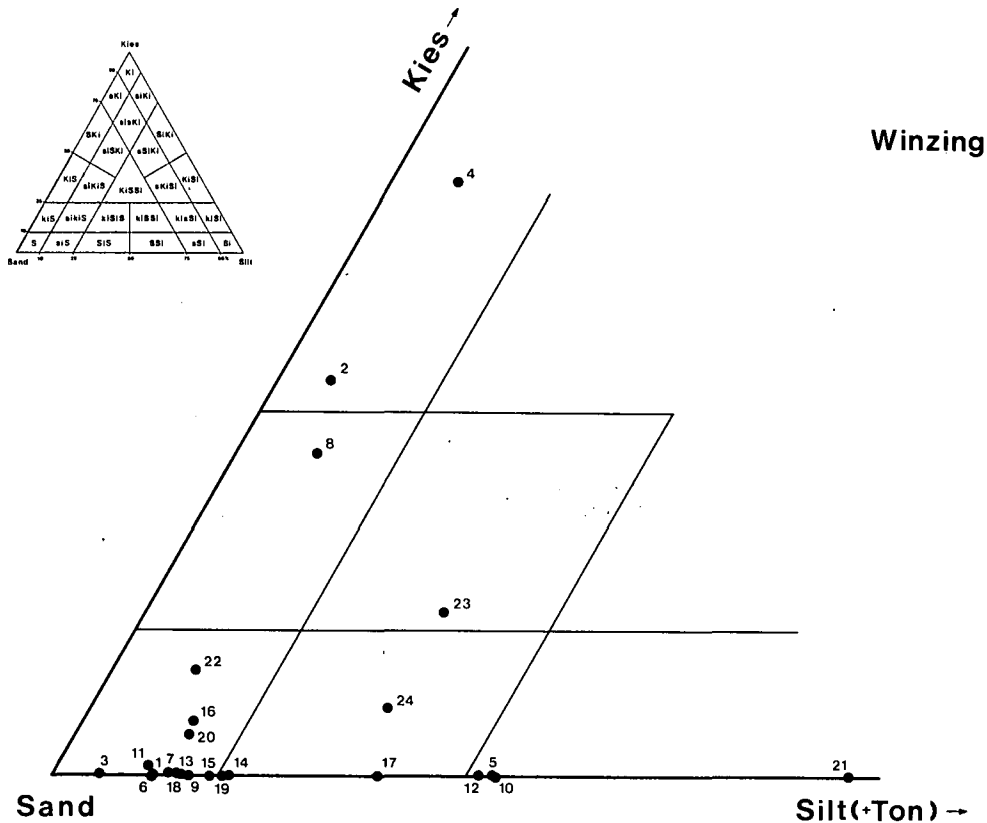


Abb. 16: Die Proben der Sandgrube Winzing im Benennungsdreieck Kies-Sand-Silt.

Tabelle 3: Granulometrische Parameter von Proben der Sandgrube Winzing (in Phi-Werten gerechnet;  $\bar{x}$  = mean;  $\sigma$  = Standardabweichung;  $\alpha_3$  = Momentkoeffizient der Schiefe).

Probe	$\bar{x}$	$\sigma$	$\alpha_3$
01	2,667	0,796	1,352
02	0,271	1,907	0,348
03	1,810	0,953	1,239
04	0,165	2,132	0,400
05	3,516	1,542	1,527
06	2,712	0,945	0,263
07	1,392	1,440	1,259
08	0,448	2,275	-0,255
09	2,362	1,252	0,556
10	3,260	1,804	0,417
11	1,245	1,453	1,210
12	2,640	2,171	0,572
13	1,763	1,354	1,107
14	1,879	1,503	1,095
15	2,780	0,936	1,838
16	0,983	1,644	1,167
17	2,877	1,763	0,494
18	1,537	1,417	1,270
19	2,793	0,956	1,756
20	1,093	1,606	1,167
21	3,621	2,428	-0,141
22	0,772	1,556	1,149
23	1,385	2,368	0,768
24	1,758	2,327	0,755
25	6,413	2,181	0,107
26	7,372	2,374	-0,641

te dieser Grube. Abgesehen von geringmächtigen kiesigen und siltigen Lagen sind die Ablagerungen im Liegenden meist "moderately sorted". Im Bereich der Proben 10 bis 12 nimmt die Sortierung deutlich ab (poorly sorted-very poorly sorted). Die folgenden Sedimente bis zum Horizont 22 sind meist "moderately sorted" bis

"poorly sorted". Im Hangenden findet man schließlich wieder sehr schlecht sortierte (very poorly sorted) Ablagerungen.

Die Werte der Schiefe liegen meist zwischen 0 Phi und +2,0 Phi, wobei die schlecht sortierten Sedimente meist Werte <+1,0 Phi haben. Im Hangenden, im Bereich der pelitischen Sedimente sind Werte zwischen 0 Phi und -1,0 Phi vorherrschend.

#### CM-Norm

Im CM-Diagramm liegen die Probepunkte im Feld der Küstensedimente (vgl. Abb. 18).

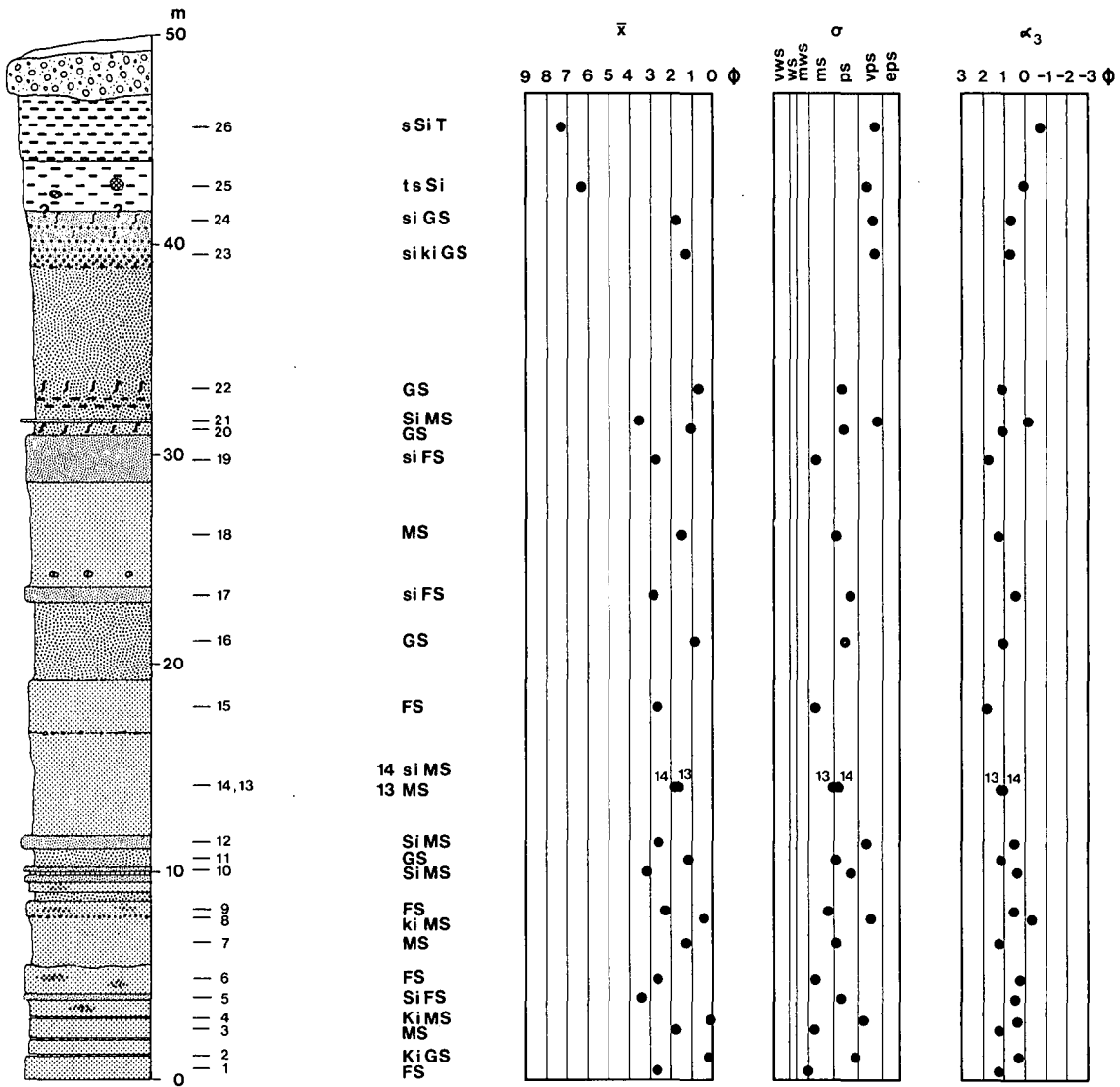
In der Klasse I, die auf hauptsächlich rollenden Transport hinweist, findet man im Nahbereich der Zone N-O (vorwiegend rollender Transport) die meist schlecht sortierten Grobsedimente (2, 4, 7, 11, 16, 20, 22, 23, 24) und um die Zone O-P (rollender Transport mit etwas Suspensionsfracht) die etwas besser sortierten Mittelsande (3, 12, 13, 14, 18).

Vorwiegend in der Klasse V oder knapp darüber liegen die meist gut sortierten feinkörnigen Sedimente (1, 5, 6, 9, 10, 15, 17, 19), die damit hauptsächlich in Suspension im mittleren Energiebereich transportiert wurden.

Die pelitischen Sedimente vom Hangenden der Grube (25, 26) fallen in die Klasse VIII, was ein Hinweis auf den Transport in "pelagic suspension" ist (WI 25 und WI 26; vgl. Abb. 56).

#### Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz

Die Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz der Proben 1, 3, 6 und 9 aus dem Liegendbereich stimmen mit den Kurven aus der Brandungs- und Brecherzone weitgehend überein (G. S. VISHNER, 1969). In diesen Ablagerungsbereich passen auch die zwischengeschalteten groben Lagen 2, 4 und 8 und der auf kurz-



Winzing

Abb. 17: Sedimentbenennung und Parameterverteilung im Profil Winzing.

zeitige niederenergetische Bedingungen hinweisende dünne Silthorizont 5.

Der Großteil der darüber folgenden Sedimente scheint aufgearbeitet und umgelagert zu sein. Die mei-

sten Kurven können mit solchen von Sandbänken aus der Übergangszone verglichen werden (K. H. SINDOWSKI, 1957). Dazwischen treten Sedimente auf, deren Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz denen des Küstenbereichs (Spritzwasser- und Brandungszone) ähnlich sind (15, 19).

Ab dem Horizont 25 scheint der endgültige Übergang in den Schelfbereich zu erfolgen (K. H. SINDOWSKI, 1957).

#### Aussagen der Schiefe

Nahezu keine Übereinstimmung besteht zwischen den Aussagen der Schiefe und der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz. Vielfach haben Sedimente mit grundsätzlich verschiedenen Kurven ähnliche Schiefewerte. Die höchsten Werte haben die Proben 15 und 19 (1,84 Phi und 1,76 Phi), deren Kurven möglicherweise auf eine Ablagerung in der Spritzwasserzone hinweisen.

Die nach den Aussagen der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz im Schelfbereich abgelagerten pelitischen Sedimente vom Hangenden der Grube haben Schiefewerte um 0 Phi, was mit den Untersuchungsergebnissen von G. M. FRIEDMAN (1979) übereinstimmt.

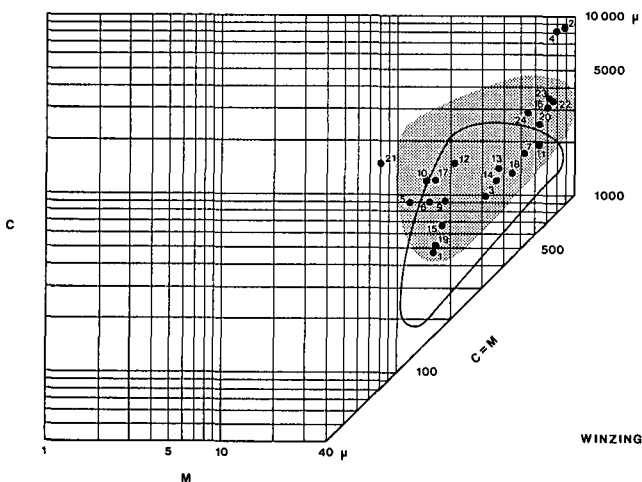


Abb. 18: Die Proben der Sandgrube Winzing im CM-Diagramm [umrandetes Feld: Bereich der Küstensedimente von Ostflorida (nach R. PASSEGA, 1957)].

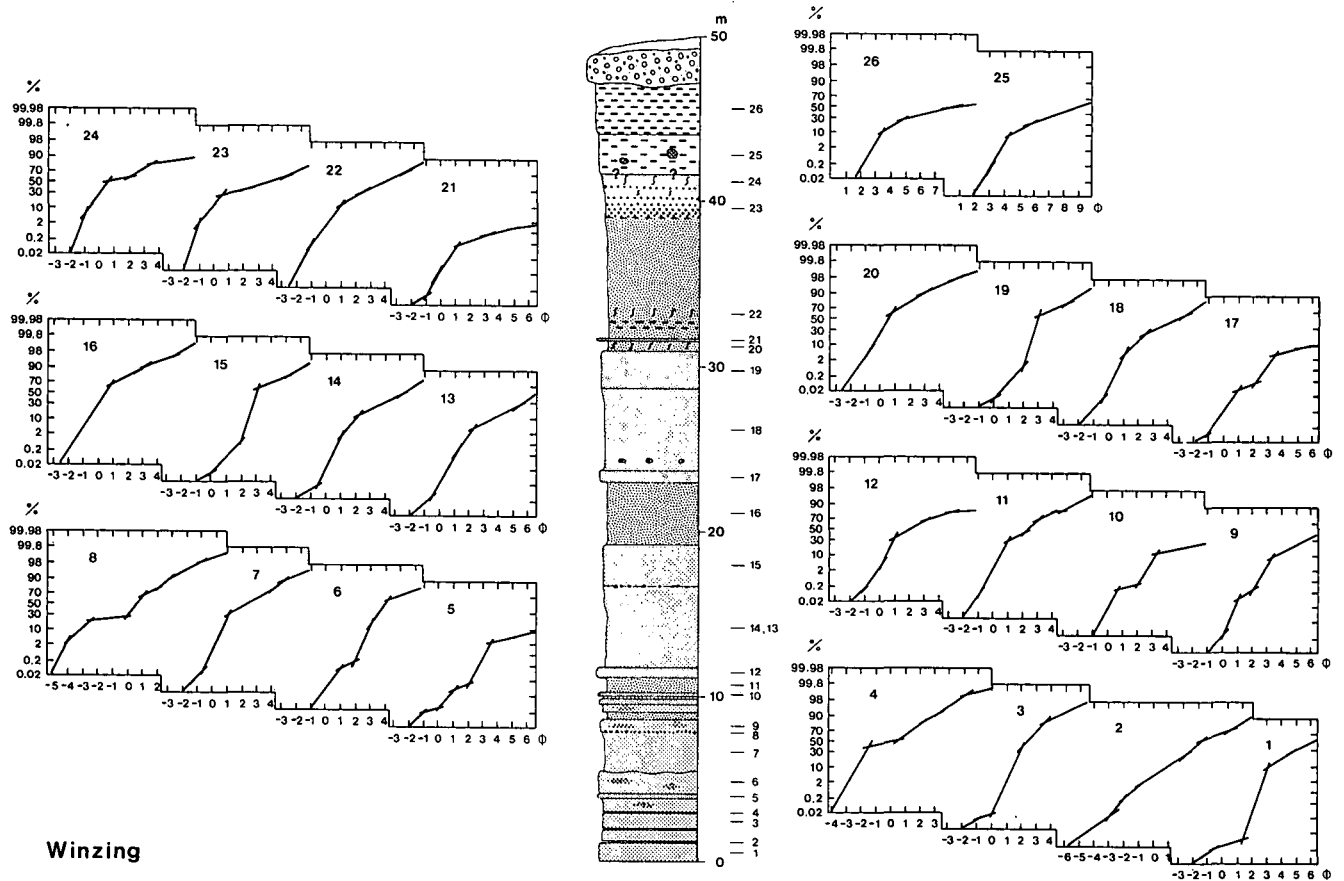


Abb. 19: Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz von Proben der Sandgrube Winzing.

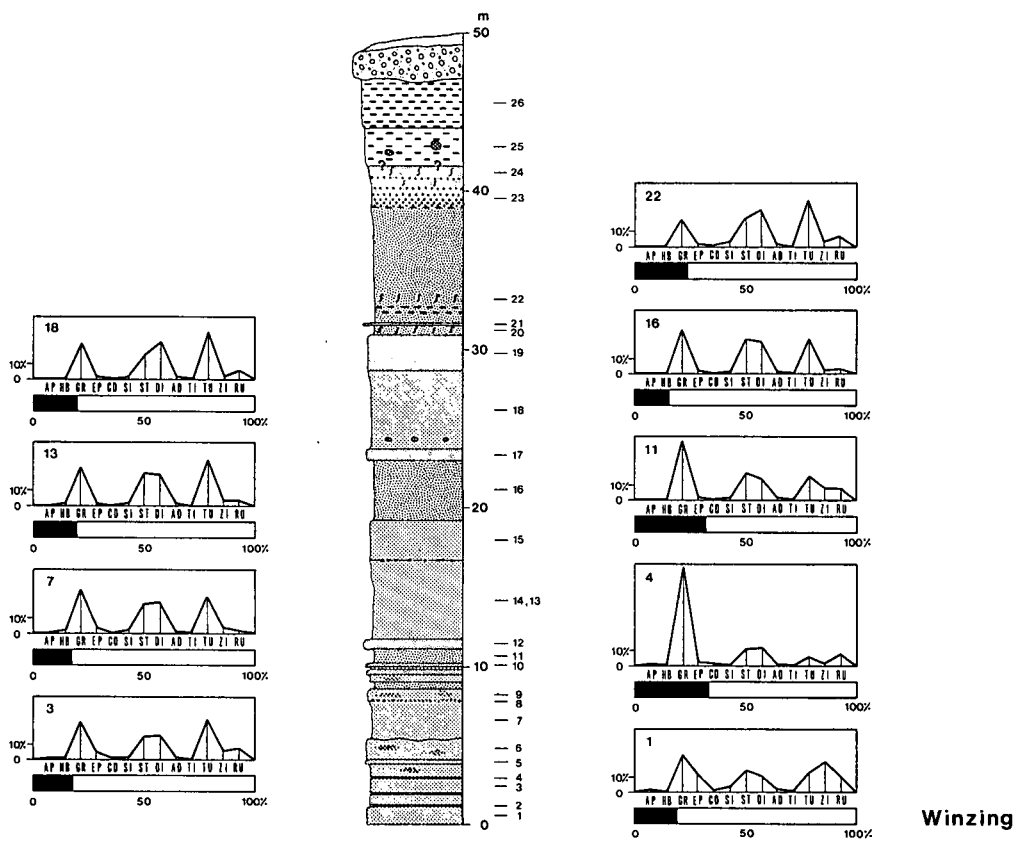


Abb. 20: Die Schwermineralverteilung in der Sandgrube Winzing.

## Rundungsgrad

Der Rundungsgrad der sandigen Sedimente der Grube Winzing ist durchwegs schlecht. Meistens sind die Komponenten "angular" bis "very angular", vereinzelt auch "subangular". Im gesamten Profil der Sandgrube kann ein dauernder Wechsel von geringfügig besser und schlechter gerundeten Sanden festgestellt werden. Dabei beobachtet man meistens bei den Sedimenten, deren Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz für eine Ablagerung in der Brandungs-, Brecher- und Spritzwasserzone sprechen die bessere Rundung (subangular-angular), bei den Ablagerungen aus dem Übergangsbereich in der Regel einen etwas schlechteren Rundungsgrad (angular-very angular).

## Feldspatverteilung

Nach den röntgenographischen Untersuchungen ist der Kalifeldspatgehalt der Sedimente im gesamten Profil auffallend hoch und immer weit höher als der Plagioklasanteil. Ablagerungen aus der Brandungs-, Brecher- und Spritzwasserzone (1, 3, 6, 9, 15, 19) haben dabei einen etwas geringeren Kalifeldspatgehalt als die Sedimente des marinen Übergangsbereiches. Der gesamte Feldspatanteil der liegenden Ablagerungen ist nur etwas geringer als der der hangenden Sedimente. Die Zunahme des Feldspatgehaltes vom Liegenden zum Hangenden ist daher in der Grube Winzing nicht so deutlich wie in anderen Gruben zu erkennen (Interpretation der Feldspatverteilung: Kap. 5).

## Schwermineralverteilung

Der Anteil opaker Schwerminerale am Schwermineralspektrum liegt meist um 20 %. Nur in den Horizonten 4 und 11 ist er etwas über 30 %.

Durchwegs ähnlich ist das Schwermineralspektrum der durchsichtigen Schwerminerale in allen untersuchten Proben. Die Hauptminerale sind Granat, Staurolith, Disthen und Turmalin, die meist innerhalb einer Probe fast gleiche Anteile um 20 % haben. Eine Ausnahme ist wieder die grobe Lage 4 mit einem Granatgehalt um 60 %.

Das Schwermineralspektrum der Probe 1, bei der im Gegensatz zu den anderen Proben dieser Grube die Untersuchung in der feineren Fraktion 0,125 mm–0,063 mm durchgeführt wurde, zeigt deutlich eine starke Zunahme des Zirkongehaltes und eine Abnahme des Disthenanteils. Dies scheint aber ausschließlich der Einfluß der primären Korngröße bestimmter Mineralphasen zu sein. Die im Ausgangsgestein hauptsächlich in kleineren Körnern vorkommenden Minerale Zirkon und Rutil werden in der feineren Korngrößengruppe angereichert, primär größere Komponenten wie z. B. Disthen treten dagegen in der feineren Fraktion eher zurück (G. WOLETZ, 1958) (Interpretation des Schwermineralspektrums: Kap. 6).

## Fazielle und stratigraphische Aussagen des biogenen Inhalts der Sedimente der Grube Winzing

Neben den wenigen Grabgängen vom Typ *Ophiomorpha* und dem stark durchwühlten Horizont 23 aus dem hangenden Teil der Grube fällt in den Sanden von Winzing vor allem das gehäufte Auftreten von Holzresten mit Bohrspuren von *Teredo* auf. Eine Besonderheit sind Spongiennadeln aus der groben Lage 8. Außer den Grabgängen, die für die Küstennähe als Ablagerungsraum sprechen, ist die fazielle Aussagekraft dieser biogenen Reste jedoch relativ gering.

Nach der von P. HOCHULI im Rahmen des IGCP-Projektes 25 – Tethys-Paratethys-Neogen – durchgeführ-

ten palynologischen Bearbeitung der pelitischen Sedimente aus dem Hangenden der Grube [Probe RÖ 16/78 (coll. F. RÖGL), Bereich Horizont 25–26] fallen diese Silte und Tone in die Ng. Z. I. Damit erfolgte die Sedi-mentation des Älteren Schliers im Egerien, noch im Oligozän.

Zusammenfassend kann man aus diesen Untersuchungsergebnissen in der Grube Winzing folgende Faziesentwicklung rekonstruieren:

Als basale Ablagerungen über dem Kristallin finden wir wieder pelitische Sedimente (Pielacher Tegel). Darüber lagern, als liegendste Schichtglieder in der Grube aufgeschlossen, gut sortierte Sedimente aus der Brandungs- bis Brecherzone mit zwischengeschalteten groben Lagen und Linsen.

Diese transgressive Schichtfolge wird von siltigen bis groben Ablagerungen unterbrochen; möglicherweise Anzeichen einer regressiven Phase.

In der darüber wieder folgenden Transgression werden abwechselnd gut sortierte, feinkörnige Strandsedimente (Spritzwasserzone) und schlecht sortierte, wahrscheinlich aufgearbeitete grobe Sande von vorgelagerten Sandbänken der Übergangzone abgelagert. Mit fortschreitender Transgression beginnt noch im Oligozän (Ng. Z. I) die Ablagerung der Schelfsedimente des Älteren Schlier.

Der relativ schlechte Rundungsgrad der Sedimente weist auf einen kurzen Transportweg und/oder eine rasche Ablagerung hin.

## 4.4. Sandgrube Landhausen

### Profilbeschreibung

Das Liegende dieser kleinen Grube wird vorwiegend von wechsellagernden Mittel- und Feinsanden mit groben Einschaltungen aufgebaut (1–7). Die darüber folgenden mächtigen Grobsedimente (8,10) werden im unteren Teil kurz von einem siltigen Feinsand (9) unterbrochen. Danach folgt eine Wechsellagerung von sehr schlecht sortierten kiesig-sandig-siltigen Sedimenten (11–15).

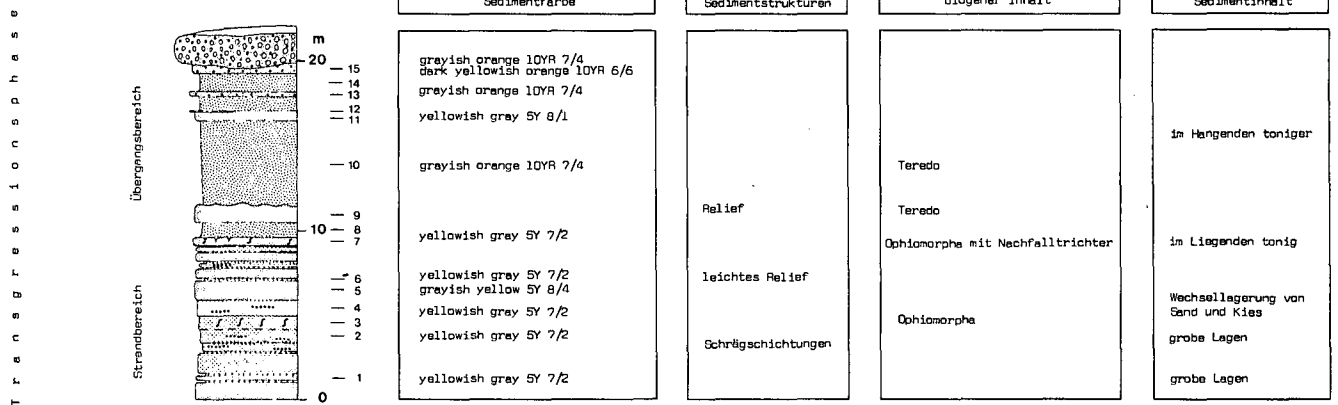
Deutlich erosiv eingesenkt in die durchwegs horizontal lagernden Sande liegt im NW-Teil der Grube konkordant das Hollenburg-Karlstettener Konglomerat über der gesamten Schichtfolge.

### Parameterverteilung

Die mittlere Korngröße  $\bar{x}$  (mean) veranschaulicht den deutlichen Unterschied zwischen dem Liegend- und

Tabelle 4: Granulometrische Parameter von Proben der Sandgrube Landhausen (in Phi-Werten gerechnet;  $\bar{x}$  = mean;  $\sigma$  = Standardabweichung;  $\alpha_3$  = Momentkoeffizient der Schiefe).

Probe	$\bar{x}$	$\sigma$	$\alpha_3$
01	2,971	1,021	-0,012
02	1,539	1,640	0,998
03	2,350	1,144	0,904
04	2,425	1,239	0,030
05	2,998	0,947	0,679
06	0,040	2,096	0,836
07	3,210	1,038	-0,698
08	0,579	1,786	0,943
09	2,800	1,540	0,516
10	0,681	1,878	0,836
11	2,396	2,136	0,585
14	0,608	2,248	0,991
15	2,100	2,698	0,172



**Landhausen**

Abb. 21: Lithologie und biogener Inhalt der Sandgrube Landhausen.

dem Hangendbereich der Grube Landhausen. Die relativ feinkörnige liegende Schichtfolge hat mit Ausnahme von gröberen dünnen Einschaltungen Werte zwischen 2,3 Phi und 3,2 Phi. Im Gegensatz dazu steht der hangende Teil, wo Horizonte mit einer mittleren Korngröße zwischen 0 Phi und 1 Phi vorherrschen.

Ebenso deutlich ist der Unterschied in der Sortierung zu sehen. Hier überwiegen im Liegendbereich "moderately sorted" Sedimente. Ab dem Horizont 7 nimmt die Sortierung gegen das Hangende kontinuierlich bis zu "extremely poorly sorted" Sedimenten ab.

Die Schiefe zeigt dagegen keinen so deutlichen Trend. Bis auf wenige Ausnahmen liegen die Werte

durchwegs zwischen 0 Phi und 1,0 Phi. Vereinzelt findet man Proben mit negativen Schiefewerten.

**CM-Norm**

Wie bei den bisher besprochenen Gruben bilden die Probestellen im CM-Diagramm auch hier ein den Küstensedimenten entsprechendes Feld (vgl. Abb. 24).

Dabei liegen die Grobsedimente des Hangendbereiches (8, 10, 11, 14, 15) durchwegs in der Klasse I, womit auf einen hauptsächlich rollenden Transport dieser Sedimente hingewiesen wird. Vereinzelt findet man auch etwas größere Lagen des Liegendbereiches (2, 6) in dieser Klasse. Der Großteil der feineren Liegendsedimente

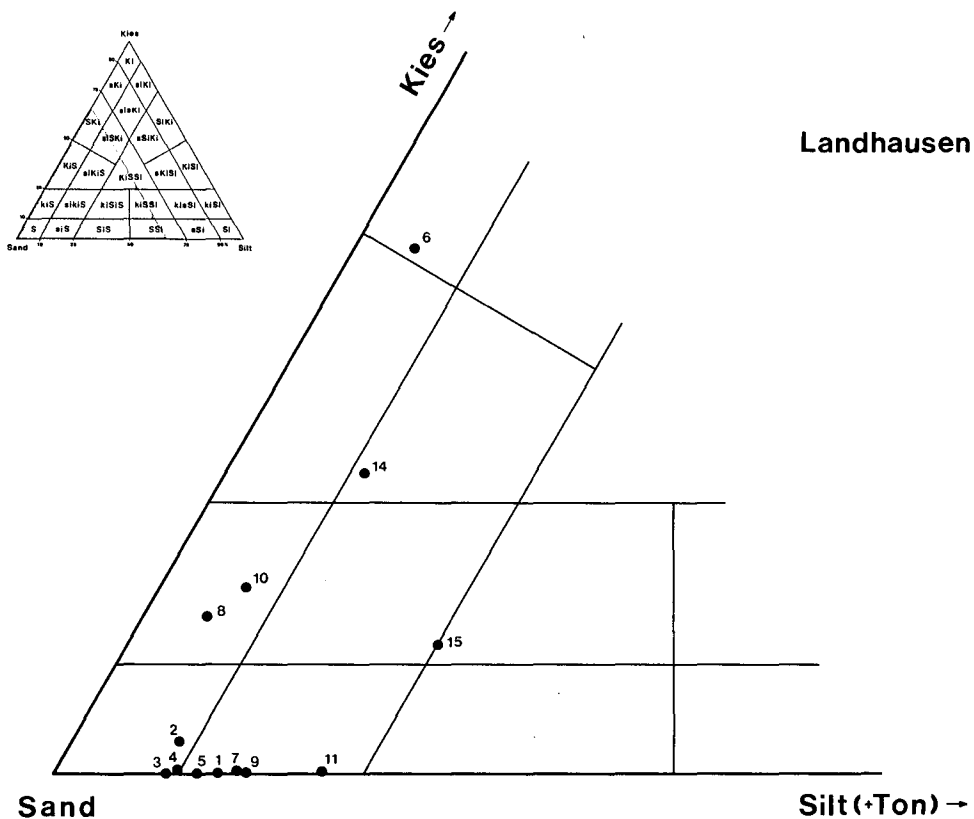


Abb. 22: Die Proben der Sandgrube Landhausen im Benennungsdiagramm Kies-Sand-Silt.



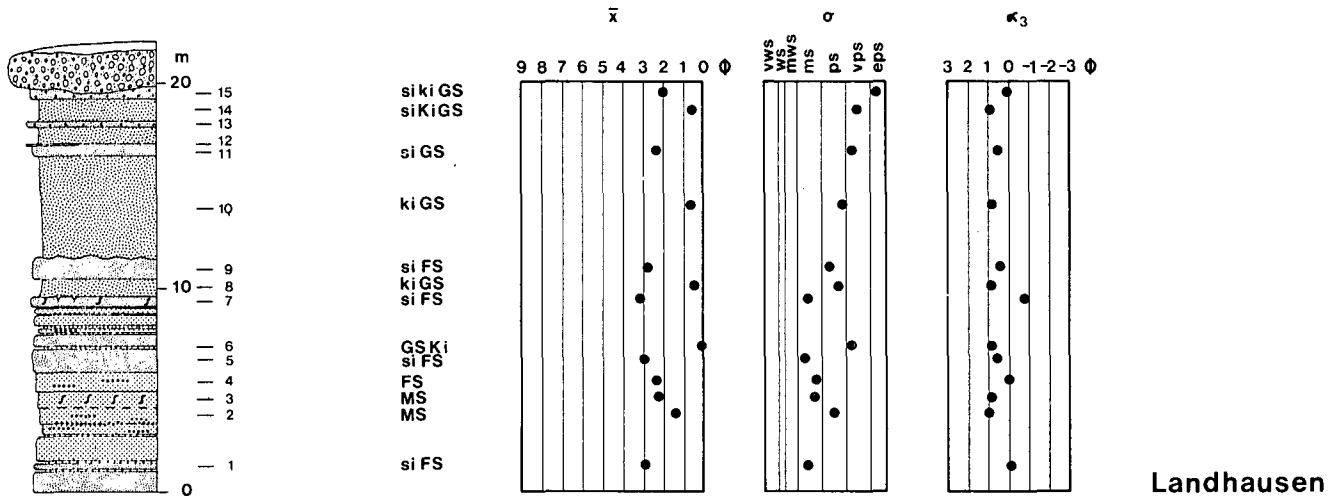


Abb. 23: Sedimentbenennung und Parameterverteilung im Profil Landhausen.

mente (1, 3, 4, 5, 7, 9) wurde jedoch sowohl rollend als auch in Suspension im mittel- bis hochenergetischen Bereich transportiert, da die meisten Proben in der Zone P-Q in den Klassen II, IV und V zu finden sind.

dungs- bis Brecherzone abgelagerten Sedimente haben eine etwas bessere Rundung (subangular-angular) als die hangenden Grobsedimente der Übergangszone (angular-very angular).

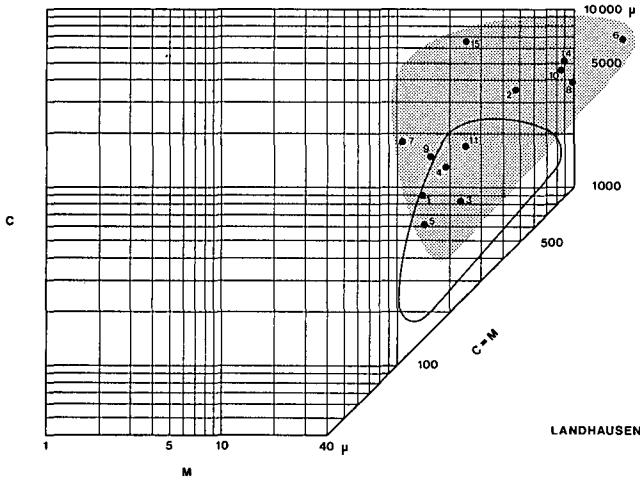


Abb. 24: Die Proben der Sandgrube Landhausen im CM-Diagramm [umrandetes Feld: Bereich der Küstensedimente von Ostflorida (nach R. PASSEGA, 1957)].

#### Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz

Auf Grund der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz kann man als Ablagerungsraum der liegenden Sedimente der Grube Landhausen (1, 2?, 3, 4?, 5, 7) den energiebetonten Küstenbereich, also die Brandungs- bis Brecherzone annehmen (G. S. FISHER, 1969). Typisch für diesen Bereich sind auch die kleinen Schrägschichtungen, groben Linsen und groben Zwischenlagen (6). Nicht eindeutig interpretierbare Kurven (z. B. Probe 4) sind wahrscheinlich auf die Zusammenfassung solcher Wechsellagerungen zu einer Probe zurückzuführen. Ab dem Horizont 8 findet man wieder, ähnlich wie im Hangendbereich der Grube Winzing Kurven, die denen von aufgearbeiteten Sedimenten von submarinen Sandbänken der Übergangszone ähnlich sind (K. H. SINDOWSKI, 1957).

#### Rundungsgrad

Ein geringfügiger Unterschied zwischen Liegend- und Hangendteil der Grube ist auch im Rundungsgrad der Sande zu bemerken. Die wahrscheinlich in der Bran-

#### Fazielle Aussagen des biogenen Inhalts der Sedimente der Grube Landhausen

Neben den faziell nicht besonders aussagekräftigen Holzresten mit Bohrspuren von *Teredo* findet man vor allem in den liegenden Sedimenten Grabgänge vom Typ *Ophiomorpha*, die übereinstimmend mit den sedimentpetrologischen Aussagen für eine Ablagerung im unmittelbaren Küstenbereich sprechen. Einen Hinweis auf die relativ rasch wechselnde Sedimentationsgeschwindigkeit geben die Fluchtspuren (*Ophiomorpha* mit Nachfalltrichter) aus dem feinsandigen Horizont 7 in den darüberliegenden, wahrscheinlich sehr rasch abgelagerten Grobsandhorizont 8.

Aus den Untersuchungsergebnissen ergibt sich folgende Faziesentwicklung für die Grube Landhausen:

Die Schichtfolge in der Sandgrube beginnt vermutlich oberhalb der in anderen Gruben festgestellten Regressionsphase.

Die Sedimente im Liegenden des Profils sind wahrscheinlich Ablagerungen mit transgressivem Charakter aus der Brandungs- bis Brecherzone mit den typischen sedimentären und biogenen Merkmalen dieses Bereiches (Schrägschichtungen, grobe Lagen und Linsen, *Ophiomorpha*).

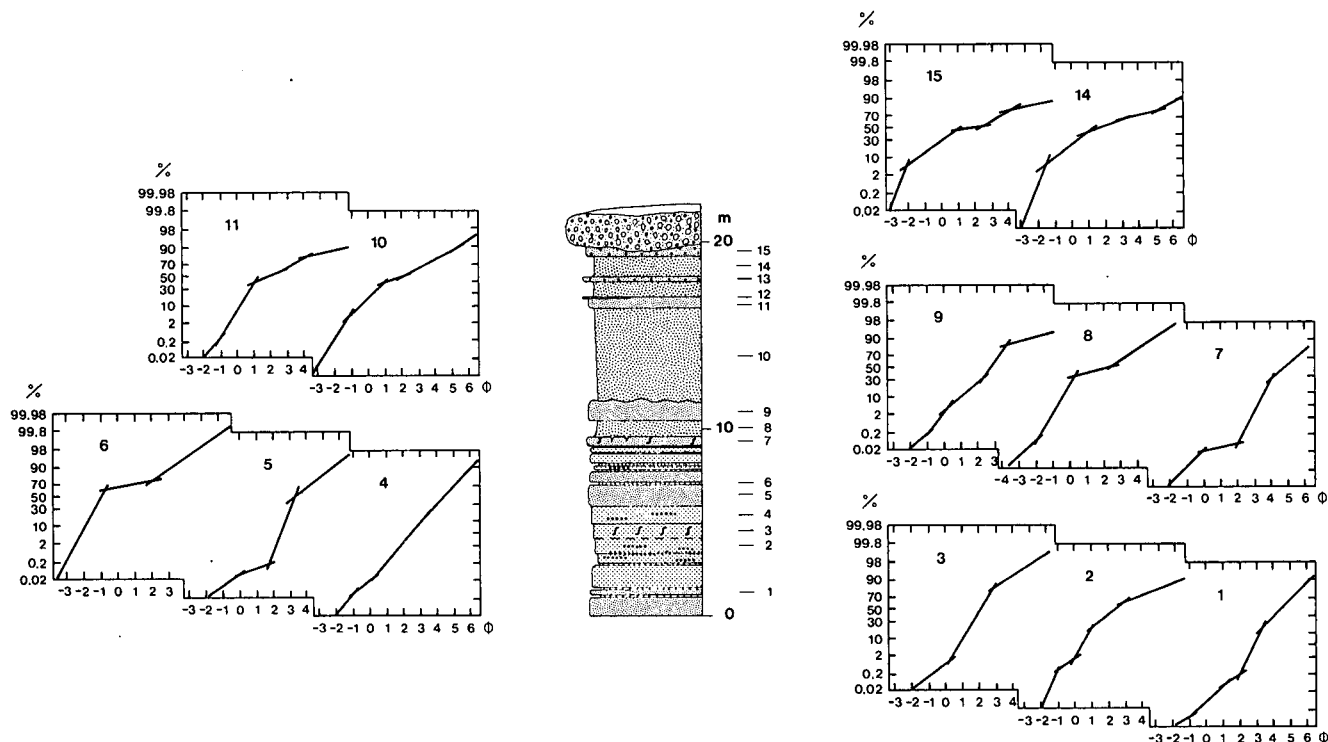
Mit weiterem Vorstoß des Meeres wird im Hangenden der Grube der Übergangsbereich und Schelf erreicht, wo auf submarinen Sandbänken grobe und schlecht sortierte, wahrscheinlich aufgearbeitete Sande abgelagert werden.

Der schlechte Rundungsgrad der Sedimente läßt wiederum eine rasche Ablagerung und/oder einen kurzen Transportweg vermuten.

#### 4.5. Sandgrube Großrust

##### Profilbeschreibung

Das Liegende der in der Grube Großrust anstehenden Sedimente findet man östlich des Aufschlusses in den Feldern SW Kleinrust. Hier wurden bis vor etwa zwanzig Jahren die Pielacher Tegel in zwei kleinen Tagbauen abgebaut (K. LECHNER, 1955; W. KLAUS, 1956; V. BUYANNANONTH, 1968).



### Landhausen

Abb. 25: Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz von Proben der Sandgrube Landhausen.

In der Sandgrube Großrust beginnt die Schichtfolge mit gut sortierten Feinsanden (1–2), in denen die Feinkieseinstreuungen gegen das Hangende stark zunehmen und in einem Kiesband (3) enden. Darüber lagert ein mächtiger, sehr einheitlicher, gut sortierter Mittelsand (4–6). Mit den im Hangenden folgenden Grobseimenten (7,8) beginnt eine deutliche Verschlechterung der Sortierung. Ausgehend von einem sehr schlecht sortierten Übergangsbereich folgen danach wieder feinkörnige Ablagerungen (9). Das Profil wird von Peliten vom Typ „Älterer Schlier“ (10) abgeschlossen.

Die gesamte Schichtfolge in der Grube Großrust liegt horizontal.

### Parameterverteilung

Innerhalb der sandigen Sedimente beobachtet man in der Grube Großrust vom Liegenden zum Hangenden eine kontinuierliche Vergrößerung. Die Werte von  $\bar{x}$  (mean) liegen in den Basisschichten nahe 3,0 Phi, im Mittelteil um 1,0 Phi und schließlich im Hangenden zwischen 0,6 Phi und 0,3 Phi. Die darüber folgenden pelitischen Sedimente haben eine mittlere Korngröße zwischen 5,3 Phi und 6,5 Phi.

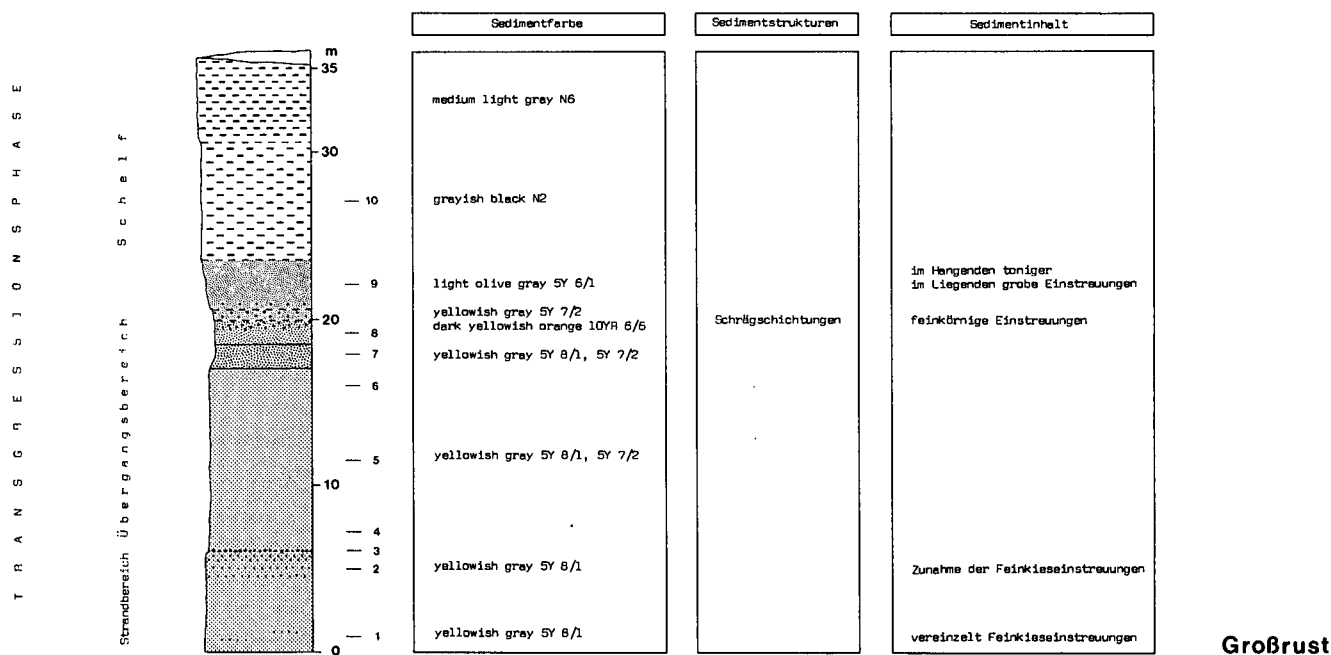


Abb. 26: Lithologie und biogener Inhalt der Sandgrube Großrust.

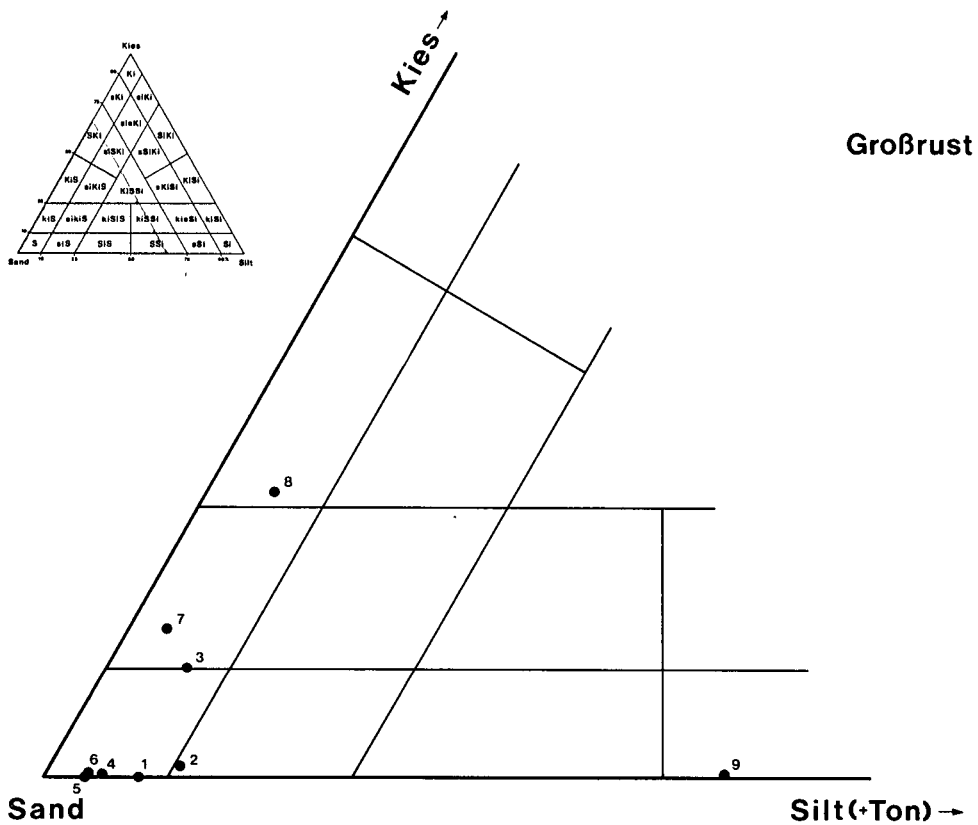


Abb. 27: Die Proben der Sandgrube Großbrust im Benennungsdreieck Kies-Sand-Silt.

Die Sortierung der Sedimente nimmt in den liegenden Fein- und Mittelsanden zuerst leicht ab (meist "moderately sorted"), verschlechtert sich in den darüber folgenden Grobsanden und Siltfeinsanden rasch sehr stark (bis zu "extremely poorly sorted") und wird in den hangenden pelitischen Sedimenten wieder etwas besser (very poorly sorted).

Die Schiefe ändert sich innerhalb der liegenden Feinsande relativ rasch von +0,5 Phi zu -1,0 Phi. In dem darüber folgenden einheitlichen Mittelsand liegt  $\alpha_3$  konstant bei +1,2 Phi bis +1,3 Phi. In den Grobsanden hat die Schiefe wieder Werte zwischen +0,7 Phi und +1,0

Phi und schließlich in den hangenden pelitischen Sedimenten um 0 Phi.

#### CM-Norm

Im CM-Diagramm liegen die Probepunkte der sandigen Sedimente wiederum in einem Feld, das den Küstensedimenten entspricht (vgl. Abb. 29).

Dabei fällt der Großteil der Proben (3-8) in die Klasse I, was auf einen überwiegend rollenden Transport hinweist. Auffallend ist die Gleichförmigkeit der Mittelsande 4 bis 6. Ebenfalls noch für einen hohen rollenden Anteil spricht die Lage des sehr schlecht sortierten Silt-

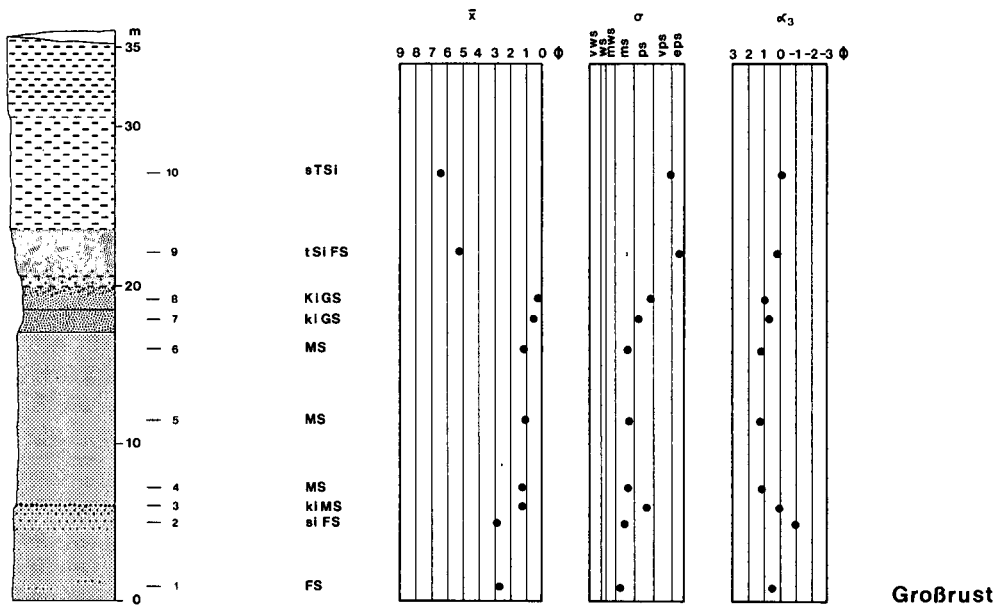


Abb. 28: Sedimentbenennung und Parameterverteilung im Profil Großbrust.

Tabelle 5: Granulometrische Parameter von Proben der Sandgrube Großrust (in Phi-Werten gerechnet;  $\bar{x}$  = mean;  $\sigma$  = Standardabweichung;  $\alpha_3$  = Momentkoeffizient der Schiefe).

Probe	$\bar{x}$	$\sigma$	$\alpha_3$
01	2,687	0,978	0,527
02	2,923	1,094	-0,988
03	1,267	1,777	0,117
04	1,273	1,201	1,221
05	1,119	1,214	1,344
06	1,192	1,171	1,220
07	0,596	1,528	0,733
08	0,352	1,874	0,986
09	5,330	2,813	0,190
10	6,446	2,506	-0,043

feinsandes 9 in der Klasse IX. Die Feinsande des Liegendbereiches (1, 2) findet man relativ weit auseinanderliegend in den Klassen V und II. Dies bedeutet wahrscheinlich eine Energiezunahme innerhalb dieses Horizontes von einem überwiegenden Suspensions-transport zu einem rollenden Transport.

In der feinsten "uniform suspension" oder "pelagic suspension" wurden die hangenden Pelite transportiert, wie die Lage der Probe 10 in der Klasse VIII zeigt (R9 und R10; vgl. Abb. 56).

#### Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz

Durch die Aussagen der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz wird die im CM-Diagramm vermutete Energiezunahme innerhalb der liegenden, gut sortierten Feinsande bestätigt. Die Sedimentation beginnt im Liegenden im foreshore-Bereich (Spritzwasser- und Brandungszone) (1) und geht mit zunehmender Transgression in die energiebetonte Brecherzone über (2) (G. S. VISHNER, 1969).

Die Kurven der über dem Kiesband 3 folgenden Mittel- und Grobsande (4–8) sind den Kurven aus den Hangendebereichen der Gruben Winzing, Landhausen

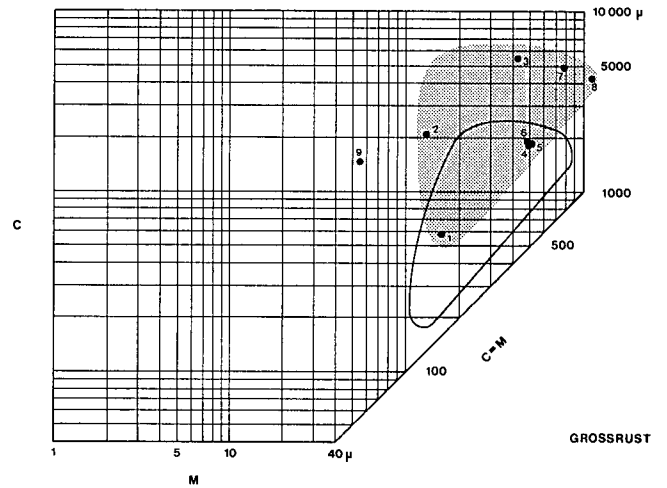


Abb. 29: Die Proben der Sandgrube Großrust im CM-Diagramm [umrandetes Feld: Bereich der Küstensedimente von Ostflorida (nach R. PASSEGA, 1957)].

und Karlstetten sehr ähnlich und weisen wiederum auf eine Ablagerung im Übergangsbereich, wahrscheinlich auf submarinen Sandbänken hin. Im Hangenden der Grube erfolgt mit den siltigen und tonigen Sedimenten (9, 10) der Übergang in den Schelfbereich (K. H. SINDOWSKI, 1957).

#### Rundungsgrad

Wie in den meisten Sanden der Melker Formation ist auch in der Grube Großrust der Rundungsgrad der sandigen Sedimente durchwegs schlecht. Die beste Rundung (subangular) findet man bei Sanden aus der Spritzwasserzone (1), einen etwas schlechteren Rundungsgrad (angular-subangular) haben die Sande aus der Brecherzone (2) und die schlechtest gerundeten Anteile (angular-very angular) die Sedimente von den submarinen Sandbänken aus dem Übergangsbereich (4–8).

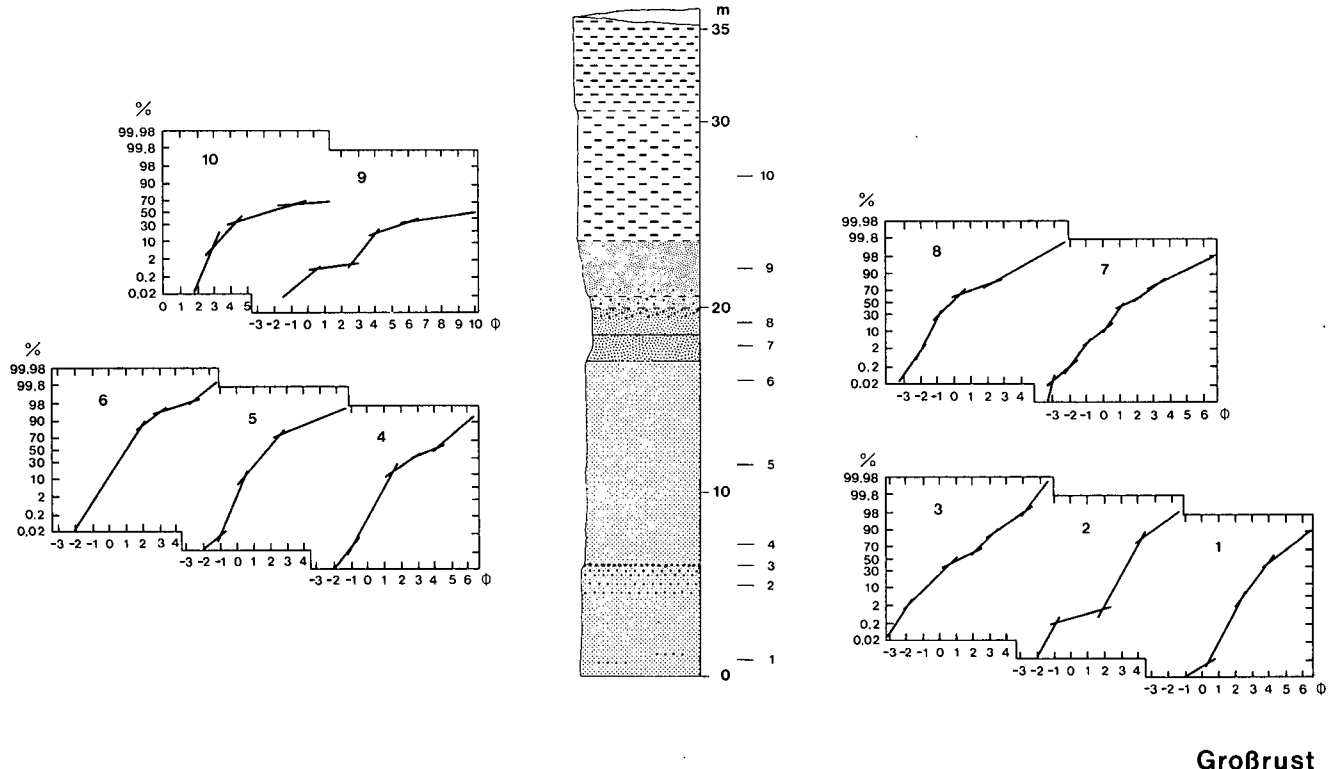


Abb. 30: Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz von Proben der Sandgrube Großrust.

## Stratigraphische Aussagen des biogenen Inhalts der Sedimente aus dem Bereich Großrust–Kleinrust

Im Rahmen des IGCP-Projektes – Tethys-Paratethys-Neogen – wurden von P. HOCHULI sowohl die Pielacher Tegel im Liegenden der Sande als auch der die Sande überlagernde Ältere Schlier palynologisch datiert.

**Kleinrust:** Halde des ehemaligen Tonabbaues S Kleinrust, Haldenmaterial (Pielacher Tegel) (coll. R. ROETZEL) – Pg. Z. 19–20a, limnisch-terrestrisch.

**Sandgrube Großrust:** Probe R 10 (coll. R. ROETZEL), Horizont 10 (Älterer Schlier) im Profil Großrust in dieser Arbeit – Ng. Z. I, warm gemäßigtes Klima.

Damit sind die von W. KLAUS (1956) und von V. BUYANNANONTH (1968) ins Oberoligozän eingestuftes Pielacher Tegel von Kleinrust ins Unter- bis Mitteloligozän zu stellen. Der im Hangenden der Sande liegende Ältere Schlier hat ein oberoligozänes Alter.

Aus den Untersuchungen ergeben sich folgende Faziesbilder im Raum Großrust:

Die Sedimentation beginnt mit pelitischen Sedimenten (Pielacher Tegel) in limnisch-terrestrischer Fazies im Unter- bis Mitteloligozän.

Anzeichen der in anderen Gruben festgestellten Transgression im Rupelien und der nachfolgenden kurzzeitigen Regressionsphase im untersten Egerien konnten im Bereich der Grube Großrust nicht festgestellt werden.

Die aufgeschlossene Schichtfolge in der hier untersuchten Grube beginnt wahrscheinlich mit der zweiten Transgressionsphase im Egerien. Sie erstreckt sich vom unmittelbaren Strandbereich (Spritzwasserzone, Brecherzone) über den Übergangsbereich mit submarinen Sandbänken bis zum Schelf. Die Ablagerung der pelitischen Schelfsedimente erfolgte noch im Oligozän (Ng. Z. I).

Wie in den meisten untersuchten Gruben sind die Sedimente durchwegs schlecht gerundet, womit auf einen kurzen Transportweg und/oder eine rasche Ablagerung hingewiesen wird.

## 4.6. Ton- und Sandgrube Karlstetten

### Profilbeschreibung

In dieser am südlichen Abhang des Wachtberges aufgeschlossenen Grube ragt im Liegenden der Sedimentfolge mit einem deutlichen Relief tiefgründig verwittertes Grundgebirge auf.

Darüber überwiegen wieder Mittel- und Feinsande mit groben Einschaltungen (2–6, 8), die von einem schlecht sortierten Kiesgrobsand (7) unterbrochen werden. Gegen das Hangende vergrößert sich die Sedimentfolge deutlich und die Sortierung nimmt rasch ab (Horizonte 9–15). Auch in diesem Profil gehen die Grobsande, die sehr oft aufgearbeitete Tongerölle enthalten im Hangenden in Pelite (Älterer Schlier) über (16).

Als jüngstes tertiäres Schichtglied lagert das mittelmiozäne Hollenburg-Karlstettener Konglomerat über den Sedimenten der Melker Formation und Älterer Schlier Formation.

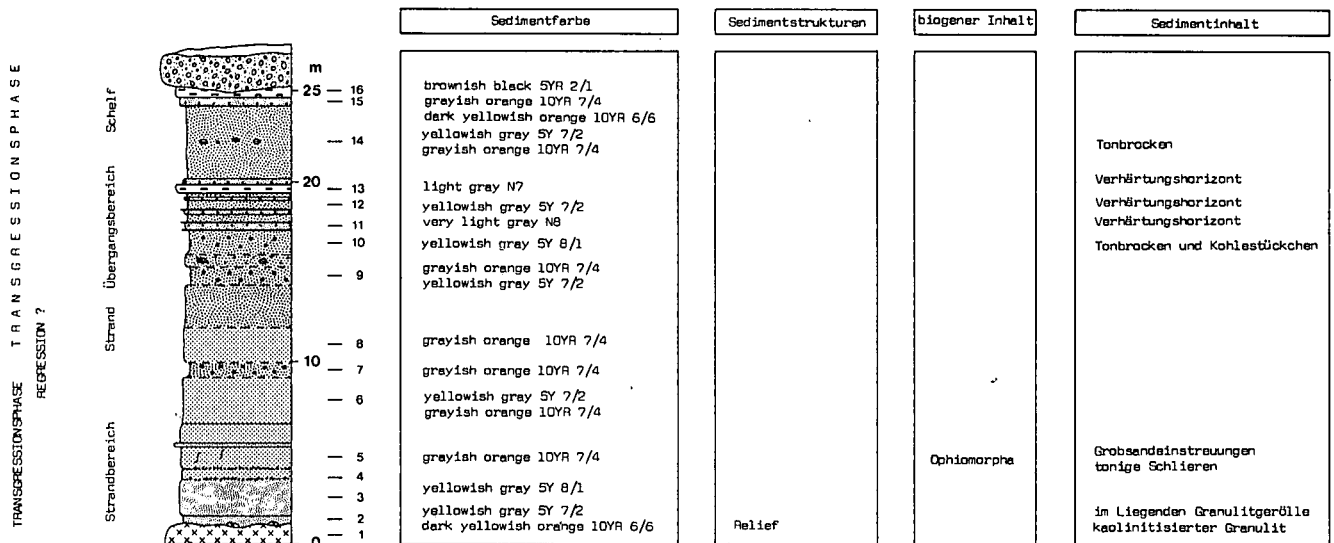
Die Schichten in der Grube Karlstetten fallen flach ( $4^{\circ}$ – $10^{\circ}$ ) gegen E (090) ein.

Die in den Sandgruben in diesem Gebiet (Karlstetten, Untermamau) eingemessenen Brüche haben meist ein mittelsteiles Einfallen ( $30^{\circ}$ – $70^{\circ}$ ) gegen SW–NW (240–320) und NE–E (030–086). Sie sind vermutlich einerseits von der Diendorfer Störung, andererseits aber auch von Kleinstörungen, die die geologische Situation in diesem Gebiet etwas komplizierter erscheinen lassen, beeinflusst.

### Parameterverteilung

Die bei der Profilaufnahme beobachtete Vergrößerung der sandigen Sedimente gegen das Hangende wird auch deutlich durch die Änderung der  $\bar{x}$ -Werte (mean) veranschaulicht.

Die Liegendsande mit einer mittleren Korngröße von 2,0 Phi bis 3,0 Phi werden im Mittelteil des Profils mit Ausnahme einer kurzzeitigen groben Schüttung (Horizont 7) von Sanden abgelöst die Werte zwischen 1,0 Phi und 2,0 Phi besitzen. Die weitere Zunahme des Grobanteils gegen das Hangende wird durch Werte



## Karlstetten

Abb. 31: Lithologie und biogener Inhalt der Ton- und Sandgrube Karlstetten.

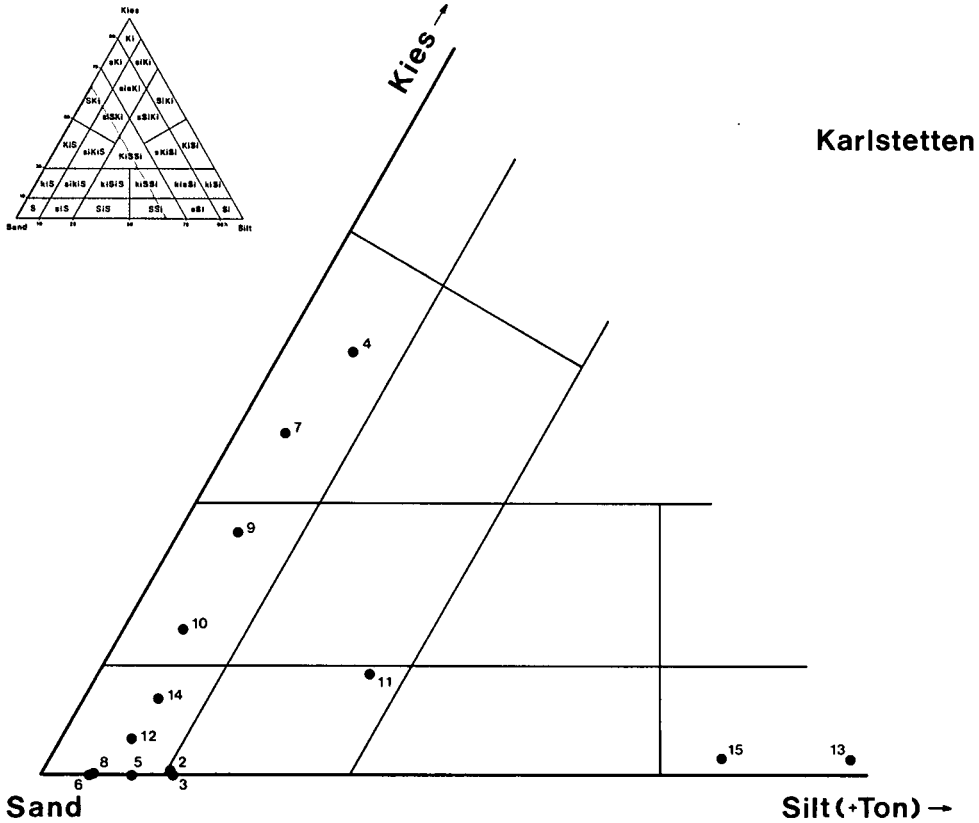


Abb. 32: Die Proben der Ton- und Sandgrube Karlstetten im Benennungsrechteck Kies-Sand-Silt.

meist zwischen 0 Phi und 1,0 Phi angezeigt. Die das oligozäne Profil abschließenden pelitischen Sedimente haben eine mittlere Korngröße von 4,5 Phi bis 6,8 Phi.

Der deutliche Unterschied zwischen Liegendem und Hangendem in der Grube Karlstetten ist auch in der Sortierung der Sedimente zu sehen. Im unteren und mittleren Teil der Schichtfolge überwiegen "moderately sorted" Sedimente. Geringmächtige "poorly sorted" und "very poorly sorted" Horizonte sind Ausnahmen. Dagegen ist der hangende Bereich der Grube durch "poorly sorted" bis "extremely poorly sorted" Ablagerungen gekennzeichnet.

Die Schiefe ändert sich im Liegendbereich des Profils Karlstetten konstant von ca. +1,3 Phi zu 0 Phi. Im Mittelteil liegt die Schiefe zwischen 1,0 Phi und 1,5 Phi. Darüber findet man wieder Werte unter 1,0 Phi, die in den Grobsanden 12 und 14 nochmals über diesen Wert steigen. Neben dem geringmächtigen Horizont 13 haben schließlich die hangenden pelitischen Sedimente eine negative Schiefe.

**CM-Norm**

Wiederum im Bereich der Küstensedimente findet man die meisten Proben im CM-Diagramm (vgl. Abb. 34).

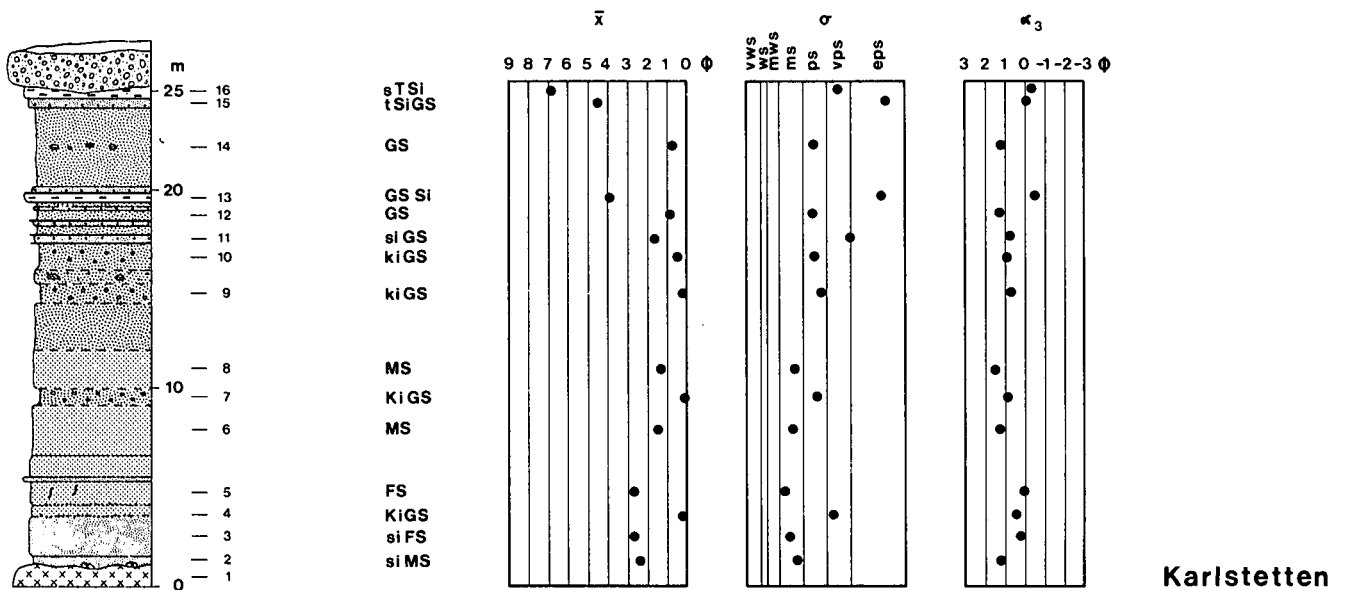


Abb. 33: Sedimentbenennung und Parameterverteilung im Profil Karlstetten.

Tabelle 6: Granulometrische Parameter von Proben der Ton- und Sandgrube Karlstetten (in Phi-Werten gerechnet;  $\bar{x}$  = mean;  $\sigma$  = Standardabweichung;  $\alpha_3$  = Momentkoeffizient der Schiefe).

Probe	$\bar{x}$	$\sigma$	$\alpha_3$
02	2,426	1,225	1,260
03	2,753	1,049	0,224
04	0,283	2,183	0,476
05	2,783	0,940	0,032
06	1,490	1,116	1,310
07	0,193	1,754	0,909
08	1,382	1,156	1,538
09	0,264	1,854	0,735
10	0,541	1,672	0,897
11	1,651	2,595	0,750
12	0,843	1,627	1,291
13	3,927	3,395	-0,426
14	0,766	1,660	1,197
15	4,558	3,501	-0,022
16	6,804	2,298	-0,308

Erneut zeigt sich der Unterschied zwischen Liegend- und Hangenteil des Profils Karlstetten. Die im tieferen Teil der Schichtfolge abgelagerten Sedimente (2, 3, 5, 6) fallen in die Klassen IV und V und wurden daher überwiegend in Suspension transportiert. Die darüber lagernden Sedimente liegen mit wenigen Ausnahmen in der Klasse I oder etwas außerhalb. Dies spricht für einen hauptsächlich rollenden Transport dieser Sande. Ebenfalls überwiegend rollend transportiert zu sein scheinen die in der Klasse IX liegenden, sehr schlecht sortierten Sedimente 13 und 15.

Der Übergang in einen niederenergetischen Bereich mit einem Transport in der feinsten "uniform suspension" oder "pelagic suspension" wird durch die Lage des hangenden Tonsilts 16 in der Klasse VIII angezeigt (KST 15 und KST 16; vgl. Abb. 56).

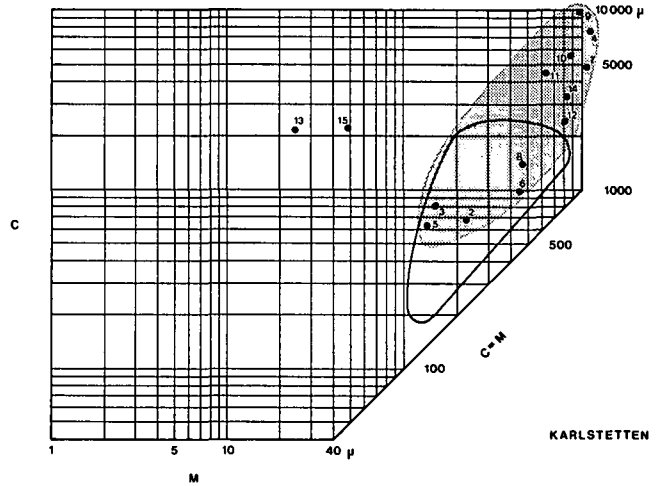


Abb. 34: Die Proben der Ton- und Sandgrube Karlstetten im CM-Diagramm [umrandetes Feld: Bereich der Küstensedimente von Ostflorida (nach R. PASSEGA, 1957)].

### Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz

Die faziellen Aussagen der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz stimmen mit denen der Gruben Winzing, Landhausen und Großrust weitgehend überein. Im Liegendbereich (2, 3, 5) fand die Ablagerung der Sedimente vermutlich im Küstenbereich (Spritzwasser- bis Brecherzone) statt (G. S. VISHNER, 1969).

Die in den meisten Gruben um den Wachtberg nur unendlich feststellbare Regressionsphase ist auch in dieser Grube nicht genau festlegbar. Sie könnte im Profil Karlstetten mit dem schlecht sortierten Horizont 7 einsetzen.

Danach wird wieder im Strandbereich (Brandungszone?) (8) sedimentiert. Mit zunehmender Transgression

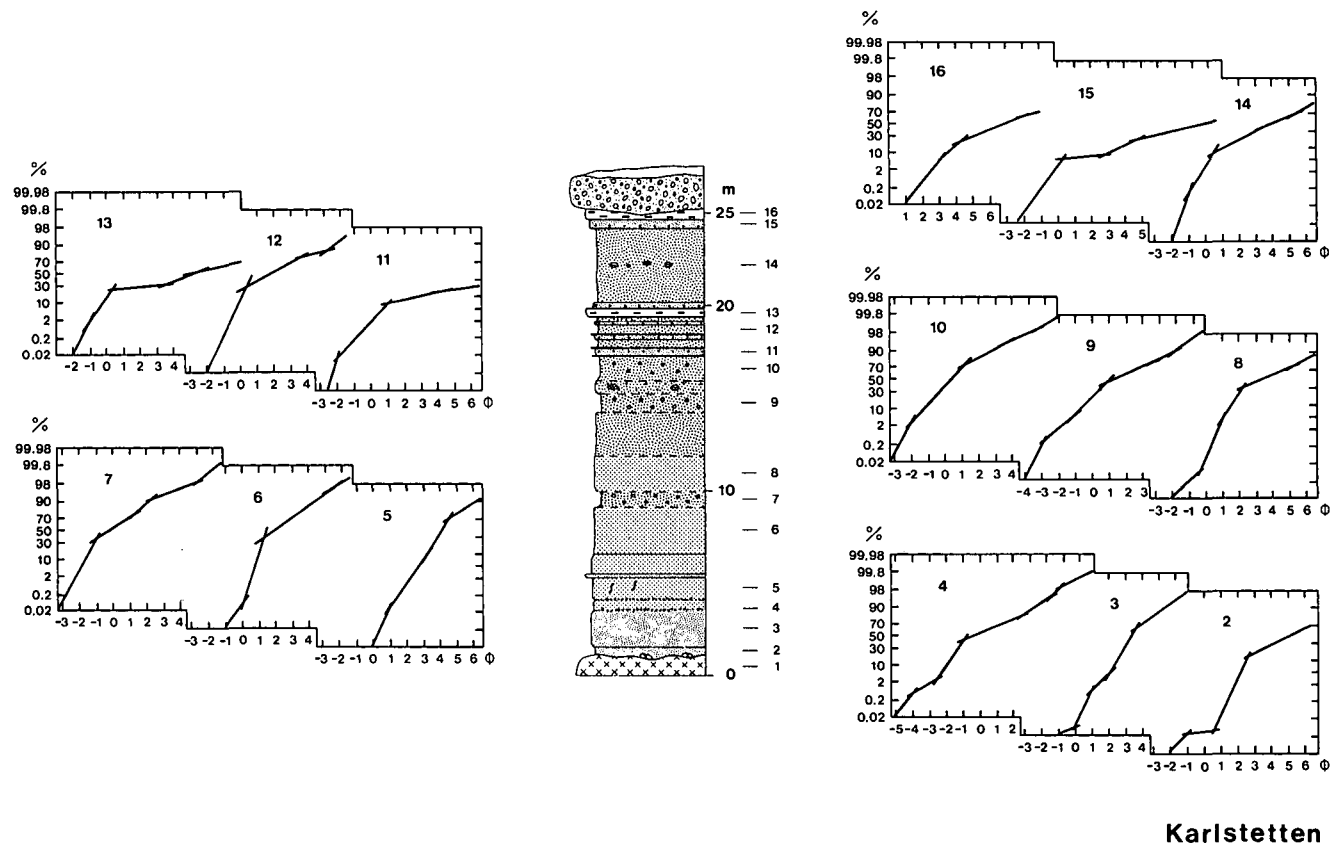


Abb. 35: Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz von Proben der Ton- und Sandgrube Karlstetten.

erfolgt gegen das Hangende wahrscheinlich die Ablagerung in der Übergangszone. Am ehesten können die Kurven der Horizonte 9 bis 15 wie im Hangenden aller Gruben im Gebiet um den Wachtberg mit Kurven von submarinen Sandbänken verglichen werden. Die hangendsten pelitischen Sedimente (16) sind wiederum Schelfablagerungen (K. H. SINDOWSKI, 1957).

### Rundungsgrad

Übereinstimmend mit den Aussagen der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz ist der Rundungsgrad im Liegenden, in den Sedimenten aus der Spritzwasser- bis Brecherzone am besten. Die Körner sind hier "subrounded" bis "subangular". In dem groben Kieshorizont 4 scheinen zwei Quarzgenerationen mit "angular" bis "very angular" und "subangular" Komponenten enthalten zu sein. Eine geringfügige Verschlechterung ist in den Horizonten 6 und 7 zu bemerken, wo die Körner "angular" bis "very angular" sind. Dagegen sind die wahrscheinlich im Strandbereich sedimentierten Mittelsande 8 "subangular" bis "angular". Die darüber folgenden schlecht sortierten Grobsande 9 und 10 haben mit "angular" bis "very angular" Komponenten wieder einen schlechteren Rundungsgrad. Im Hangenden, in den Horizonten 12 und 14 sind die Komponenten dann "subangular" bis "angular".

In der Ton- und Sandgrube Karlstetten kann man aus den Untersuchungsergebnissen folgende Faziesentwicklung ableiten:

Wie in allen um den Wachtberg untersuchten Gruben kann auch in der Sandgrube Karlstetten über dem hier anstehenden Kristallin eine Sedimentation im Strandbereich, von der Spritzwasser- bis zur Brandungszone festgestellt werden. Der Mittelteil des Profils mit etwas

schlechter sortierten und gerundeten Sedimenten entspricht möglicherweise der in anderen Gruben deutlich festlegbaren Regressionsphase. Mit der darüber folgenden Transgression beginnt die Ablagerung zuerst wieder im Strandbereich, geht danach aber relativ rasch in den Übergangsbereich mit submarinen Sandbänken über. Im Hangenden wird schließlich der Schelf mit pelitischen Sedimenten erreicht.

Auch hier läßt der schlechte Rundungsgrad der Sedimente einen kurzen Transportweg und/oder eine rasche Ablagerung vermuten.

### 4.7. Sandgrube Melk

#### Profilbeschreibung

Das wohl mächtigste und einheitlichste Quarzsandvorkommen in Niederösterreich befindet sich am Wachtberg bei Melk.

Die gesamte Schichtfolge besteht großteils aus Feinsanden, die nur vereinzelt von siltigen Feinsanden (6, 17) und schrägschichteten Mittelsanden (12, 14-15) unterbrochen werden.

Im Liegenden ist unter einem 5 cm bis 7 cm mächtigen Kohle- und Kohletonhorizont in einem auffallend weißgrau gefärbten Feinsand (1-2) ein ca. 0,5 m mächtiger Wurzelhorizont erhalten. Über dem Flöz folgen, eingebettet in sehr gut sortierte Feinsande (4-8) mehrere Molluskenschillhorizonte mit nur mehr in Umrissen erhaltenen Individuen. Diese Feinsande wechseln mit tonig-siltigen Lagen und grobsandig-kiesigen Einschaltungen.

In dem darüber folgenden Feinsandhorizont (9), der sehr reich an biogenem Inhalt ist, sind die ausschließlich in diesem Horizont vorkommenden kugelförmigen

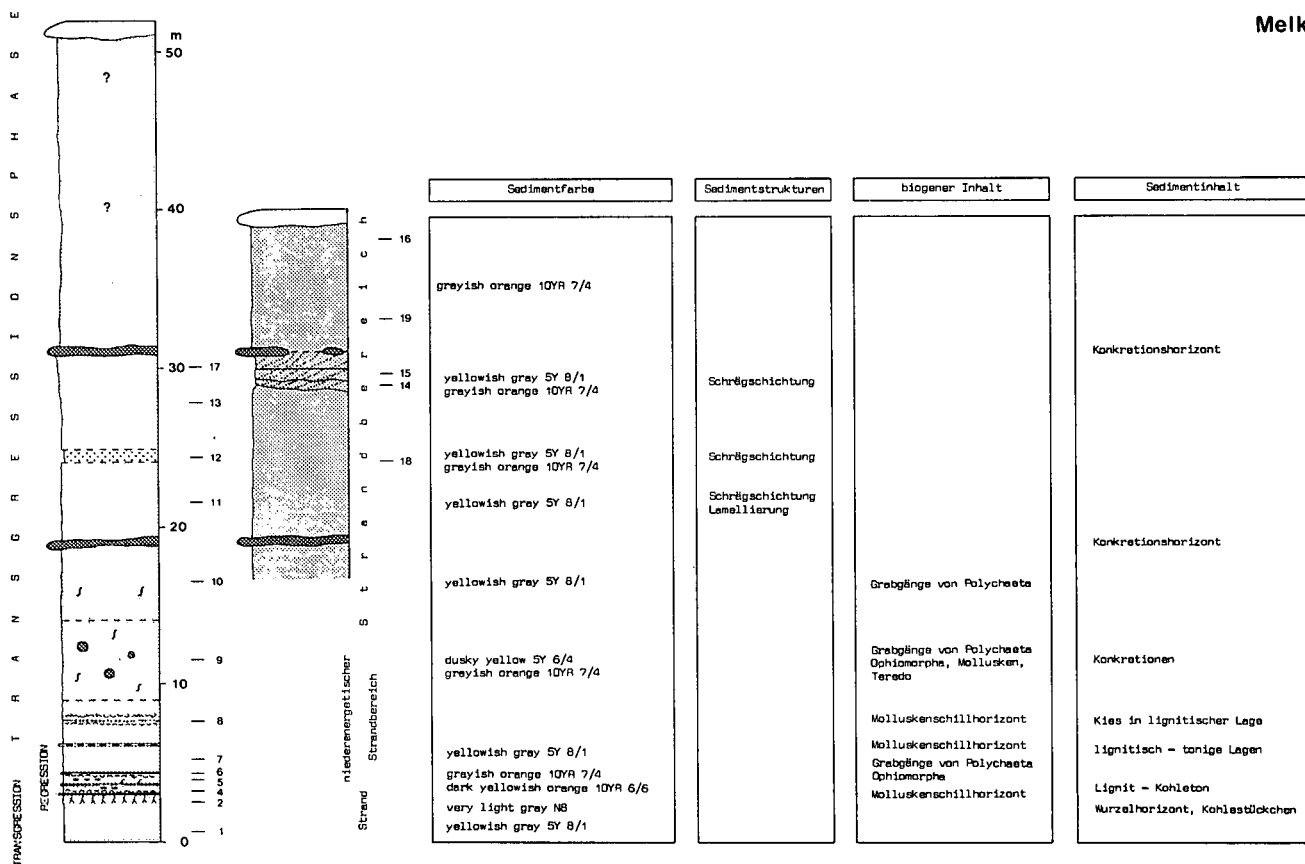


Abb. 36: Lithologie und biogener Inhalt der Sandgrube Melk.



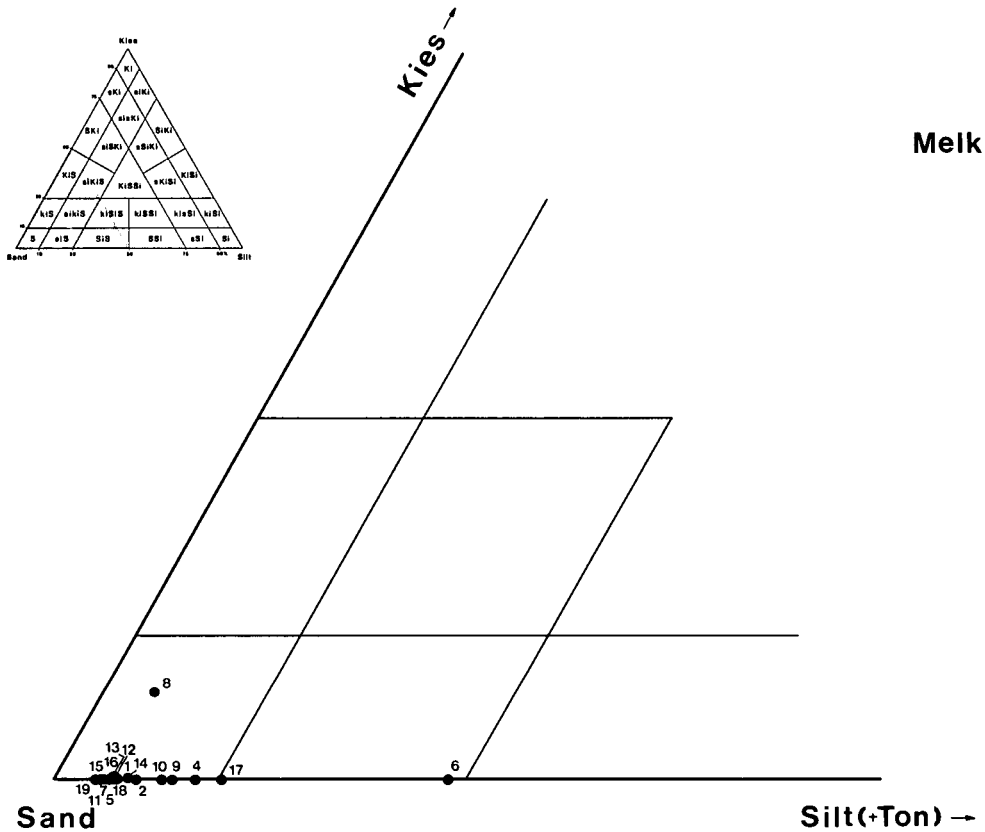


Abb. 37: Die Proben der Sandgrube Melk im Benennungsdreieck Kies-Sand-Silt.

Konkretionen mit einem Durchmesser bis 60 cm auffallend. Die weitere Schichtfolge wird durch zwei 50 cm bis 80 cm mächtige, sehr massive Konkretionshorizonte unterbrochen, in deren Nähe sehr oft ein mit dunklen, nicht eindeutig identifizierbaren Komponenten durchsetzter Bereich beobachtet werden konnte. Wahrscheinlich handelt es sich dabei um organogene Anteile, die bei der Konkretionsbildung beteiligt sind. Das Hangende der Grube konnte zur Zeit der Geländeaufnahme auf Grund der Aufschlußverhältnisse noch nicht vollständig bis oben hin beprobt werden, besteht aber grundsätzlich aus einheitlichem Feinsand.

Im gesamten Profil liegen die Schichten horizontal. Das Einfallen der in dieser Grube eingemessenen Brüche ist großteils steil bis mittelsteil (60°–85°) gegen NNW (340–350) und S–SE (140–188) und wahrscheinlich mit der in unmittelbarer Nähe NE–SW verlaufenden Hauptstörung der Diendorfer Störungsschar in Verbindung zu bringen.

#### Parameterverteilung

Bereits die Werte von  $\bar{x}$  (mean) der Sedimente der Grube Melk lassen die Feinkörnigkeit und Gleichförmigkeit dieser Sande erkennen. Bis auf wenige Ausnahmen liegt die mittlere Korngröße im gesamten Profil zwischen 2,0 Phi und 3,0 Phi. Werte  $>3,0$  Phi haben nur dünne siltige Zwischenlagen (6). Etwas unter 2,0 Phi fallen die schräggeschichteten Mittelsande 12 und 15 zwischen den beiden Konkretionshorizonten.

Die Sortierung der Sande ist durchwegs gut. Bis auf wenige geringmächtige siltige und grobsandige Einschaltungen sind die Sedimente "moderately well sorted" bis "moderately sorted".

Auffallend hohe Schiefewerte zwischen +1,0 Phi und +3,0 Phi sind eine weitere Besonderheit der Sedimente

Tabelle 7: Granulometrische Parameter von Proben der Sandgrube Melk (in Phi-Werten gerechnet;  $\bar{x}$  = mean;  $\sigma$  = Standardabweichung;  $\alpha_3$  = Momentkoeffizient der Schiefe).

Probe	$\bar{x}$	$\sigma$	$\alpha_3$
01	2,488	0,724	2,258
02	2,653	0,730	2,689
04	2,785	0,794	2,415
05	2,535	0,693	2,657
06	3,422	1,419	1,160
07	2,569	0,699	2,423
08	2,235	1,398	-1,616
09	2,773	0,775	1,665
10	2,911	0,735	1,701
11	2,536	0,637	2,455
12	1,720	1,037	1,543
13	2,487	0,731	1,542
17	2,862	0,842	2,117
18	2,531	0,717	1,951
14	2,111	0,992	1,472
15	1,914	0,878	1,635
19	2,574	0,551	2,517
16	2,587	0,648	2,999

der Grube Melk. Eine Ausnahme mit einer negativen Schiefe ist nur die siltig-grobsandige Lage 8.

#### CM-Norm

Im CM-Diagramm liegen fast alle Probenpunkte dicht gedrängt im Feld der Küstensedimente (vgl. Abb. 39).

Als einziges, vorwiegend rollend transportiertes Sediment liegt die Probe 8 in der Klasse I. Die restlichen Proben sind ausschließlich in den Klassen IV und V zu finden. Dabei wurden die schräggeschichteten Mittelsande 12, 14 und 15 in der Klasse IV wahrscheinlich in "graded suspension" im hochenergetischen Bereich

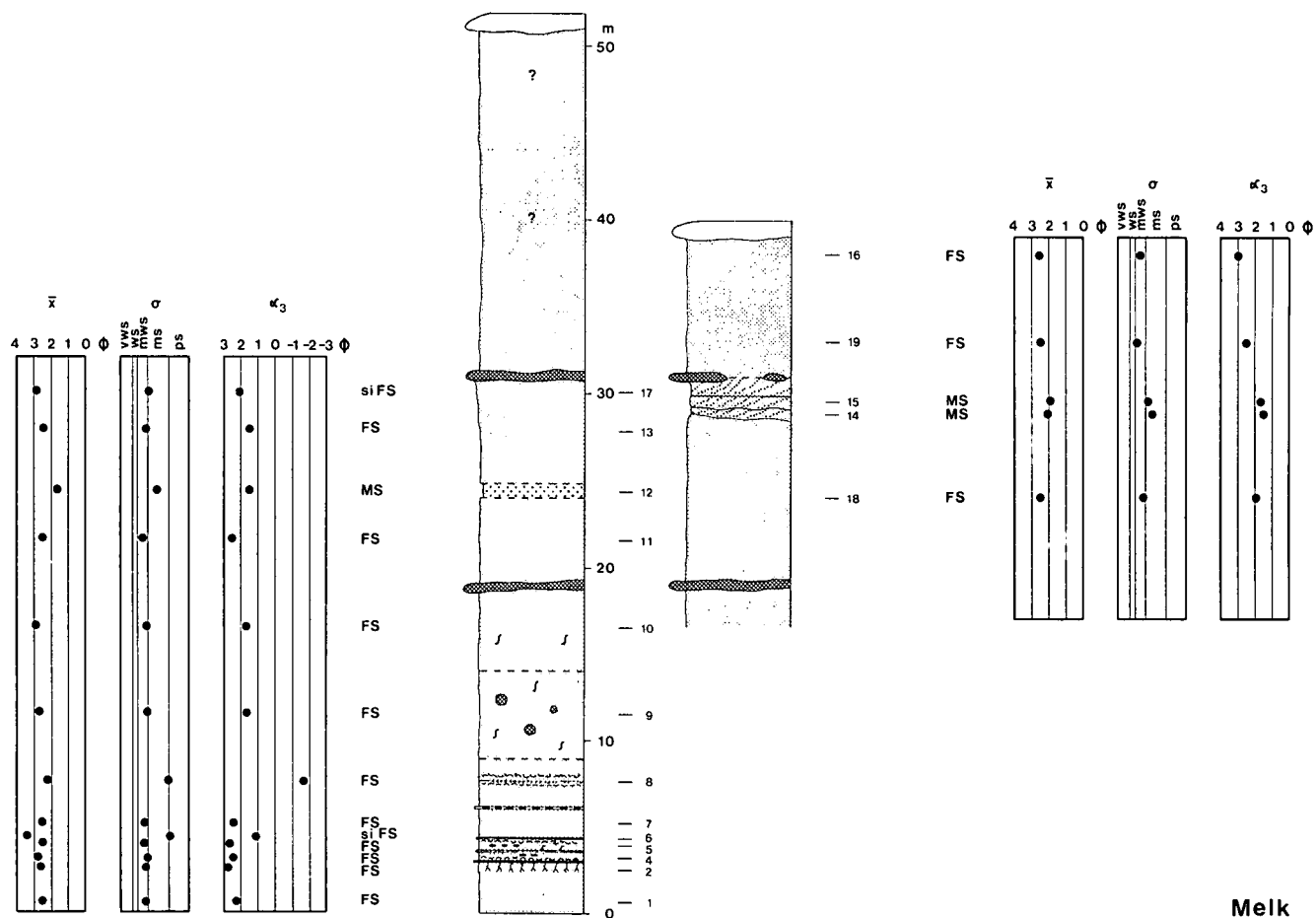


Abb. 38: Sedimentbenennung und Parameterverteilung im Profil Melk.

transportiert. Alle anderen in der Klasse V, meist im Bereich der Zone P–Q oder knapp darunter liegenden Proben sind eher dem mittleren Energiebereich mit hauptsächlich Suspensionstransport und nur einer geringen rollenden Komponente zuzuordnen.

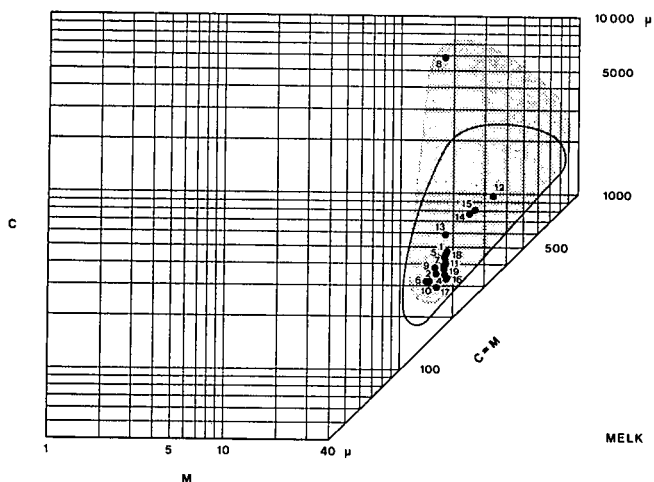


Abb. 39: Die Proben der Sandgrube Melk im CM-Diagramm [umrandetes Feld: Bereich der Küstensedimente von Ostflorida (nach R. PASSEGA, 1957)].

#### Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz

Die Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz der Sedimente aus der Grube Melk können alle eindeutig dem unmittelbaren Küstenbereich zugeordnet werden.

Ausgehend von einer Sedimentation in der Brecherzone (1) erfolgt nach einer Regression [Spritzwasserzone (2), danach Wurzelhorizont und Kohleton] die Ablagerung der Horizonte 4 bis 10 in der Spritzwasserzone (G. S. VISHNER, 1969). Etwas höhere Anteile an der Suspensionsfracht oberhalb des Kohletonhorizontes lassen geringere Strömungsgeschwindigkeiten nach der Regressionsphase vermuten. Vereinzelt findet man in diesem Liegendbereich auch Sedimente aus der Brecherzone (8).

Der darüber folgende Konkretionshorizont ist, wie auch der zweite Konkretionshorizont auf größere organogene Anreicherung zurückzuführen und wahrscheinlich ein Hinweis auf kurzzeitige geringere Sedimentationsraten.

Ein kurzer lokaler Vorstoß des Meeres scheint oberhalb des ersten Konkretionshorizontes erfolgt zu sein, da die Kornsummenkurve des Horizontes 11 eine Ablagerung in der Brecherzone anzeigt. Die Bereiche 12 und 13 liegen dagegen bereits wieder in der Brandungszone und der Horizont 17 in der Spritzwasserzone.

Sehr deutlich sind auch die lateralen Unterschiede der Ablagerungsbereiche mit verschiedenen Energieverhältnissen in diesem Teil des Profils zu erkennen. Während in der N-Wand Ablagerungen der Brandungszone (12, 13) aufgeschlossen sind, sind in gleicher Höhe in der S-Wand Sedimente der Brecherzone (18, 14) zu finden. Mit dem Übergang gegen das Hangende in die Spritzwasserzone in der N-Wand (17) ändert sich auch der Ablagerungsbereich in der S-Wand, wo man in diesem Niveau Sedimente der Brandungszone (15)

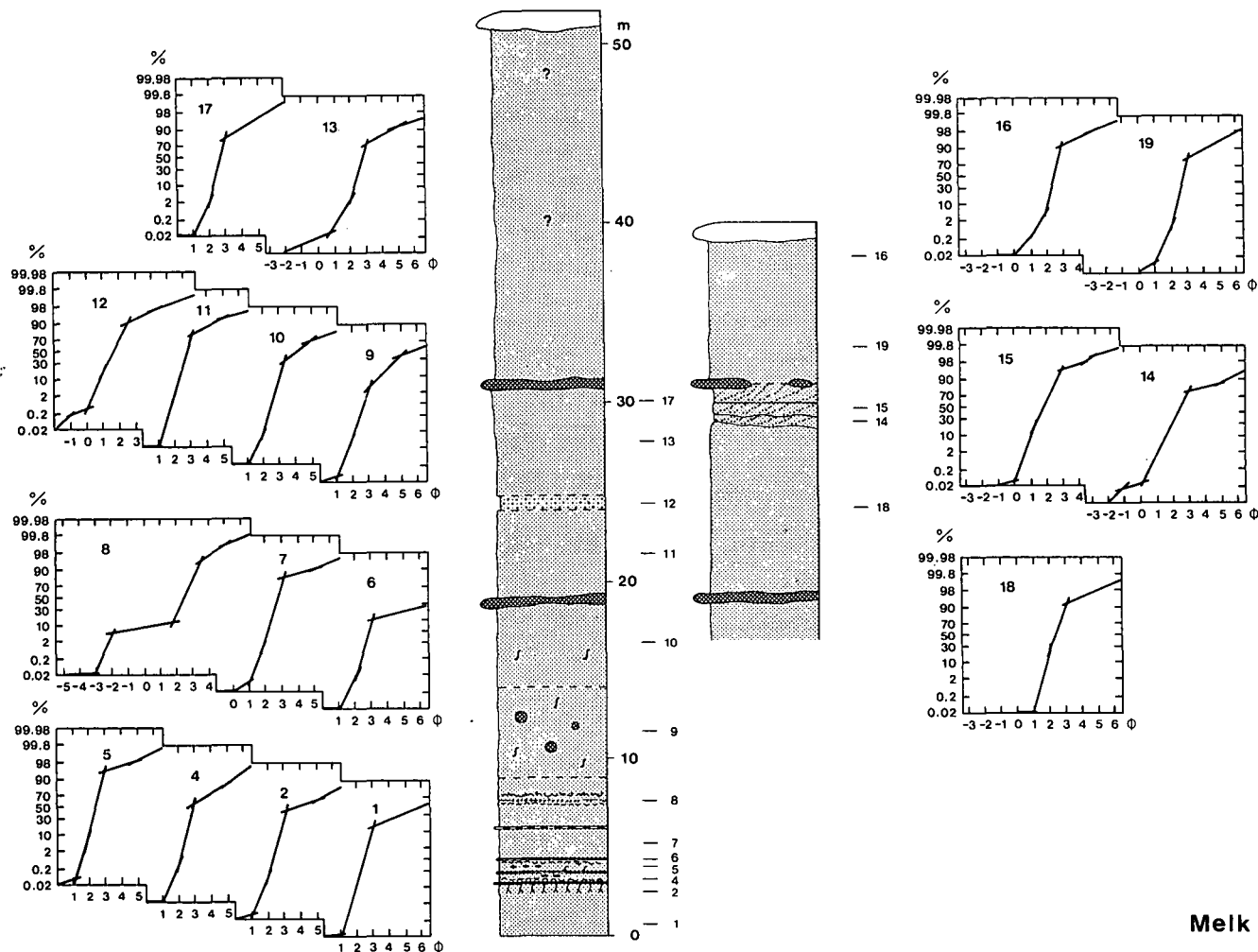


Abb. 40: Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz von Proben der Sandgrube Melk.

findet. Darüber lagern wieder Feinsande aus der Spritzwasserzone (19, 16).

#### Aussagen der Schiefe

Wie bereits erwähnt, sind die Werte der Schiefe bei den Sedimenten dieser Grube bemerkenswert hoch. Ähnlich hohe Werte zwischen 2,0 Phi und 3,0 Phi konnten in anderen untersuchten Gruben nur in Sedimenten festgestellt werden, deren Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz ebenfalls für eine Ablagerung in der Spritzwasserzone und Brecherzone sprechen. Schiefewerte zwischen 2,0 Phi und 3,0 Phi scheinen daher in den Melker Sanden ein Charakteristikum für diese Faziesbereiche zu sein. Die Daten von rezente Sedimenten aus dem Bereich "Swash-Berm-Dune" von G. M. FRIEDMAN (1979) stimmen jedoch mit diesen Schiefewerten nicht überein.

#### Rundungsgrad

Obwohl die Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz für eine Ablagerung im foreshore-Bereich sprechen, ist der Rundungsgrad der Sedimente schlecht. Die Komponenten sind durchwegs "subangular" bis "very angular". Nur vereinzelt ist ein besserer Rundungsgrad (subrounded) zu finden. Die schlechteste Rundung kann man in dem wahrscheinlich aus der Brecherzone stammenden Feinsand (1), unterhalb des Wurzelhorizontes feststellen (angular – very angular). Danach ist in den über dem Kohleton folgenden Sanden der Rundungsgrad deutlich besser (subangular –

angular – subrounded), nimmt jedoch oberhalb des ersten Konkretionshorizontes ab der Probe 11 wieder allgemein ab (angular – very angular).

#### Feldspatverteilung

Wie in den meisten anderen untersuchten Gruben überwiegt auch in den Sedimenten der Grube Melk wiederum der Kalifeldspat gegenüber dem Plagioklas im gesamten Profil. Weiters kann auch hier die deutliche Zunahme des Feldspatgehaltes vom Liegenden zum Hangenden beobachtet werden. Sedimente aus der Brecherzone (1, 11) haben einen etwas geringeren Feldspatgehalt als die aus der Spritzwasserzone stammenden Ablagerungen (Interpretation der Feldspatverteilung: Kap. 5).

#### Schwermineralverteilung

Äußerst gering ist der Schwermineralgehalt der Proben der Grube Melk. Dieser liegt immer zwischen 0,03 % und 0,4 %.

Der Anteil opaker Gemengteile am Schwermineralspektrum ist recht unterschiedlich. Er reicht von ca. 9 % (7) bis ca. 32 % (9).

Sehr homogen ist dagegen der Anteil durchsichtiger Gemengteile am Schwermineralspektrum. Das Hauptmineral ist dabei immer Granat neben Staurolith, Disthen und Turmalin. Im Horizont 1 kommt zusätzlich noch Epidot mit größerer Häufigkeit dazu (Interpretation des Schwermineralspektrums: Kap. 6).

Melk

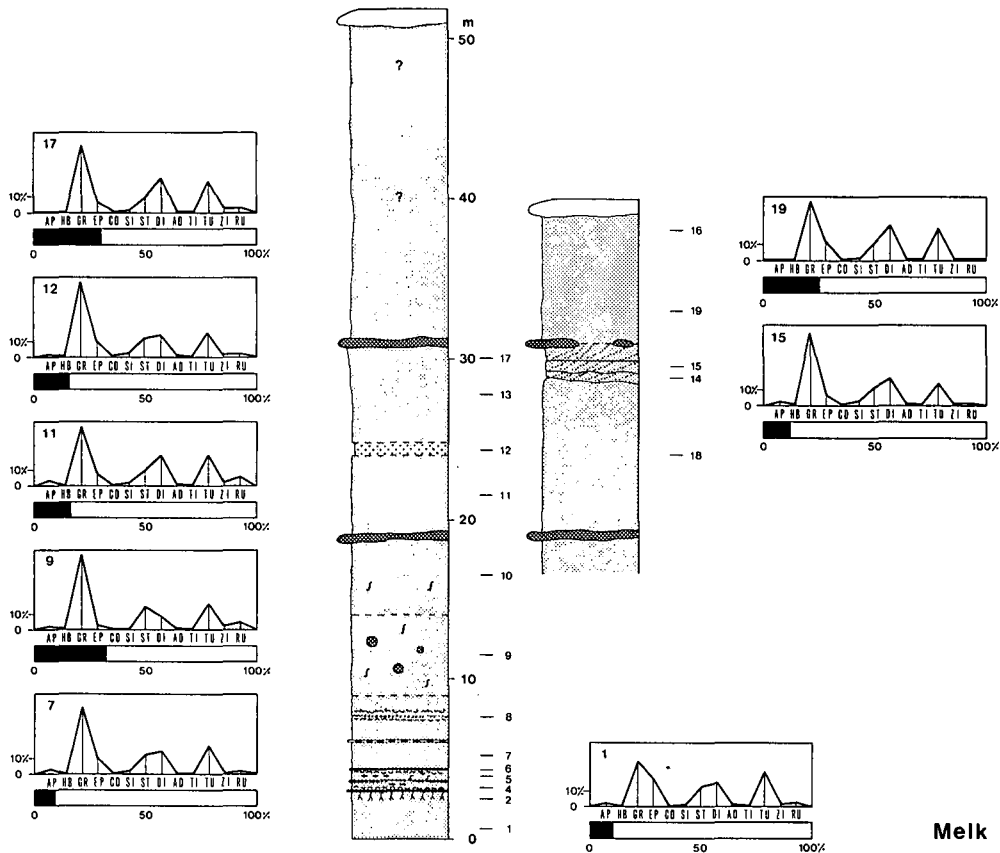


Abb. 41: Die Schwermineralverteilung in der Sandgrube Melk.

#### Fazielle und stratigraphische Aussagen des biogenen Inhalts der Sedimente im Raum Melk

In der Grube Melk findet man zahlreiche biogene Reste, die einen Hinweis auf die Fazies geben können.

Der im Liegenden der Grube zu beobachtende Wurzelhorizont (2) mit einer darüber folgenden Kohletonlage läßt am ehesten eine Seichtwasserfazies vermuten.

In dem Molluskenschillhorizont 4 wurde eine statistische Untersuchung über die Einregelung der Klappen durchgeführt. Dabei konnte festgestellt werden, daß 25 % doppelklappig, 70 % der Einzelklappen mit der Wölbung nach unten und nur 50 % mit der Wölbung nach oben eingebettet sind. Experimentelle Untersuchungen von E. FUTTERER (1978) zeigen, daß die Einregelung mit der Wölbung nach unten die erste und empfindlichste Reaktion auf Strömung ist. Diese Einregelungsart erfordert eine sehr geringe Strömungsgeschwindigkeit (nach E. FUTTERER, 1978: 8,2–19,2 cm pro sec.). Auch die große Anzahl doppelklappig erhaltener Individuen läßt auf eine nicht sehr hohe Strömungsgeschwindigkeit schließen.

Zahlreiche Grabgänge von *Polychaeta*, besonders in den Horizonten 9 und 10 sprechen für eine Ablagerung dieser Sedimente im Auftauchbereich. Daneben findet man noch *Ophiomorpha*, Holzreste mit Spuren von *Teredo* und einzelne Molluskenreste. Der Großteil der ehemals in den Sanden vorhandenen Kalkschaler scheint jedoch gelöst worden zu sein und heute nur mehr in Form von Konkretionen vorzuliegen (z. B. kugelige Konkretionsbildungen um organogene Keime im Horizont 9). Die beiden Konkretionshorizonte in der Grube Melk, in denen ehemals die meisten Fossilien gefunden werden konnten, sind wahrscheinlich ehemalige Schillhorizonte.

Im Paläontologischen Institut der Universität Wien befinden sich alte Aufsammlungen von O. ABEL, A. TAU-

BER und F. STEININGER aus diesen Konkretionshorizonten. F. STEININGER konnte davon folgende Arten bestimmen: *Cardium cingulatum*, *Ostrea fimbriata*, *Arctica islandica rotundata*, *Laevicardium cf. tenuisulcatum*, *Laevicardium sp.*, *Glycymeris latiradiata*, *Glycymeris sp.* (große Form), *Mytilus cf. aquitanicus*, *Lucina sp.*, *Phacoides sp.*, *Divalinga divaricata*, *Eomiltha transversa*, *Lima sp.* (kleine Form), *Pitar cf. beyrichi*, *Cardium cf. edule* (kleine Art), *Arca sp.*, *Psammobia protracta*, *Musculus cf. philippi*, *Tympanotonus margaritaceus margaritaceus*, *Cerithium sp.*, *Cerithium plicatum papillatum*, *Trochus sp.*, *Natica sp.*

Im Stauraum des Donaukraftwerkes Melk konnten bei der Pumpstation West in siltigen Feinsanden zahlreiche gut erhaltene Fossilien geborgen werden. F. STEININGER bestimmte folgende Arten:

*Polymesoda convexa ssp.*, *Lucinonia borealis*, *Eomiltha transversa*, *Divalinga divaricata*, *Cardium* (kleine Form: cf. *egerense*), *Mytilus aquitanicus*, *Cardium* (große Form: cf. *neglectum*), *Pitar cf. polytropha*, *Aloides gibba*, *Glycymeris latiradiata*, *Psammobia sp.*, *Lutraria sp.*, *Turritella venus*, *turritells beyrichi*, *Tympanotonus margaritaceus calcaratus*, *Natica sp.*, *Bittium sp.*, *Turris sp.*

Nach F. STEININGER stehen die in der Grube Melk und im Stauraum Melk festgestellten Lebensgemeinschaften zwischen der *Pitar undata*-Gemeinschaft und der *Glycymeris latiradiata*-Gemeinschaft von T. BALDI (1973, p. 110, p. 111).

Die *Pitar undata*-Lebensgemeinschaft bevorzugt feins bis grobsandige Strände bis zu ca. 11 m Wassertiefe und um 30 ‰ Salinität. Die meisten Arten der Lebensgemeinschaft sind grabende Formen die rezent in der Litoralzone oder an der Grenze zur Sublitoralzone leben.

Für den seichten Sublitoralbereich spricht die *Glycymeris latiradiata*-Gemeinschaft. Die rezenten Formen dieser

Lebensgemeinschaft sind hauptsächlich in Tiefen bis 15 m in stark bewegtem Wasser mit einer normalen Salinität um 30 ‰ zu finden. Bevorzugt wird eine mittel- bis grobsandige Lithofazies.

Die im Rahmen des IGCP-Projektes 25 – Tethys-Paratethys-Neogen – von P. HOCHULI palynologisch bearbeiteten Kohletone aus dem Raum Melk erbrachten folgende Daten:

Sandgrube Melk: Probe ME 3/II (coll. R. ROETZEL), Kohleton oberhalb des Wurzelhorizontes (2) im Profil Melk in dieser Arbeit – Ng. Z. I.

Stauraum Donaukraftwerk Melk: Probe DOKW 54 (coll. R. ROETZEL), Kohleflöz im Bereich eines Molluskenschillhorizontes – tiefe Ng. Z. I.

Beide hier datierten Kohletonlagen entsprechen höchstwahrscheinlich einer Regressionsphase. Übereinstimmend mit der Datierung dieses Bereiches am Hermannsacht (Probe HS 11 – Ng. Z. I) ist die Regressionsphase daher in das unterste Egerien (tiefe Ng. Z. I) zu stellen.

Folgende fazielle und stratigraphische Aussagen können daher für den Raum Melk gemacht werden:

Die derzeit aufgeschlossene Schichtfolge in der Grube Melk beginnt knapp vor der Regressionsphase im untersten Egerien (tiefe Ng. Z. I) mit Ablagerungen der Brecherzone.

Während der Regression kommt es im Raum Melk in Seichtwasserfazies zur Kohlebildung (Wurzelhorizont, Kohleton).

Darüber setzt wiederum die Transgression mit sehr

gleichförmigen Ablagerungen in der Spritzwasser- und Brecherzone ein. Anfangs herrschen, wahrscheinlich bedingt durch vorgelagerte Sandbänke niederenergetische Bedingungen in etwas seichteren Bereichen vor.

Im Mittelteil des Profils kommt es zu kurzen lokalen Meeresspiegelschwankungen, wobei die Transportenergie etwas zunimmt. Darüber werden wieder Sedimente in der Spritzwasserzone abgelagert.

Wie die sedimentpetrologischen Werte aber auch die paläontologischen Kriterien zeigen, ist als Sedimentationsraum der litorale Bereich mit einer normalen Salinität um 30 ‰ am wahrscheinlichsten. Ungewöhnlich für diesen Ablagerungsbereich ist aber der schlechte Rundungsgrad der Sedimente. Es ist daher ein kurzer Transportweg und/oder eine rasche Ablagerung zu vermuten.

#### 4.8. Sandgrube Zelking

(vgl. F. RÖGL & R. ROETZEL, 1980)

##### Profilbeschreibung

Die Sandgrube Zelking liegt unmittelbar an der Dindorfer Störung und wird gegen den südlich der Grube anstehenden Granulit durch einen ungefähr E–W streichenden mittelsteilen Bruch (340/65) begrenzt.

Wie zahlreiche Schlagbohrungen in der Grube zeigen, beginnt die Sedimentfolge über einer dunkelroten Verwitterungskruste des Kristallins mit pelitischen Ablagerungen. Die Mächtigkeit dieser Pielacher Tegel nimmt dabei innerhalb der Grube gegen den Bruch von 2 m auf ca. 10 m zu. Diese Pelite, die am Bruch

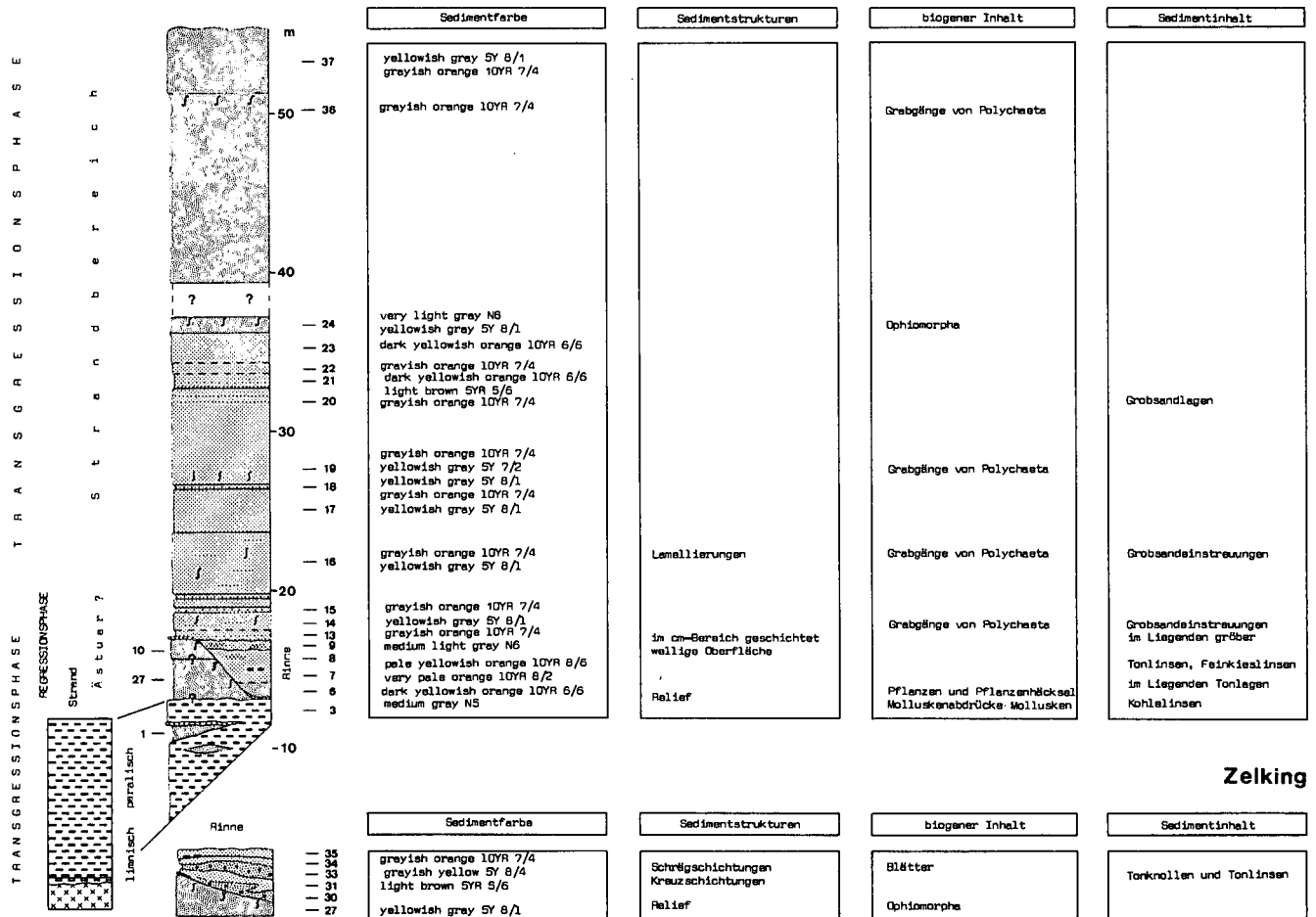


Abb. 42: Lithologie und biogener Inhalt der Sandgrube Zelking.

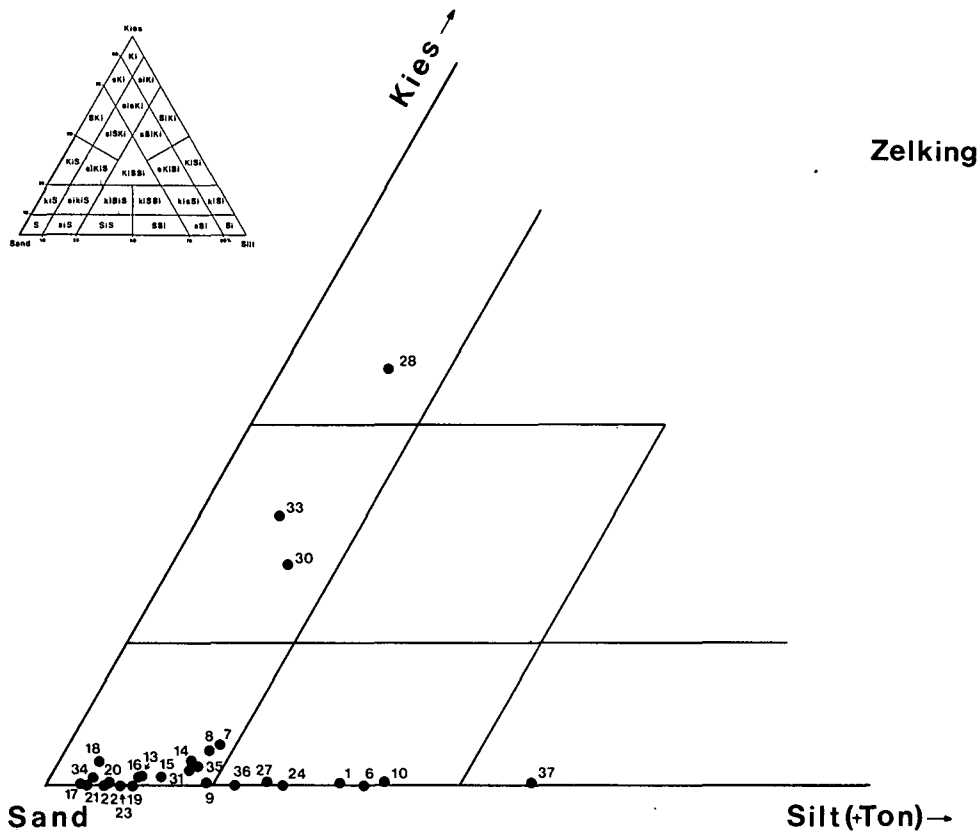


Abb. 43: Die Proben der Sandgrube Zelking im Benennungs-dreieck Kies-Sand-Silt.

steilgestellt sind fallen mit den darüber lagernden Sandhorizonten 27 und 10 flach ( $3^{\circ}$ – $10^{\circ}$ ) gegen den Bruch (180–200) ein. Die hangenden Sande lagern dagegen horizontal. Mächtigkeitszunahme und Einfallen der liegenden Sedimentanteile gegen den Bruch und die steilgestellten Sedimente am Bruch lassen eine synsedimentäre Absenkung des Untergrundes während der Ablagerung der Pielacher Tegel vermuten.

Die hangenden Anteile der Pielacher Tegel (3) wechsellagern mit siltigen Mittelsanden (1). Darüber folgt über einem Relief ein siltiger Feinsand (27) mit Molluskenschillhorizonten und Grabgängen vom Typ *Ophiomorpha* und anschließend ein im cm-Bereich geschichteter siltiger Feinsand-Mittelsand (10) mit welligen Schichtflächen (Rippelmarken?) und Grabspuren von *Polychaeta*.

In diese sandige Schichtfolge ist eine tiefe Erosionsrinne eingesenkt. Die Rinnensedimente sind meist schlecht sortierte, teilweise schräggeschichtete Grob-, Mittel- und Feinsande (6–9, 28, 30–31, 33–35). Die Horizonte sind meist durch deutliche Reliefs voneinander getrennt.

Über den Rinnensedimenten werden wieder besser sortierte, rasch wechselnde Fein- und Mittelsande mit Grobsandlagen und -linsen abgelagert, in denen oft Grabgänge von *Polychaeta* zu finden sind (13–23). Das Hangendste der Grube bilden mächtige siltige Feinsande (24, 36) mit *Ophiomorpha* und Grabgängen von *Polychaeta* und schließlich Siltfeinsande (37).

Sehr deutlich in Zusammenhang mit der NE–SW verlaufenden Diendorfer Störung stehen die im Bereich Zelking-Matzleinsdorf eingemessenen Brüche. Das Einfallen ist meist mittelsteil ( $50^{\circ}$ – $85^{\circ}$ ) gegen NW (294–344) und SE (120–174). Die Streichrichtung ist daher nahezu parallel zur Diendorfer Störung. Eine zweite Hauptstörungsschar verläuft ungefähr E–W. Wie

die Aufschlüsse beim Bau des Donaukraftwerkes Melk zeigten, liegt das Donaubett W Melk in einem solchen grabenartig abgesenkten und sedimentgefüllten Bruchsystem. Auch der, die Grube Zelking im S begrenzende Bruch gehört zu diesem System (O. SCHERMANN, 1966).

#### Parameterverteilung

Die basalen Pelite mit einem  $\bar{x}$ -Wert (mean) von ca. 8,0 Phi wechsellagern in ihrem Hangenden mit Sanden, die eine mittlere Korngröße von ca. 2,5 Phi haben. Darüber werden die Sande in den Horizonten 27 und 10 etwas feiner und liegen um 3,0 Phi. Die Rinnensedimente sind entweder grobe Sande mit einer mittleren Korngröße zwischen 0 Phi und 1,0 Phi oder etwas feinere Sande um 2,0 Phi. Die überlagernden Sande pendeln zuerst zwischen 1,7 Phi und 2,7 Phi und werden dann ab dem Horizont 20 gegen das Hangende zunehmend feiner, wo ein Wert von fast 4,0 Phi erreicht wird.

Ebenfalls sehr unterschiedlich ist die Sortierung der liegenden Sedimente. Basale "poorly sorted" Pelite und Psammite in Wechsellagerung werden von "moderately sorted" und "very poorly sorted" siltigen Sanden abgelagert. Auch die Sortierung der Rinnensedimente liegt zwischen "moderately sorted" und "very poorly sorted". Über der Rinne sind die Ablagerungen mit Ausnahme dünner Lagen bis zum Hangenden "moderately sorted" bis "moderately well sorted".

Sehr einheitlich sind die Schiefewerte der liegenden Sedimente der Grube. Mit Ausnahme der Pelite mit einem Wert um  $-1,0$  Phi liegt die Schiefe von den darüber folgenden siltigen Sanden und auch von den Rinnensedimenten fast ausschließlich zwischen 0 Phi und  $+1,0$  Phi. Ähnliche Werte haben die darüber liegenden Sedimente bis zum Horizont 16. Eine Schiefe um  $+2,0$  Phi kann man dagegen in den folgenden Proben 17 und

Tabelle 8: Granulometrische Parameter von Proben der Sandgrube Zelking (in Phi-Werten gerechnet;  $\bar{x}$  = mean;  $\sigma$  = Standardabweichung;  $\alpha_3$  = Momentkoeffizient der Schiefe).

Probe	$\bar{x}$	$\sigma$	$\alpha_3$
01	2,460	1,884	0,850
03	8,113	1,437	-1,066
27	2,764	1,171	0,244
10	3,049	2,391	1,260
06	2,764	1,648	0,892
07	2,047	1,465	0,476
08	1,959	1,471	0,463
09	2,538	1,150	1,010
28	0,348	2,043	0,703
30	0,738	1,917	0,730
31	2,025	1,322	0,876
33	0,898	1,921	0,165
34	1,736	1,029	0,673
35	2,205	1,375	0,069
13	2,101	1,188	0,340
14	2,520	1,251	-0,394
15	1,763	1,478	0,348
16	2,623	0,855	0,206
17	1,775	0,846	1,965
18	1,880	1,062	-0,213
19	2,743	0,731	1,999
20	2,185	1,087	-0,032
21	2,077	0,890	0,725
22	2,469	0,695	2,256
23	2,579	0,700	2,642
24	2,976	1,071	1,907
36	3,080	0,797	1,194
37	3,906	1,096	0,714

19 feststellen. Nach einer negativen Schiefe bei der Probe 20 steigen die Werte bis zum Horizont 23 zuerst kontinuierlich bis ca. +2,6 Phi, fallen jedoch gegen das Hangende wieder bis auf +0,7 Phi.

#### CM-Norm

Im CM-Diagramm muß man die Rinnensedimente getrennt von den übrigen Ablagerungen betrachten, um Hinweise auf die Ablagerungsräume zu erhalten. Die Sedimente aus der Rinne liegen im Bereich von Flußsedimenten. In einem Feld, das dem der Küstensedimente entspricht, findet man dagegen die anderen Proben (vgl. Abb. 45).

Mit Ausnahme der Proben 6 und 9 in den Klassen IV und V liegen die Rinnenablagerungen (7, 8, 28, 30, 31, 33, 34, 35) alle in der Klasse I und sind damit großteils rollend transportiert. Von den Küstensedimenten findet man besonders die im liegenden Teil des Profils, sowohl vor als auch unmittelbar nach der Erosionsphase (Rinne) abgelagerten Sedimente (1, 27 10-13, 14, 15, 16) in den Klassen I und II. Wie die ebenfalls in diesen Klassen liegenden größeren Einschaltungen 18, 20 und 21 aus dem hangenden Bereich sind auch diese basalen Sedimente hauptsächlich rollend transportiert.

Ab dem Horizont 17 überwiegt der Suspensionstransport (graded suspension) und es erfolgt gegen das Hangende eine dauernde Transportenergieabnahme. Die Probe 17 liegt noch in der Klasse IV im hochenergetischen Bereich. Die darüber folgenden Proben 19, 22, 23, 24 und 36 in der Klasse V sind bereits Ablagerungen des mittleren Energiebereiches. Auf den niederenergetischen Bereich weist die Lage der hangenden Probe 37 in der Klasse VII hin. Die Probe 3 der basalen pelitischen Sedimente findet man in der Klasse VIII. Ihr

Transport erfolgte damit in der feinsten "uniform suspension" oder in "pelagic suspension" (Z3; vgl. Abb. 56).

#### Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz

Die Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz der basalen pelitischen Sedimente haben nur geringe Aussagekraft. Von den darüber folgenden Sandhorizonten kann die Probe 27 am ehesten mit dem marinen Küstenbereich, wahrscheinlich mit der Brandungs- oder Spritzwasserzone in Verbindung gebracht werden.

Die meisten Kurven der Sedimente in der Rinne und etwas darüber bis zum Horizont 15 zeigen dagegen eine wahrscheinlich ästuarine Beeinflussung (G. S. VISHNER & J. D. HOWARD, 1974). Die vollmarine Phase mit Ablagerung von Sedimenten in der Küstenzone beginnt mit dem Horizont 16 und dauert danach im gesamten Profil bis zum Hangenden an.

Mit Hilfe der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz können hier Ablagerungen aus der Brandungszone (18, 20, 21?), Brecherzone (16, 17, 22, 36?) und Spritzwasserzone (19, 23, 24, 37) unterschieden werden (G. S. VISHNER, 1969).

Der im Raum Melk beobachtete lokale Vorstoß des Meeres konnte auch in dieser Grube festgestellt werden. Es ist dies der Bereich der in der Brandungs- bis Brecherzone abgelagerten Horizonte 20 bis 22. Oberhalb und unterhalb dieser Horizonte sind hauptsächlich Sedimente aus der Spritzwasserzone anstehend.

#### Aussagen der Schiefe

Vergleicht man die faziellen Aussagen der Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz mit den Schiefe-werten, so fallen, wie in den anderen Gruben, die hohen Werte in den gut sortierten Sedimenten aus der Spritzwasserzone und Brecherzone (17, 19, 22, 23, 24) auf. Im Gegensatz dazu stehen die niedrigen Werte der liegenden Küstensedimente und der ästuarin beeinflussten Rinnensedimente.

#### Rundungsgrad

Der Rundungsgrad der gesamten Sedimente liegt durchwegs zwischen "subangular" und "very angular". Die Ablagerungen im Liegenden der Rinne (1, 27, 10) sind meist "angular" bis "very angular", ebenso die meisten Rinnensedimente und die darüber folgenden Ablagerungen bis zum Horizont 16. Einen etwas besseren Rundungsgrad mit "subangular" bis "angular" Komponenten haben die hangenden Sedimente der Schichtfolge ab dem Horizont 17.

#### Feldspatverteilung

Die röntgenographische Untersuchung des Feldspatgehaltes zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Rinnensedimenten und den marinen Ablagerungen des Hangendbereiches. In der Rinne und meist auch in den liegenden Küstensedimenten ist Kalifeldspat vorherrschend. Ab dem Horizont 13 tritt Kalifeldspat und Plagioklas auf, wobei fast immer der Kalifeldspat etwas überwiegt. Grundsätzlich nimmt der Feldspatgehalt vom Liegenden bis zu den Rinnensedimenten etwas zu, sinkt im Bereich der Rinne deutlich ab und steigt danach bis zum Hangenden kontinuierlich (Interpretation der Feldspatverteilung: Kap.5).

#### Schwermineralverteilung

Der Schwermineralgehalt der Rinnensedimente ist immer höher als der der übrigen Ablagerungen. So haben die Sedimente in der Rinne meist 0,7 % bis 0,9 % Schwermineralanteil; in der Probe 7 steigt dieser auf

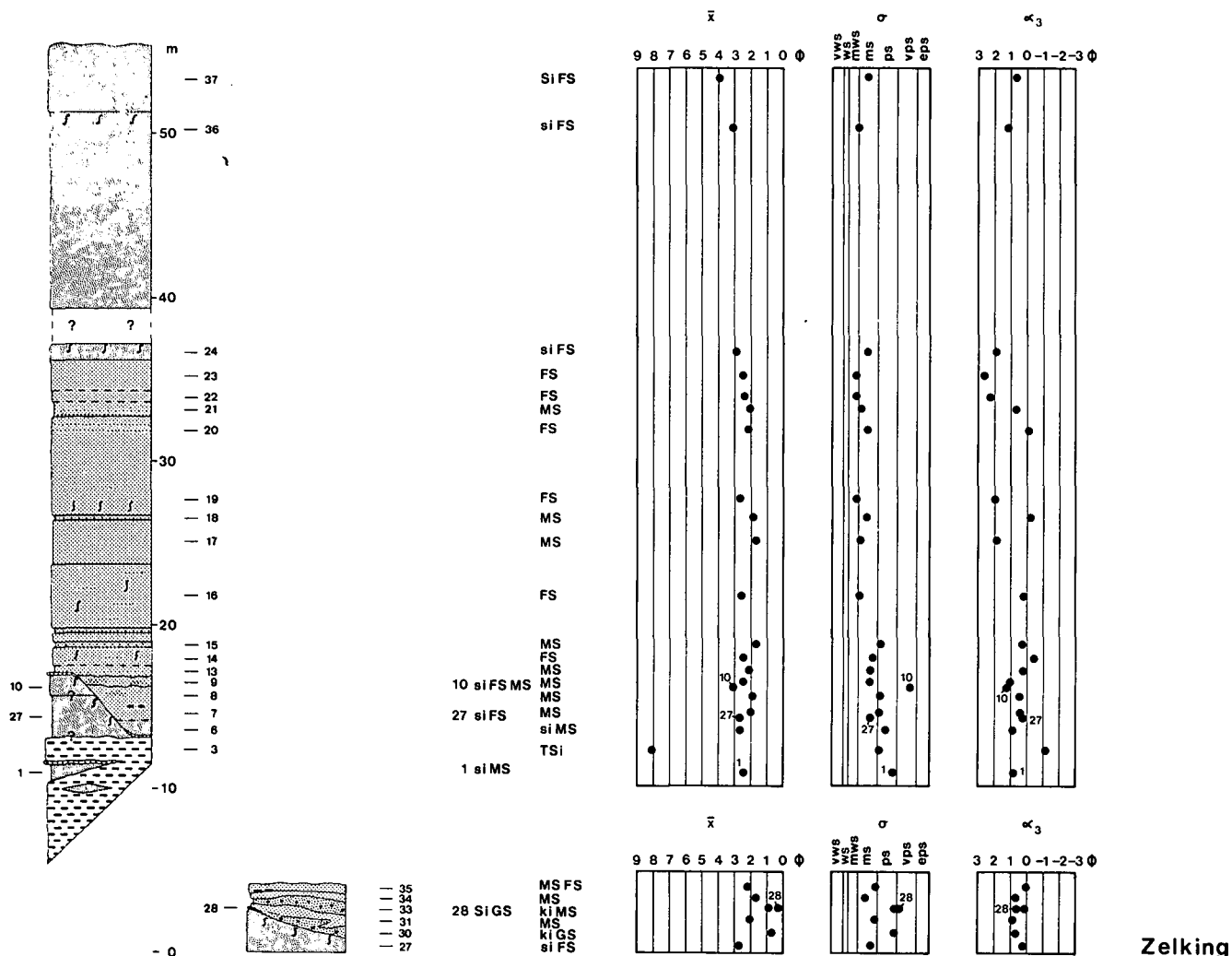


Abb. 44: Sedimentbenennung und Parameterverteilung im Profil Zelking.

2 % an. Deutlich niedrigere Schwermineralgehalte von 0,03 % bis 0,4 % haben dagegen die Proben aus dem Liegenden und Hangenden dieser Rinne.

Der Anteil opaker Gemengteile am Schwermineralspektrum ist in den Rinnensedimenten und in den hangendsten Schichtgliedern des Profils am höchsten, wo er zwischen 47 % und 62 % liegt. Ebenfalls noch sehr hohe Opakanteile von 37 % und 43 % haben die Hori-

zonte 27 und 14. Die restlichen Ablagerungen haben zwischen 18 % und 28 % dunkle Gemengteile.

Bei den durchsichtigen Gemengteilen des Schwermineralspektrums überwiegt in den Sanden im Liegenden der Rinne (1, 27) Turmalin, Disthen, Rutil und Zirkon. In den Rinnensedimenten und etwas oberhalb der Rinne (30, 35-7, 9, 14) kommt zu diesen Schwermineralien noch etwas Granat dazu. Ab dem Horizont 16 verschwinden Rutil und Zirkon fast ganz, dagegen kommt Staurolith zu Turmalin, Disthen und etwas Granat. Auffallend viel Granat hat im Hangenden die Probe 36. In diesem Bereich nimmt auch der Rutil- und Zirkongehalt wieder etwas zu (Interpretation des Schwermineralspektrums: Kap. 6).

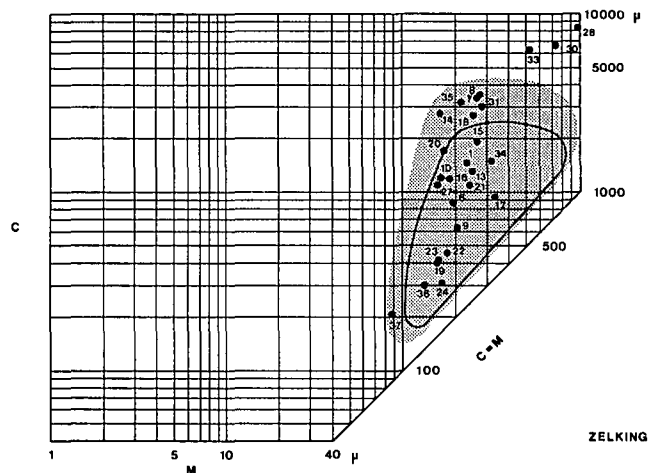


Abb. 45: Die Proben der Sandgrube Zelking im CM-Diagramm [umrandetes Feld: Bereich der Küstensedimente von Ostflorida (nach R. PASSEGA, 1957)].

### Fazielle und stratigraphische Aussagen des biogenen Inhalts der Sedimente der Grube Zelking

Neben den für den unmittelbaren Küstenbereich typischen Grabgängen vom Typ *Ophiomorpha* kommen in einigen Horizonten dieser Grube Grabbauten von *Polychaeta* vor, die auf eine Ablagerung der Sedimente im Auftauchbereich hinweisen.

In den liegendsten pelitischen Sedimenten (Pielacher Tegel) konnten zahlreiche Mollusken gefunden werden, von denen F. STEININGER folgende Arten bestimmen konnte:

*Polymesoda convexa* ssp., *Pitar polytropha*, *Mytilus aquitanicus*, *Cardium bojourum*, *Gari* sp., *Unionidae*?



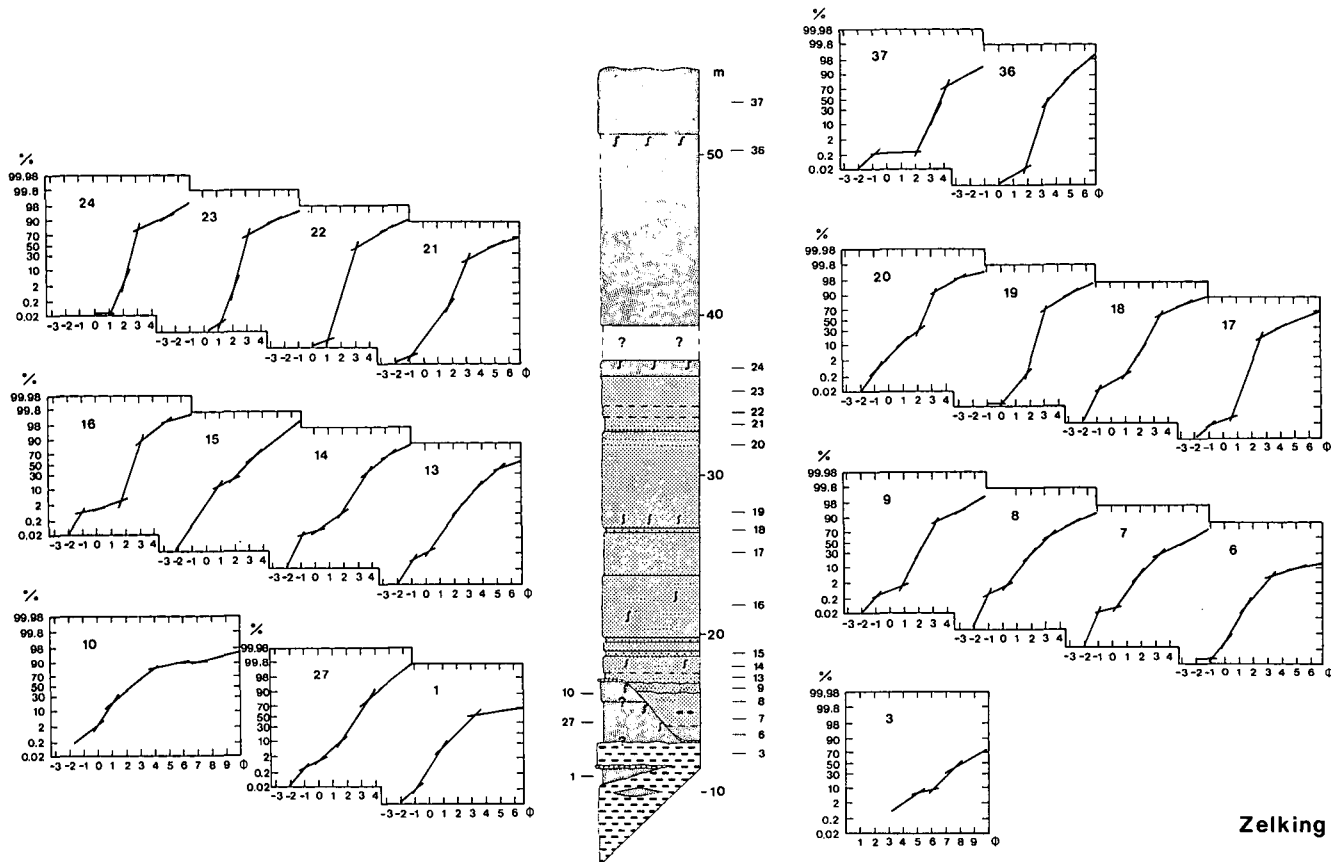


Abb. 46: Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz von Proben der Sandgrube Zelking.

*Melanopsis* sp., *Pirenella plicata* ssp., *Tympanotonus margaritaceus calcaratus*.

Der Fossilgehalt gleicht jenem der Cyrenenmergel Oberbayerns. Das Vorkommen von *Unionidae* weist auf eine limnische Beeinflussung hin.

Nach F. STEININGER ist die hier festgestellte Lebensgemeinschaft mit der *Polymesoda-Tympanotonus*-Gemeinschaft von T. BÄLDI (1973, p. 105) zu vergleichen. Rezent bevorzugen diese Mollusken vor allem Bereiche von Flußmündungen und seichten Lagunen mit einer Salinität zwischen 4 ‰ und 10 ‰. Die Lithofazies kann dabei tonig bis grobsandig sein.

Von den, in dem Siltgrobsandhorizont 28, an der Basis der Rinne gefundenen Pflanzenresten bestimmte J. KOVAR:

*Daphnogene lanceolata* UNGER, *Daphnogene cinnamomifolia* (BRONGNIART) UNGER, *Comptonia acutiloba* BRONGNIART, *Ulmus* sp., *Cyperaceae* vel *Poaceae*, Coniferenzapfen.

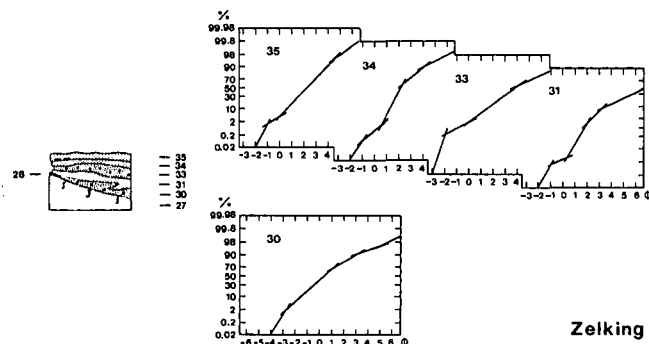


Abb. 47: Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz von Proben der Sandgrube Zelking – Rinnensedimente.

Die im Rahmen des IGCP-Projektes Tethys-Paratethys-Neogen – von P. HOCHULI palynologisch bearbeiteten Proben aus der Grube Zelking erbrachten die folgenden Daten:

Basisschichten der Pielacher Tegel: Probe RÖ 5/78 (coll. F. RÖGL) – Pg. Z. 20b, nicht marin.

Am Bruch steilgestellte Cyrenenschichten: Probe RÖ 9/77 (coll. F. RÖGL) – Ng. Z. I, paralisch.

Bohrprobe einer Schlagbohrung in den Pielacher Tegeln: Probe Z/B 198 (coll. R. ROETZEL) – Ng. Z. I, paralisch.

Die Ablagerung der pelitischen Schichtfolge (Pielacher Tegel) in der Grube Zelking erfolgte daher vom mittleren Rupelien bis zum untersten Egerien.

Aus den lithologischen, sedimentologischen und paläontologischen Daten ergibt sich für die Grube Zelking folgende Faziesentwicklung:

Die Sedimentation beginnt im Rupelien mit nicht marinen, wahrscheinlich limnischen Peliten und wird bis zum untersten Egerien in brackisch-lagunärer Fazies fortgesetzt. Darüber erfolgt kurzzeitig der Übergang in die marine Küstenfazies mit Sanden aus der Brandungszone und Sedimenten des Auftauchbereiches. Während der Ablagerung dieser liegenden Sedimente findet eine rasche synsedimentäre Absenkung des Untergrundes statt.

In einer darauf folgenden Erosionsphase werden fluviatil-ästuarine Rinnen angelegt.

Nach einer etwas länger andauernden ästuarinen Beeinflussung beginnt wieder die Ablagerung von marinen Küstensedimenten in der Brandungs-, Brecher- und Spritzwasserzone, die bis zum Hangenden des Profils andauert. Wie in der Grube Melk können auch hier

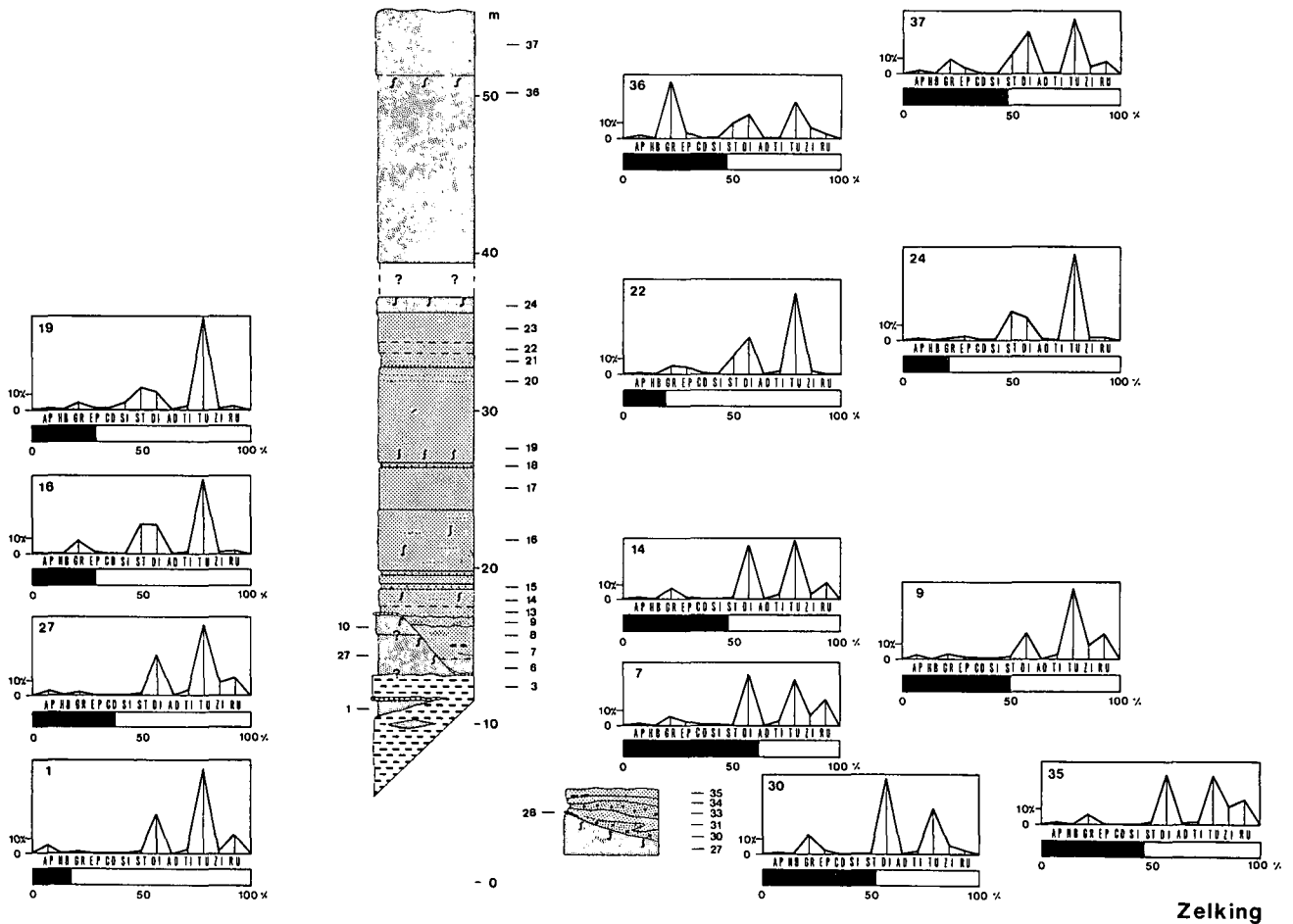


Abb. 48: Die Schwermineralverteilung in der Sandgrube Zelking.

kurzzeitige Meeresspiegelschwankungen beobachtet werden.

Auf Grund des schlechten Rundungsgrades kann man auf einen kurzen Transportweg und/oder eine rasche Ablagerung schließen.

#### 4.9. Sandgrube Grabenegg

##### Profilbeschreibung

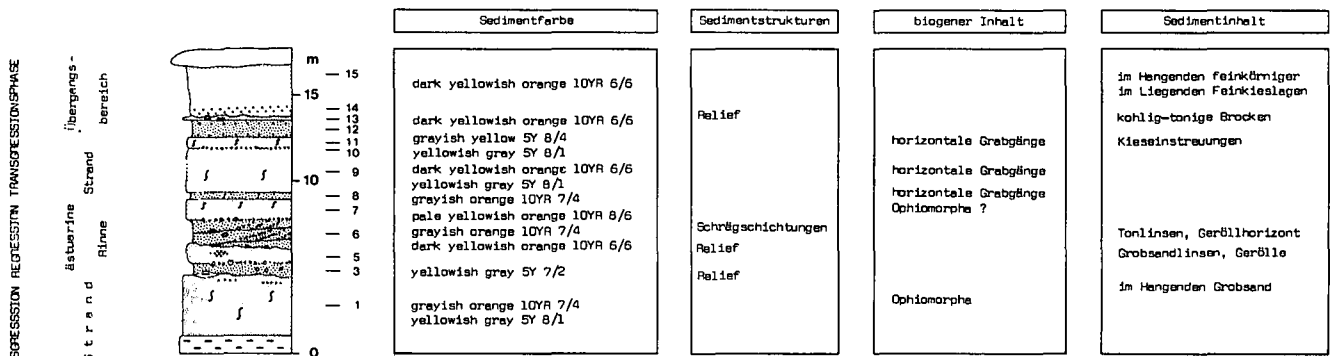
Die Schichtfolge der südlichsten untersuchten Grube, die im Nahbereich zahlreicher kleiner Kristallinauftragungen liegt, beginnt mit einem mittelgrauen Siltsand über dem ein siltiger Feinsand (1) folgt. Über einem ausgeprägten Relief liegen schlecht sortierte, teilweise schrägschichtete kiesige Grobsande (3, 6) und Mit-

telsande (5), unterbrochen von Geröllhorizonten, die hauptsächlich aus Zelkinger Granit und Granulit bestehen. Die darüber anstehenden Mittelsande (7, 9, 11) und zwischengeschalteten Grobsande (8) sind wahrscheinlich sehr stark verwüht. Im Hangenden werden schlecht sortierte Grob- und Mittelsande (12, 14–15) von geringmächtigen siltigen Feinsanden (13) unterbrochen.

Die gesamte Schichtfolge der Grube fällt flach gegen S ein.

##### Parameterverteilung

Die  $\bar{x}$ -Werte (mean) der Sedimente der Grube Grabenegg sind sehr unterschiedlich. Die untersuchte Schichtfolge beginnt mit sehr feinen Ablagerungen, die



#### Grabenegg

Abb. 49: Lithologie und biogener Inhalt der Sandgrube Grabenegg.

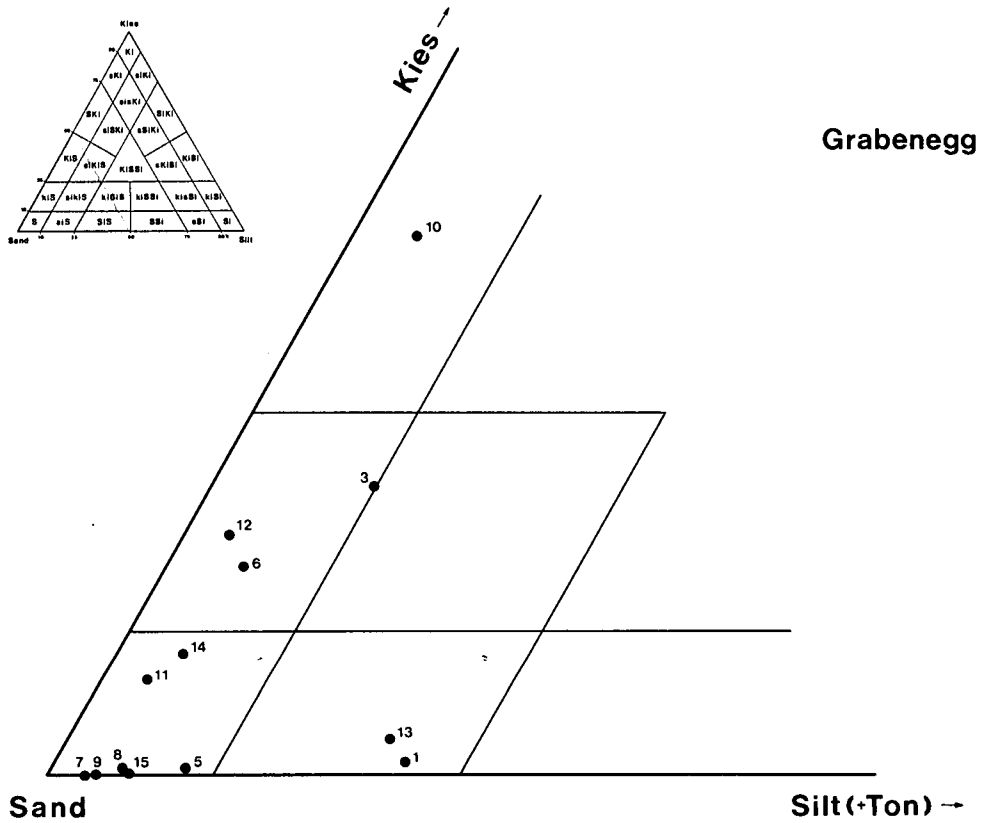


Abb. 50: Die Proben der Sandgrube Grabenegg im Benennungsdreieck Kies-Sand-Silt.

Tabelle 9: Granulometrische Parameter von Proben der Sandgrube Grabenegg (in Phi-Werten gerechnet;  $\bar{x}$  = mean;  $\sigma$  = Standardabweichung;  $\alpha_3$  = Momentkoeffizient der Schiefe).

Probe	$\bar{x}$	$\sigma$	$\alpha_3$
01	3,335	1,294	0,091
03	0,569	2,102	1,083
05	2,058	1,358	0,989
06	0,394	1,662	1,069
07	1,770	0,998	0,939
08	1,056	1,431	1,127
09	1,983	0,920	1,329
10	0,097	2,546	-0,196
11	1,734	1,344	-0,921
12	0,950	1,900	-0,404
13	2,794	1,935	0,083
14	0,854	1,521	1,035
15	1,410	1,219	1,646

eine mittlere Korngröße von ca. 3,3 Phi haben. In den darüber folgenden Grobsedimenten sinken die Werte auf 0 Phi bis 0,5 Phi. Zwischengelagerte Horizonte liegen um 2,0 Phi. Die hangenden Sedimente fallen mit Ausnahme geringmächtiger siltiger oder grobsandiger Lagen in den Bereich von 1,0 Phi bis 2,0 Phi oder knapp unter 1,0 Phi.

Ähnlich gestreut ist die Sortierung der Sedimente. Über dem basalen "moderately sorted" siltigen Feinsand folgen meist "poorly sorted" und "very poorly sorted" Grobsedimente. Die dazwischen liegenden Mittelsande sind durchwegs "moderately sorted".

Wesentlich einheitlicher sind dagegen die Schiefe-werte. Der liegende siltige Feinsand hat eine Schiefe von ca. 0 Phi. Danach liegen die Werte in den schlecht sortierten Grobsanden und den darüber liegenden Mittelsanden bis zur Probe 9 immer im Bereich von +1,0

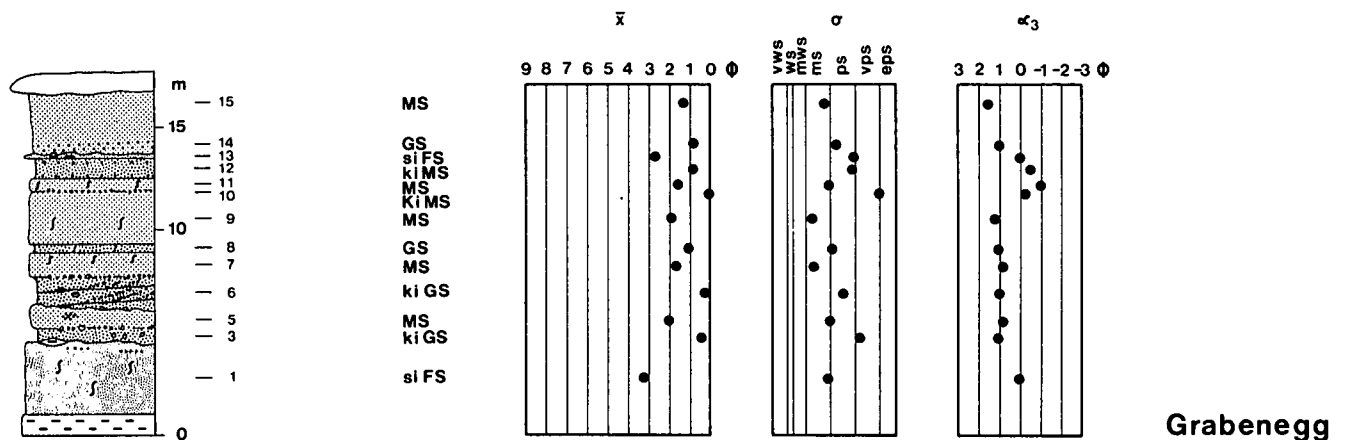


Abb. 51: Sedimentbenennung und Parameterverteilung im Profil Grabenegg.

Phi. In den Proben 10 bis 13 ist die Schiefe negativ oder knapp über 0 Phi. Im hangenden Horizont 14–15 werden wieder Werte zwischen +1,0 Phi und +2,0 Phi erreicht.

### CM-Norm

Die Grobkörnigkeit der meisten Sedimente der Grube Grabenegg drückt sich auch in der Lage der Probe- punkte im CM-Diagramm aus. Die meisten Proben findet man in den Klassen I und II oder sogar außerhalb, was auf einen großteils rollenden Transport hinweist. Nur die Proben der Mittelsande 7 und 9, die in die Klasse IV fallen scheinen weitgehend in Suspension, jedoch auch im hochenergetischen Bereich transportiert worden zu sein. Etwas undeutlicher als in den anderen untersuchten Gruben zeigt die Form des Feldes, das die Proben einschließt den Küstenbereich als Ablagerungs- raum an (vgl. Abb. 52).

### Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz

Nach den Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz erfolgte die Ablagerung des liegenden siltigen Feinsandes (1) wahrscheinlich in der Brandungszone. Die darüber liegenden Horizonte 3, 5 und 6 können mit den Rinnensedimenten bzw. dem ästuarin beeinflussten Bereich in Zelking verglichen werden (vgl. Abb. 47 und G. S. VISHNER & J. D. HOWARD, 1974). In den folgenden Schichten 7 bis 11 wechseln Sedimente des foreshore- Bereiches (Spritzwasserzone) mit Ablagerungen aus der Brecher- oder Brandungszone (G. S. VISHNER, 1969). Schließlich scheint gegen das Hangende wie in den Gruben um den Wachtberg NNW St. Pölten die Sedimentation von aufgearbeiteten Sedimenten im Übergangsbereich, wahrscheinlich wieder auf submarinen Sandbänken stattzufinden (K. H. SINDOWSKI, 1957).

### Rundungsgrad

Im Liegenden der Schichtfolge bis zum Horizont 6 ist der Rundungsgrad durchwegs schlecht (angular–very angular). Darüber treten etwas besser gerundete Ablagerungen auf (angular–subangular). In den hangend-

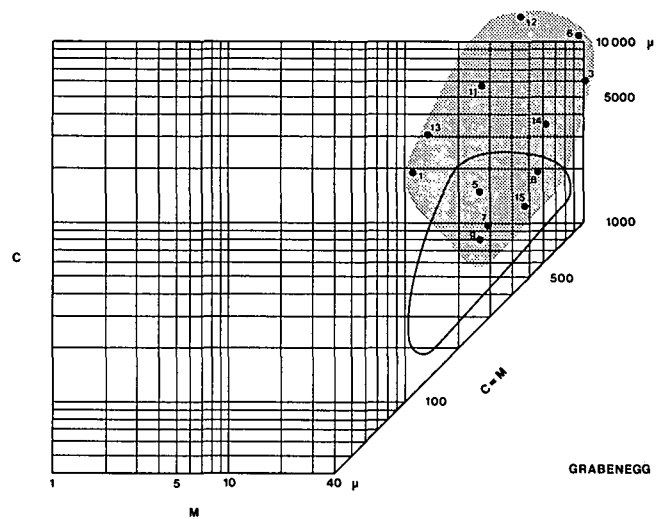


Abb. 52: Die Proben der Sandgrube Grabenegg im CM-Diagramm [umrandetes Feld: Bereich der Küstensedimente von Ostflorida (nach R. PASSEGA, 1957)].

sten Schichtgliedern 12 bis 15 ist der Rundungsgrad dagegen wieder "angular" bis "very angular".

### Feldspatverteilung

Der Feldspatgehalt der Proben ist im Liegenden, im Horizont 1 etwas höher, nimmt in den anschließenden Grobsedimenten stärker ab und steigt danach bis zum Hangenden kontinuierlich an. Bemerkenswert ist im gesamten Profil das vorherrschende Auftreten von Kalifeldspat gegenüber dem Plagioklas, dessen Anteil meist sehr gering ist (Interpretation der Feldspatverteilung: Kap. 5).

### Schwermineralverteilung

Sehr stark schwankend ist der Schwermineralgehalt, der im Liegenden ca. 0,1 % beträgt, in den Grobsedimenten 3 und 6 auf 1,8 % bis 4,4 % ansteigt und darüber in den Horizonten 7 und 9 zwischen 0,5 % und 0,7 % liegt. In den hangenden Ablagerungen 12 und 15

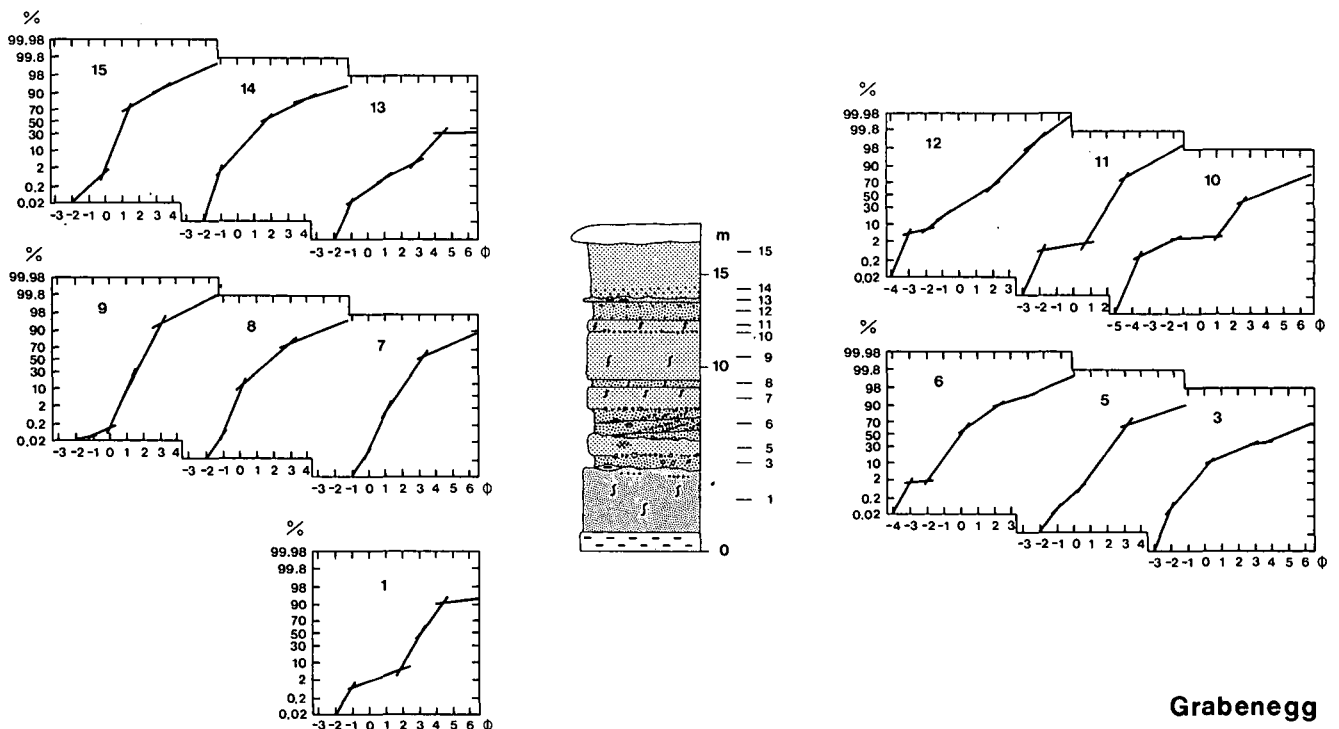


Abb. 53: Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz von Proben der Sandgrube Grabenegg.

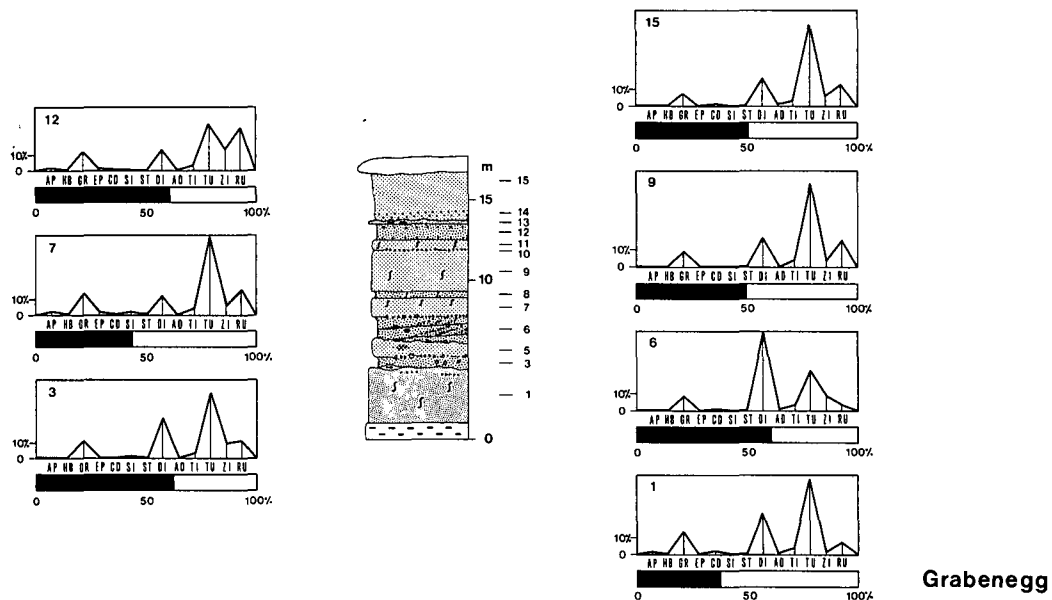


Abb. 54: Die Schwermineralverteilung in der Sandgrube Grabenegg.

ist der Schwermineralanteil mit 1,3 % bis 2,0 % wieder deutlich höher.

Der Anteil opaker Gemengteile am Schwermineralspektrum ist in der Grube Grabenegg mit 38 % bis 62 % durchwegs sehr hoch. Den höchsten Opakanteil haben dabei die schlecht sortierten Grobsedimente 3 und 6.

Der Anteil durchsichtiger Gemengteile am Schwermineralspektrum ist im gesamten Profil ähnlich. Die Hauptminerale sind immer Turmalin, Disthen, Granat,

Zirkon und Rutil. Der schräggeschichtete Horizont 6 hat dabei einen auffallend hohen Disthengehalt. Bemerkenswert ist auch, daß in den Sedimenten der Grube Grabenegg kein Staurolith auftritt (Interpretation des Schwermineralspektrums: Kap 6).

**Fazielle Aussagen des biogenen Inhalts der Sedimente der Grube Grabenegg**

Der biogene Inhalt der Sedimente dieser Grube beschränkt sich ausschließlich auf Grabbauten. Dabei

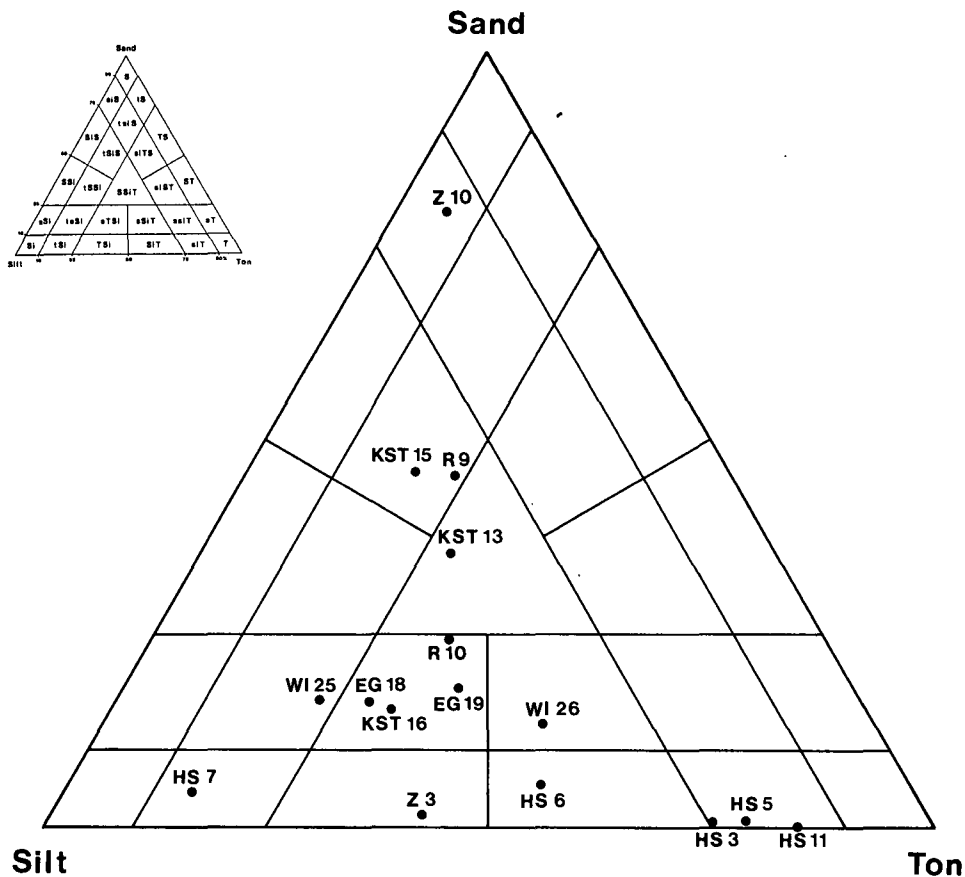


Abb. 55: Proben von Pielacher Tegel und Älterem Schlier im Benennungs-dreieck Sand-Silt-Ton. (EG – Sandgrube Eggendorf, HS – Ton- und Sandgruben Hermannschart, WI – Sandgrube Winzing, R – Sandgrube Großrust, KST – Ton- und Sandgrube Karlstetten, Z – Sandgrube Zelking).

kann man zwei Typen unterscheiden. Die Horizonte 1 und 7 führen meist senkrecht angelegte Bauten vom Typ *Ophiomorpha*. Fast ausschließlich horizontale Grabgänge ohne Wände findet man dagegen im Bereich der Proben 8, 9 und 11. Solche horizontalen Grabbauten können am ehesten mit dem Typ *Thalassinoides* verglichen werden.

Wahrscheinlich sind verschiedene Ablagerungstiefen dieser Horizonte der Grund für die unterschiedlich angelegten Grabgänge. Zusätzlich spricht die intensive Durchwühlung der Horizonte 8, 9 und 11 für langsamere Sedimentation, was auch mit dem besseren Rundungsgrad dieser Ablagerungen übereinstimmt.

Faßt man die Untersuchungsergebnisse der Grube Grabenegg zusammen, so kann man sagen, daß die Schichtfolge mit Ablagerungen aus dem marinen Küstenbereich während einer Transgression beginnt. Danach folgt eine Regressions- und Erosionsphase in der wahrscheinlich, ähnlich wie in Zelking, ästuarin bis fluviatil beeinflusste Sedimente vorherrschen. Mit einer neuerlichen Transgression folgen zuerst wieder marine Küstensedimente, weiter gegen das Hangende aber dann Ablagerungen des Übergangsbereiches.

Besonders im Liegendbereich der Grube ist der Einfluß der zahlreichen in der Nähe liegenden Kristallininseln durch lokale Grobschüttungen zu spüren. Weiters kann man sagen, daß die Ablagerung dieser Sedimente im Gegensatz zu denen von Melk oder Zelking in einem hauptsächlich hochenergetischen Bereich erfolgte.

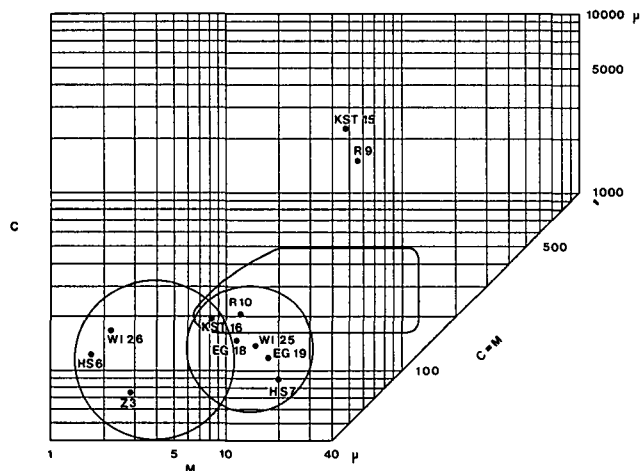


Abb. 56: Proben von Pielacher Tegel und Älterem Schlier im CM-Diagramm [großer Kreis: Sedimente im Golf von Venezuela, kleiner Kreis: Stillwasserablagerungen, längliches Feld: ruhige Lagunenablagerungen (nach R. PASSEGA, 1957)]. Abkürzungen siehe Abb. 55.

### 5. Feldspatverteilung in den Melker Sanden

Die röntgenographische Untersuchung des Feldspatgehaltes der Sande in den Profilen Eggendorf, Hermannschacht, Winzing, Melk, Zelking und Grabenegg ergab ein meist deutliches Überwiegen von Kalifeldspat gegenüber Plagioklas [Kfsp. >> Plag.: Hermannschacht, Winzing, Zelking (Liegendes und Rinne), Grabenegg; Kfsp. > Plag.: Eggendorf (außer Mittelteil), Melk, Zelking (oberhalb Rinne)]. Eine Ausnahme bilden die Horizonte 11, 13 und 14 in der Grube Eggendorf, wo etwas mehr Plagioklas als Kalifeldspat vorhanden ist.

Der Großteil der im Hinterland anstehenden Gesteine, wie z. B. Granulit, Gföhler Gneis und Zelking Granit

hat einen relativ hohen Kalifeldspatgehalt. Die Kalifeldspatvornacht in den Sanden scheint daher neben dem Schwermineralspektrum ein weiterer Hinweis für die Lieferung des Sedimentmaterials aus dem unmittelbaren Hinterland zu sein. Noch deutlicher wird diese lokale Beeinflussung in den Rinnensedimenten von Zelking, wo das fast vollkommene Zurücktreten von Plagioklas eine lokale Schüttung aus einem Gebiet mit sehr kalifeldspatreichen Gesteinen, eventuell von dem in der Nähe anstehenden Zelkinger Granit vermuten läßt.

Weiters konnte, z. B. in den Gruben Hermannschacht, Winzing und Melk festgestellt werden, daß Sedimente, deren sedimentologische Kriterien für eine Ablagerung im Küstenbereich sprechen, einen etwas geringeren Feldspatgehalt haben als Sedimente anderer Faziesräume. Auch innerhalb der hochenergetischen Küstenablagerungen kann man noch geringfügige Unterschiede in der Feldspatführung zwischen Sedimenten der Brecherzone mit etwas weniger Feldspat und der Spritzwasserzone mit einem höheren Feldspatanteil beobachten. Es ist daher anzunehmen, daß die Transportenergie in gewisser Weise auf die Feldspatführung beeinflussend wirkt.

Mit Hilfe der RDA-Aufnahmen konnten durch Vergleiche der Intensitäten (peak-Höhen) Aussagen über die Änderung des Feldspatgehaltes in den Profilen vom Liegenden zum Hangenden gemacht werden. In den Gruben Eggendorf, Hermannschacht, Zelking und Grabenegg, in denen Sedimente der Regressionsphase aufgeschlossen sind, kann man eine Zunahme der Feldspatführung vom Liegenden bis zur Regressionsphase feststellen. Während der Regression haben die Ablagerungen einen geringeren Feldspatgehalt, der dann oberhalb dieses Rückzugstadiums bis zum Hangenden wieder deutlich zunimmt. Eine kontinuierliche Feldspatzunahme vom Liegenden zum Hangenden ist dagegen in den Gruben Winzing und Melk zu beobachten, wo die aufgeschlossene Schichtfolge mit der Regressionsphase beginnt. Diese, in jeder Grube festgestellte kontinuierliche Änderung des Feldspatgehaltes scheint abhängig von der primären Verwitterung zu sein, die wiederum in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Klima steht.

P. HOCHULI (1978) stellte auf Grund der Verteilung thermophiler, arktotertiärer und intermediärer Florenelemente im Pollenspektrum folgenden Klimaverlauf vom Obereozän bis Untermiozän fest. Im Obereozän, Unteroligozän und unteren Mitteloligozän herrscht subtropisches Regenklima vor. Eine wesentliche Klimaänderung erfolgt ab dem oberen Mitteloligozän, wo das verstärkte Auftreten arktotertiärer und intermediärer Formen ein kühleres und relativ feuchtes Klima vermuten lassen. Ab dem höchsten Oligozän und im tieferen Miozän gewinnt die subtropische Vegetation wieder für kurze Zeit an Bedeutung, erreicht aber nicht so hohe Anteile wie z. B. im unteren Oligozän.

Vergleicht man nun diese Klimaentwicklung mit der Feldspatverteilung in den Profilen, so findet man den niedersten Gehalt an Feldspat im Liegenden, wo subtropisches Regenklima vorherrschte. Diesem Klima würden auch die Laterite entsprechen, die man umgelagert in den etwas später abgelagerten lateritischen Horizonten von Eggendorf und Tiefenfucha findet.

Dagegen tritt mit zunehmender Änderung zu einem warm gemäßigten und relativ feuchten Klima im Han-

genden der Profile auch mehr Feldspat auf, da die Verwitterungsbeeinflussung nicht mehr so stark war.

Schließlich muß noch berücksichtigt werden, daß vor der marinen Transgression im Unteroligozän das Festland lange Zeit der starken Verwitterung in einem subtropischen Regenklima ausgesetzt war. Der Feldspatanteil kann daher bereits während der Bodenbildung stark reduziert worden sein. Während der Transgression wurden daher zuerst die oberflächennahen, feldspatarmen Anteile aufgearbeitet und erst mit zunehmender Abtragung des Hinterlandes und gleichzeitiger Klimaänderung weniger verwitterte, feldspatreichere Teile erreicht.

Zusammenfassend kann man also sagen, daß der Feldspatgehalt dieser Sande vor allem durch den Feldspatgehalt des Ausgangsgesteines, durch die Transportbeanspruchung und den Energiebereich des Ablagerungsraumes und durch die präsedimentäre Verwitterung und damit das Klima bestimmt wird.

## 6. Schwermineralverteilung in den Melker Sanden

Die Hauptminerale des Schwermineralspektrums der Melker Sande sind Granat, Disthen, Turmalin, Staurolith, Zirkon und Rutil. Die prozentuelle Verteilung dieser Minerale in den Proben ist jedoch sehr unterschiedlich und scheint unter anderem stark lokal beeinflußt zu sein.

Disthen, Turmalin, Zirkon und Rutil sind in fast allen untersuchten Proben im gesamten Bearbeitungsgebiet vorhanden. Staurolith tritt in den Gruben Eggendorf, Hermannschacht, Winzing, Melk und in Zelking oberhalb der fluviatil-ästuarinen Rinnensedimente auf. Dagegen ist in keiner Probe der Grube Grabenegg Staurolith zu finden.

Granat ist in den Sedimenten von Winzing, Melk und Grabenegg fast immer gleichmäßig vertreten. In der Grube Eggendorf ist der Granatgehalt im Liegenden der Regressionsphase sehr gering, oberhalb dieser dagegen deutlich höher. Ebenso findet man in Zelking in den Sanden im Liegenden der Rinne sehr wenig Granat, in der Rinne und im Hängenden dagegen etwas mehr. Am Hermannschacht ist etwas mehr Granat unterhalb des Regressionsbereiches. Im Klebsandhorizont 12 fehlt dieser dagegen fast vollkommen und ist darüber nur sehr wenig am Schwermineralspektrum beteiligt. Auffallend ist im Hängenden der rasche Wechsel von granatarmen Horizonten mit wahrscheinlich aufgearbeiteten, sehr granatreichen Schichten.

Als Hauptliefergebiet der Melker Sande kann man nach den Mineralien Granat, Disthen, Rutil und Zirkon die Böhmsche Masse und zwar hauptsächlich die im unmittelbaren Hinterland anstehenden kristallinen Gesteine annehmen.

Das Mineral Staurolith, das sehr oft zu den Hauptbestandteilen des Schwermineralspektrums gehört, ist dagegen in den Gesteinen der Böhmschen Masse sehr selten zu finden [staurolithführende Glimmerschiefer im österreichischen Moravikum (V. Höck, 1974) und in der ČSSR (D. Němec, 1978)]. Bemerkenswert ist, daß in der Grube Zelking Staurolith gehäuft erst in solchen Sedimenten auftritt, die nach den sedimentpetrologischen Untersuchungen wahrscheinlich in rein mariner Fazies abgelagert wurden. In den Rinnensedimenten fehlt das Mineral dagegen vollkommen und ist im Liegenden die-

ser Rinne nur sehr gering vertreten. In der am weitest südwestlich gelegenen Grube Grabenegg fehlt Staurolith schließlich ganz. Am wahrscheinlichsten ist daher als Liefergebiet des Stauroliths ein vermutlich heute fast erodierter Bereich des Moravikums. Weiters ist noch ein mariner Transport durch Strömungen möglich.

Der Granatgehalt der Melker Sande scheint ähnlich wie der Feldspatgehalt von der präsedimentären Verwitterung und vom Klima aber auch vom pH-Wert des Ablagerungsmilieus abhängig zu sein.

G. WOLETZ (1956), die ebenfalls einen geringeren Granatgehalt des tieferen Stockwerkes der Melker Sande feststellt, vermutet eine präsedimentäre Lösung der Granate durch Humussäuren. In dem zu dieser Zeit herrschenden subtropischen Regenklima kann man eine derartige Selektion der Schwerminerale durchaus annehmen.

Eine Sonderstellung in der Schwermineralführung hat der Klebsandhorizont (12) am Hermannschacht. In diesem fehlt Granat ganz, Turmalin und Staurolith treten sehr stark zurück, Disthen und Rutil überwiegen. Aus experimentellen Untersuchungen über die Schwermineralverwitterung (E. NICKEL, 1973) kann man am ehesten einen pH-Wert um 3 annehmen, bei dem Granat, Turmalin und Staurolith am wenigsten resistent, Disthen, Zirkon und Rutil dagegen stabiler sind. Weiters zeigen manche Körner Oberflächenstrukturen, die durch Ätzung entstanden sein könnten. Wie bereits auch die sedimentpetrologischen Kriterien gezeigt haben, scheinen daher im Gebiet des Hermannschachtes nach der Regressionsphase längere Zeit reduzierende lagunäre Bedingungen geherrscht zu haben.

## 7. Schlußfolgerungen

Aus den Untersuchungsergebnissen ergibt sich folgende fazielle und stratigraphische Entwicklung innerhalb der Melker Formation (H. KURZWEIL & R. ROETZEL, 1981).

Auf einer alten, vielfältig geformten und tiefgründig verwitterten Landoberfläche beginnt vor allem im Bereich zwischen Krems und Karlstetten im unteren Oligozän (oberes Lattorfien–unteres Rupelien, Pg. Z. 19–20a) in kleinen, voneinander getrennten Becken in Küstennähe die Ablagerung limnisch-terrestrischer Pelite. Im mittleren Oligozän (oberes Rupelien, Pg. Z. 20b), vereinzelt auch schon im unteren Oligozän (unteres Rupelien, Pg. Z. 20a) setzt mit fortschreitender Transgression der brackisch-marine Einfluß ein. Es werden dabei weiterhin Feinstsedimente (Pielacher Tegel) abgelagert. Gleichzeitig kommt es zur Bildung paralischer Kohle. Im Raum Zelking scheint die Ablagerung limnischer Pelite erst im oberen Rupelien (Pg. Z. 20b) zu beginnen, in brackischer Fazies sich jedoch bis in das unterste Egerien (tiefe Ng. Z. I) fortzusetzen. Die Transgression dauert bis zum untersten Egerien an, wobei sich die Pielacher Tegel nach und nach mit sandigen Sedimenten verzahnen und schließlich nur mehr Melker Sande, hauptsächlich im Küstenbereich, in der Spritzwasserzone bis Brandungszone sedimentiert werden. Während dieses marinen Vorstoßes ist z. B. im Raum Zelking eine rasche synsedimentäre Absenkung des Untergrundes zu erkennen.

Im untersten Egerien (tiefe Ng. Z. I) setzt eine Regressionsphase ein, in der manche Teile trockenfallen, einige Gebiete unter geringer Wasserbedeckung ste-

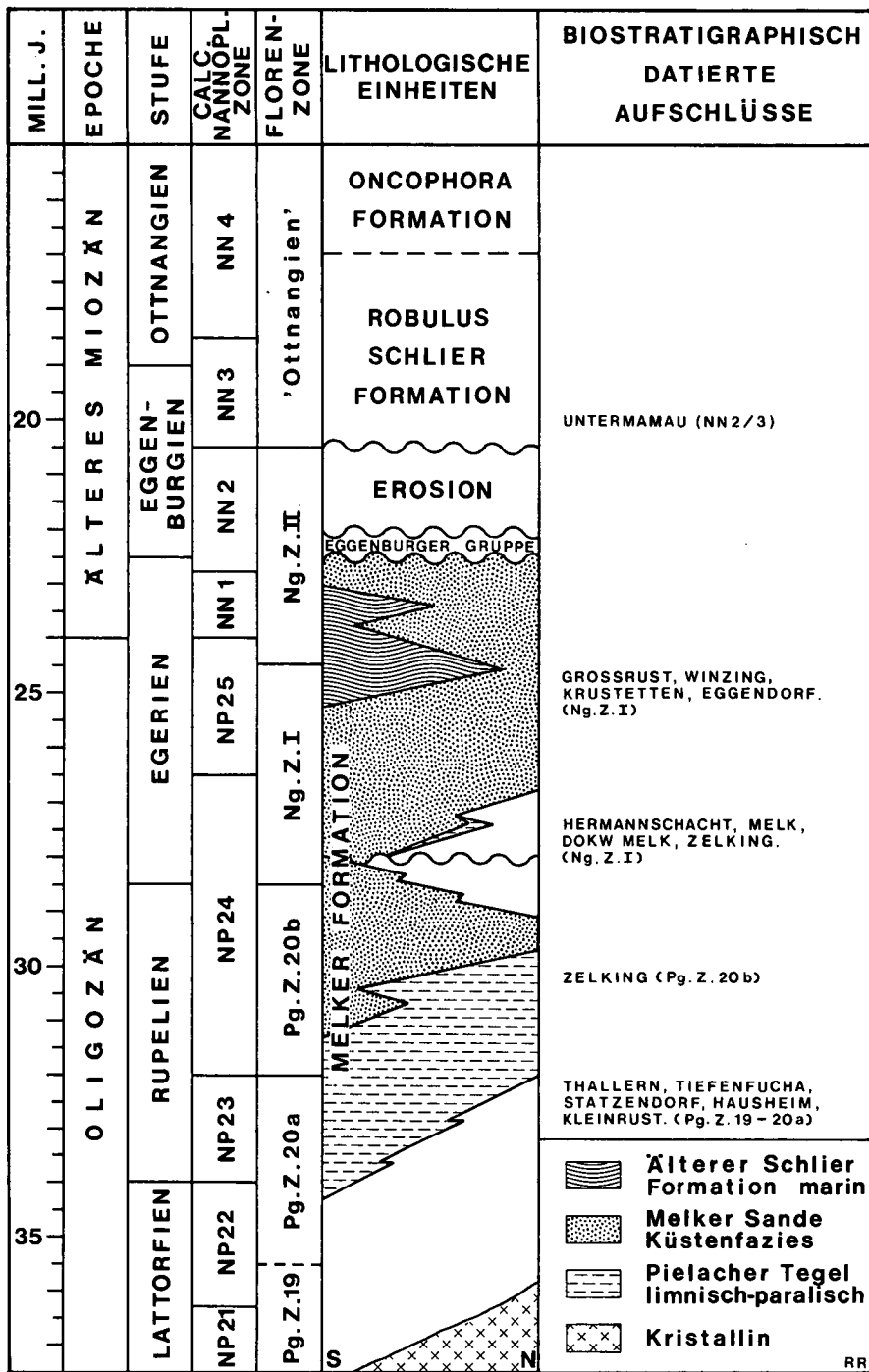


Abb. 57: Stratigraphische Korrelationstabelle des Bereiches Krems-Wieselburg.

hen, wo wieder Kohle gebildet wird oder in kleinen isolierten Becken siltige Tone abgelagert werden. Vereinzelt kann man auch terrestrische Beeinflussung mit Erosion durch fluvial-ästuarine Rinnen beobachten.

Nach dieser Regressionsphase setzt wieder eine marine Transgression ein. Anfangs herrschen besonders in der Wöblinger Bucht längere Zeit lagunäre Bedingungen, teilweise mit einem reduzierenden Milieu. Diesen Lagunen sind wahrscheinlich mächtige Sandbänke vorgelagert. Gleichzeitig kann man im Gebiet von Zelking eine ästuarine Beeinflussung vermuten. Die weitere Schichtfolge der, während dieser Transgression im unteren bis mittleren Egerien abgelagerten Melker Sande ist sehr oft von lokalen Faktoren geprägt, zeigt aber grundsätzlich das Vordringen des Meeres an. Wahr-

scheinlich beeinflusst durch Strömungen, Halbinseln und Inseln mit lokalen Schüttungen, Klima und Wetter oder bloß durch verschiedene Entfernungen von der Küste ist die Sedimentausbildung in den zahlreichen Aufschlüssen oft sehr unterschiedlich. Auch eine tektonische Beeinflussung der Sedimentausbildung und der Sedimentationsrate ist manchmal möglich.

Im Raum N St. Pölten kommt es im Laufe der Transgression nach der Sedimentation im lagunären Bereich zuerst zur Ablagerung von marinen Küstensedimenten aus der Spritzwasser- bis Brecherzone und danach zur Verlegung der vorgelagerten Sandbänke gegen das Festland hin. Vermutlich bestehen diese hauptsächlich aus Grobsanden aufgebauten Sandbänke in der Wöblinger Bucht teilweise aus aufgearbeiteten Sedimenten.



Wahrscheinlich bedingt durch eine geschütztere Lage erfolgt im Raum Melk–Zelking dagegen die Ablagerung von gleichförmigen feinkörnigen Sanden in der Spritzwasser-, Brandungs- und Brecherzone. Bemerkenswert ist im Raum Melk–Zelking die Gleichförmigkeit und große Mächtigkeit der Sande. Während in anderen Bereichen ein rascher Fazieswechsel während der Transgression im Egerien festgestellt wurde, bleibt in diesem Gebiet der Ablagerungsbereich nahezu gleich. Man muß daher ein gleichmäßiges synsedimentäres Absinken des Untergrundes in diesem Bereich annehmen, was durch die Lage an der Diendorfer Störung unterstützt werden würde.

Wiederum in einem deutlich höheren Energiebereich befindet man sich E Wieselburg in dem der Kristallinsel des Hiesberges vorgelagerten Gebiet, wo es in der Übergangszone zur Bildung von submarinen Sandbänken kommt.

Im obersten mittleren Egerien wird schließlich der Schelf erreicht, wo hauptsächlich Pelite (Älterer Schlier) sedimentiert werden. Dabei scheint der Raum Melk–Zelking nicht in den Schelfbereich einbezogen worden zu sein.

Als Hauptliefergebiet der Sedimente der Melker Formation kann man auf Grund des Schwermineralspektrums die Böhmisches Masse bezeichnen. Hauptminerale sind Granat, Disthen, Turmalin, Staurolith, Rutil und Zirkon. Nicht ganz geklärt werden konnte das gehäufte Auftreten von Staurolith, da im Hinterland kein derart stark Staurolith führendes kristallines Gestein anstehend ist. Am wahrscheinlichsten ist die Schüttung von einem heute bereits weitgehend erodierten Gesteinskörper im Moravikum und ein zusätzlicher mariner Transport durch Strömungen.

Beeinflussend auf die Schwermineralverteilung scheinen das Klima und die Verwitterung, aber auch der pH-Wert des Ablagerungsmilieus zu wirken. Der meist geringe Granatgehalt der Liegendsande steht wahrscheinlich in Zusammenhang mit der präsedimentären Verwitterung bei dem subtropischen Regenklima zu dieser Zeit. Vermutlich stark reduzierende Bedingungen bei einem pH-Wert um 3 in lagunärer Fazies im Anschluß an die Regressionsphase reduzieren in der Wölblingen Bucht sehr stark den Granat-, Staurolith- und Turmalin-gehalt.

Ebenfalls für einen nicht sehr weiten Transport und eine rasche Ablagerung verbunden mit der Anlieferung einer großen Sedimentmenge spricht der meist schlechte Rundungsgrad der Sande. Im Gegensatz zu der in diesem Ablagerungsbereich zu erwartenden guten Rundung sind die Komponenten durchwegs kantig bis kantengerundet (very angular–subangular), wobei bei Sedimenten aus dem Küstenbereich (Spritzwasser- bis Brecherzone) der bessere Rundungsgrad beobachtet werden kann. Ein zusätzlicher Grund für die schlechte Rundung könnte die Ablagerung in geschützter Lage hinter vorgelagerten Sandbänken sein (J. D. WASKOM, 1958). Eine etwas längere Aufarbeitung scheinen die vor der Regressionsphase abgelagerten Küstensedimente durchgemacht zu haben (z. B. Liegendbereich am Hermannschacht), da diese Sande gut gerundet (rounded–subrounded) sind.

Der Feldspatgehalt der Sande scheint in Zusammenhang mit dem Klimaverlauf während der Ablagerung zu stehen. Die niedrige Feldspatführung der liegenden Bereiche ist wahrscheinlich auf die starke Feldspatverwitterung in dem im Unter- und Mitteloligozän herrschen-

den subtropischen Regenklima zurückzuführen. Das oberoligozäne warm gemäßigte Klima mit einer geringeren Feldspatverwitterung könnte den höheren Feldspatgehalt der hangenden Sande erklären.

Die hohe Feldspatführung mit einem Überwiegen des Kalifeldspatanteils kann zusammen mit dem Schwermineralspektrum und dem Rundungsgrad als Hinweis auf eine Schüttung von den kalifeldspatreichen Gesteinen des Hinterlandes mit einem kurzen Transportweg und einer raschen Ablagerung angesehen werden.

Die hier festgestellte Folge von Transgression – Regression – Transgression stimmt mit den Ergebnissen von P. GEISSLER (1975) aus dem oberbayerischen Kohlerevier weitgehend überein. In dieser Arbeit konnte ebenfalls nach einer mitteloligozänen marinen Phase eine Regressionsphase mit terrestrischen bis brackischen Ablagerungen im Oberoligozän festgestellt werden. Im obersten Oligozän erfolgt wiederum der marine Vorstoß von Osten her.

Auch P. R. VAIL, R. M. MITCHUM, jr. & S. THOMPSON, III (1977) konnten in ihren Untersuchungen über globale Meeresspiegelschwankungen im unteren Oligozän einen Höchststand, danach vor ca. dreißig Millionen Jahren im untersten Oberoligozän eine globale Regressionsphase und im mittleren Oberoligozän einen Tiefstand des Meeresspiegels feststellen. Diesem folgte im obersten Oberoligozän–untersten Untermiozän ein neuerlicher Anstieg des Meeresspiegels.

Auf Grund der in dieser Arbeit festgestellten faziesabhängigen Sedimentausbildung sollte die großteils auf lithologischen Kriterien basierende Unterteilung der Melker Sande von R. GRILL (1956) in Ältere und Jüngere Melker Sande nicht in stratigraphischer Hinsicht verwendet werden. Im Raum St. Pölten, wo diese Zweigliederung des Sandkomplexes beobachtet wurde, ist die Vergrößerung des Hangenden hauptsächlich auf eine Änderung des Ablagerungsbereiches zurückzuführen. Wie hier gezeigt werden konnte, sind die im Hangenden der Sandgrube Melk aufgeschlossenen Feinsande ebenso „Jüngere Melker Sande“ wie die Grobsande im Hangendbereich der Gruben am Wachtberg und am Kirchbühel. Auch die Färbung der Sande kann auf keinen Fall als Alterskriterium herangezogen werden. Man findet weiße (yellowish gray) Sande auch in den jüngeren Anteilen des Sandkomplexes, gelbe (grayish orange) Psammite dagegen auch in den liegenden älteren Bereichen.

Aussagen über das Alter von kleinen isolierten Aufschlüssen nur mit Hilfe der Lithologie (W. FUCHS, 1977) sollten daher nicht gemacht werden.

Ein Hinweis auf die bei W. FUCHS (1972) beschriebene Trockenfallperiode vor Ablagerung des hangenden Älteren Schliers konnte während dieser Arbeit nicht gefunden werden. Das in der Grube Eggendorf festgestellte Relief ist sicherlich nicht auf eine Regressionsphase zurückzuführen, sondern wahrscheinlich durch submarine Erosion hervorgerufen.

Weiters muß die bisherige Alterseinstufung der Melker Formation (Pielacher Tegel, Melker Sande) und der Älterer Schlier Formation (Älterer Schlier) korrigiert werden.

Wie bereits P. HOCHULI (1978) und F. RÖGL, P. HOCHULI (1978) und C. MÜLLER (1979) zeigen konnten, beginnt die Sedimentation am Südrand der Böhmisches Masse nicht wie bisher angenommen erst im Egerien, sondern bereits im Rupelien. Die in dieser Arbeit angeführten neuen palynologischen Daten von P. HOCHULI

lassen einen noch etwas früheren Sedimentationsbeginn in Süßwasserfazies bereits im oberen Lattorfien vermuten. Dagegen dauert die Ablagerung von sandigen Sedimenten im bearbeiteten Gebiet nicht bis ins Untermiozän (aquitanischer Anteil der Melker Sande) an, da die Ablagerung der Beckensedimente (Älterer Schlier) bereits im mittleren Egerien, also noch im Oligozän (obere Ng. Z. I) beginnt.

#### Literatur

- ABEL, O.: Studien in den Tertiärbildungen des Tullner Beckens. – Jb. Geol. R.-A., **53** (1903), 91–140, Wien 1904.
- ABEL, O.: Bericht über die Fortsetzung der kartographischen Aufnahme der Tertiär- und Quartärbildungen am Außensaume der Alpen zwischen der Ybbs und Traun. – Verh. Geol. R.-A., **1905**, H. 16, 353–360, Wien 1905.
- BALDI, T.: Mollusc fauna of the Hungarian Upper Oligocene (Egerian). – 511 S., Akadémiai Kiadó, Budapest 1973.
- BUYANNANONTH, V.: Upper Oligocene spores and pollengrains of Klein-Rust in Austria. – Verh. Geol. B.-A., **1967**, H. 3, A 68, Wien 1968.
- CZJZEK, J.: Geologische Zusammensetzung der Berge bei Mölk, Mautern und St. Pölten in Niederösterreich. – Jb. Geol. R.-A., **4** (1853), H. 2, 264–283, Wien 1853.
- ELLISON, F.: Über das Tertiär um Loosdorf und Mauer östlich Melk, N.Ö. – Verh. Geol. B.-A., **1936**, H. 6, 139–143, Wien 1936.
- ELLISON, F.: Das Tertiär von Melk und Loosdorf. – Mitt. Alpenl. Geol. Ver., **33** (1940), 35–86, Wien 1942.
- EMERY, K. O.: The sea off southern California. – 366 S., New York (Wiley & Sons) 1960.
- EMERY, K. O.: Relict sediments on continental shelves of the world. – Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, **52**, 445–464, Tulsa, Oklahoma 1968.
- FOLK, R. L. & WARD, W.: Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. – J. Sediment. Petrol., **27**, Nr. 1, 3–26, Tulsa, Oklahoma 1957.
- FREEMAN, W. E. & VISHNER, G. S.: Stratigraphic analysis of the Navajo Sandstone. – J. Sediment. Petrol., **45**, Nr. 3, 651–668, Tulsa, Oklahoma 1975.
- FREY, R. W.: Behavioral and ecological implications of trace fossils. – Trace Fossil Concepts, SEPM Short Course 5, Chapter 3, 43–66, Oklahoma City 1978.
- FREY, R. W., HOWARD, J. D. & PRYOR, W. A.: *Ophiomorpha*: Its morphologic, taxonomic and environmental significance. – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleocology, **23** (1978), 199–229, Amsterdam 1978.
- FRIEDMAN, G. M.: Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics. – J. Sediment. Petrol., **31**, Nr. 4, 514–529, Tulsa, Oklahoma 1961.
- FRIEDMAN, G. M.: On sorting, sorting coefficients, and the log-normality of the grain-size distribution of sandstones. – J. Geol., **70**, Nr. 6, 737–753, Chicago 1962.
- FRIEDMAN, G. M.: Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. – J. Sediment. Petrol., **37**, Nr. 2, 327–354, Tulsa, Oklahoma 1967.
- FRIEDMAN, G. M.: Differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins. – Sedimentology, **26**, 3–32, Oxford–London–Edinburgh–Melbourne (Blackwell Scientific Publications) 1979.
- FUCHS, G. & MATURA, A.: Zur Geologie des Kristallins der südlichen Böhmisches Masse. – Jb. Geol. B.-A., **119** (1976), H. 1, 1–43, Wien 1976.
- FUCHS, TH.: Conchylien aus dem Braunkohlenschurf mit *Cerithium margaritaceum* BROCC. bei Pielach nächst Melk. – Verh. Geol. R.-A., **1868**, H. 10, 216–217, Wien 1868.
- FUCHS, W.: Aufnahmsberichte 1961–1963, 1966–1971, 1975. – Verh. Geol. B.-A., **1962–1964**, **1967–1972**, **1976**, Wien 1962–1964, 1967–1972, 1976.
- FUCHS, W.: Tertiär und Quartär der Umgebung von Melk. – Verh. Geol. B.-A., **1964**, H. 2, 283–299, Wien 1964.
- FUCHS, W.: Tertiär und Quartär am Südostrand des Dunkelsteiner Waldes. – Jb. Geol. B.-A., **115** (1972), H. 2, 205–245, Wien 1972.
- FUCHS, W.: Einige Beiträge zur Tertiär- und Quartärstratigraphie Ober- und Niederösterreichs. – Verh. Geol. B.-A., **1977**, H. 3, 231–241, Wien 1977.
- FUCHS, W.: Die Molasse und ihr nichthelvetischer Vorlandanteil am Untergrund einschließlich der Sedimente auf der Böhmisches Masse. – In: OBERHAUSER, R. (Hrsg.): Der geologische Aufbau Österreichs, 1. Aufl., XIX+701 S., Wien–New York (Springer) 1980.
- FÜCHTBAUER, H.: Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine. – Erdöl und Kohle, **12**, H. 8, 605–613, Hamburg 1959.
- FUTTERER, E.: Studien über die Einregelung, Anlagerung und Einbettung biogener Hartteile im Strömungskanal. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **156**, H. 1, 87–131, Stuttgart 1978.
- GEISSLER, P.: Räumliche Veränderung und Zusammensetzung der Flöze in den Kohlenbergwerken Hausham und Penzberg. – Geologica Bavarica, **73**, 61–106, München 1975.
- GRILL, R.: Oligocän und Miocän im Gallneukirchner Becken östlich Linz a. d. Donau und den anschließenden Gebieten des böhmischen Massivrandes. – Anz. Akad. Wiss., **70**, Nr. 26, 306–308, Wien 1933.
- GRILL, R.: Aufnahmsberichte 1955–1962, 1973, Verh. Geol. B.-A., **1956–1963**, **1974**, Wien 1956–1963, 1974.
- GRILL, R.: Über den geologischen Aufbau des Außeralpinen Wiener Beckens. – Verh. Geol. B.-A., **1958**, H. 1, 44–54, Wien 1958.
- HÄNTZSCHEL, W.: Trace fossils and problematica. – In: TEICHERT, C. (Hrsg.): Treatise on Invertebrate Paleontology, 2. Aufl., Tl. W, Erg. 1, XI+269 S., Geol. Soc. Am. – Univ. Kansas (Boulder (Colorado) & Lawrence (Kansas)) 1975.
- HAUER, F.: Geologische Übersichtskarte der österreichischen Monarchie. Blatt I und II Böhmen. – Jb. Geol. R.-A., **19** (1869), H. 1, 1–58, Wien 1869.
- HOCHULI, P.: Palynologische Untersuchungen im Oligozän und Untermiozän der Zentralen und Westlichen Paratethys. – Beitr. Paläont. Österr., **4**, 1–132, Wien 1978.
- HÖCK, V.: Mineralzonen in Metapeliten und Metapsammiten der Moravischen Zone in Niederösterreich. – Mitt. Geol. Ges., **66–67**, 49–60, Wien 1974.
- INGLE, J. C., jr.: The movement of beach sand. – Developments in sedimentology, **5**, 221 S., Amsterdam (Elsevier) 1966.
- KLAUS, W.: Bericht 1955 aus dem Laboratorium für Palynologie. – Verh. Geol. B.-A., **1956**, H. 1, 121–122, Wien 1956.
- KURZWEIL, H. & ROETZEL, R.: Sedimentpetrographische Untersuchungen an Sedimenten der Melker Serie. – Fortschr. Mineral., **59**, Beiheft 1, 108–109, Stuttgart 1981.
- LECHNER, K.: Lagerstättenkundliche Aufnahmen 1954. – Verh. Geol. B.-A., **1955**, H. 1, 45–50, Wien 1955.
- MALZER, O.: Geologische Charakteristik der wichtigsten Erdöl- und Erdgasträger der oberösterreichischen Molasse. Teil II: Die Konglomerate und Sandsteine des Oligozäns. – Erdöl-Erdgas-Z., **97**, H. 1, 20–28, Wien–Hamburg, 1981.
- MARSAL, D.: Statistische Methoden für Erdwissenschaftler. – XII+152 S., Stuttgart (Schweizerbart) 1967.
- MÜLLER, G.: Das Sand-Silt-Ton Verhältnis in rezenten marinen Sedimenten. – N. Jb. Mineral., **1961**, 148–163, Stuttgart 1961.
- NÉMEC, D.: Zink in Staurolith. – Chem. Erde, **37**, 307–314, Jena 1978.
- NICKEL, E.: Experimental dissolution of light and heavy minerals in comparison with weathering and intratratral solution. – Contr. Sedimentology, **1**, 1–68, Stuttgart 1973.
- NOWACK, E.: Studien am Südrand der Böhmisches Masse. – Verh. Geol. B.-A., **1921**, H. 2, 37–47, Wien 1921.
- PAPP, A. & Mitarbeiter: Zur Nomenklatur des Neogens in Österreich. – Verh. Geol. B.-A., **1968**, H. 1–2, 9–27, Wien 1968.
- PASSEGA, R.: Texture as characteristic of clastic deposition. – Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, **41**, Nr. 9, 1952–1984, Tulsa, Oklahoma 1957.
- PASSEGA, R.: Grain size representation by CM patterns as a geological tool. – J. Sediment. Petrol., **34**, Nr. 4, 830–847, Tulsa, Oklahoma 1964.
- PASSEGA, R. & BYRAMJEE, R.: Grain-size image of clastic deposits. – Sedimentology, **13**, 233–252, Amsterdam 1969.
- PETRASCHEK, W.: Kohlengeologie der österreichischen Teilstaaten. – 2. Tl., VII/3, Die Kohlenlager des außeralpinen Wiener Beckens, 273–298, Katowice 1926.

- POLAGNOLI, J.: Über Quarzsandvorkommen in der Ostmark. – Unveröff. Diss. Techn. Hochsch. Wien (Inst. Mineral. Baustoffkde. II), 86 S., Wien um 1940.
- POŠEPNÝ, F.: Oligocene Schichten bei Pielach nächst Melk. – Verh. Geol. R. A., **1865**, 165–166. In: Jb. Geol. R.-A., **15** (1865), Wien 1865.
- POWERS, M. C.: A new roundness scale for sedimentary particles. – J. Sediment. Petrol., **23**, Nr. 2, 117–119, Tulsa, Oklahoma 1953.
- RADWAŃSKI, A.: Present-day types of trace in the Neogene sequence; their problems of nomenclature and preservation. – In: CRIMES, T. P. & HARPER, J. C. (Hrsg.): Trace fossils 2. 351 S., Liverpool (Seel House Press) 1977.
- ROETZEL, R.: Faziesanalyse der Melker Serie im Bereich Krems–Wieselburg. – Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, II+153 S., Wien 1982.
- RÖGL, F., HOCHULI, P. & MÜLLER, C.: Oligocene – Early Miocene stratigraphic correlations in the Molasse Basin of Austria. – Ann. Géol. Pays Hellén., t. hors sér., **1979**, fasc. III, 1045–1049, Athen 1979.
- RÖGL, F. & ROETZEL, R.: Stop 8.4. Zelking near Melk, Lower Austria. – In: MATURA, A. & SUMMESBERGER, H. (Hrsg.): Geology of the Eastern Alps (an excursion guide). – Abh. Geol. B.-A., 26° C. G. I., **34**, 103–170, Wien 1980.
- ROYSE, C. F., jr.: Recognition of fluvial environments by particle size characteristics. – J. Sediment. Petrol., **38**, Nr. 4, 1171–1178, Tulsa, Oklahoma 1968.
- SCHÄFER, W.: Aktuo-Paläontologie nach Studien in der Nordsee. – VIII+666 S., Frankfurt/Main (Kramer) 1962.
- SCHERMANN, O.: Geologie und Petrographie des Gebietes zwischen Melk und Wieselburg. – Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, VI+229 S.+Anhang, Wien 1966.
- SHEPARD, F. P. & INMAN, D. L.: Nearshore water circulations related to bottom topography and wave refraction. – Trans. Am. Geophys. Union, **31**, 196–212, Washington D. C. 1950.
- SINDOWSKI, K. H.: Die synoptische Methode des Kornkurven-Vergleiches zur Ausdeutung fossiler Sedimentationsräume. – Geol. Jb., **73**, 235–275, Hannover 1957.
- SWIFT, D. J. P., STANLEY, D. J. & CURRAY, J. R.: Relict sediments on continental shelves: A reconsideration. – J. Geol., **79**, Nr. 3, 322–346, Chicago 1971.
- THENIUS, E.: Wirbeltierfunde aus der paläogenen Molasse Österreichs und ihre stratigraphische Bedeutung. – Verh. Geol. B.-A., **1960**, H. 1, 82–88, Wien 1960.
- TRASK, P. D.: Origin and environment of source sediments of petroleum. – 323 S., Gulf Publishing Company, Houston, Texas 1932.
- VAIL, P. R., MITCHUM, R. M., jr. & THOMPSON, S., III: Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 4: Global cycles of relative changes of sea level. – In: PAYTON, C. E. (Hrsg.): Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration. – AAPG, Memoir 26, VII+516 S., Tulsa, Oklahoma 1977.
- VALIA, H. S. & CAMERON, B.: Skewness as a paleoenvironmental indicator. – J. Sediment. Petrol., **47**, Nr. 2, 784–793, Tulsa, Oklahoma 1977.
- VETTERS, H.: Aufnahmsberichte 1924–1937. – Verh. Geol. B.-A., **1925–1938**, Wien 1925–1938.
- VISHER, G. S.: Grain size distributions and depositional processes. – J. Sediment. Petrol., **39**, Nr. 3, 1074–1106, Tulsa, Oklahoma 1969.
- VISHER, G. S. & HOWARD, J. D.: Dynamic relationship between hydraulics and sedimentation in the Altamaha Estuary. – J. Sediment. Petrol., **44**, Nr. 2, 502–521, Tulsa, Oklahoma 1974.
- WASKOM, J. D.: Roundness as an indicator of environment along the coast of Panhandle Florida. – J. Sediment. Petrol., **28**, Nr. 3, 351–360, Tulsa, Oklahoma 1958.
- WEIMER, R. J. & HOYT, J. H.: Burrows of *Callianassa mayor* SAY, geologic indicators of littoral and shallow neritic environments. – J. Paleont., **38**, Nr. 4, 761–767, Tulsa, Oklahoma 1964.
- WOLETZ, G.: Bericht 1955 aus dem Laboratorium für Sedimentpetrographie. – Verh. Geol. B.-A., **1956**, H. 1, 123–124, Wien 1956.
- WOLETZ, G.: Die Schwermineral-Analyse als Hilfsmittel für Prospektion und Stratigraphie. – Verh. Geol. B.-A., **1958**, H. 2, 172–182, Wien 1958.
- WOLF, H.: Geologische Studien beim Bau der Elisabeth-Westbahn zwischen Wien und Linz. – Verh. Geol. R.-A., **1858**, 94–95, In: Jb. Geol. R.-A., **9** (1858), Wien 1858.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 14. Jänner 1983.