



## Taphonomie der Sirenen in den marinen Flachwasserablagerungen (Burgschleinitz-Formation, Eggenburgium, Untermiozän) der Gemeindesandgrube Kühnring (Niederösterreich)

PETER PERVESLER, REINHARD ROETZEL & FRITZ F. STEININGER\*)

19 Abbildungen und 11 Tabellen

Österreichische Karte 1 : 50.000  
Blatt 21

Niederösterreich  
Taphonomie  
Sirenen  
*Metaxytherium krahuletzii*  
Miozän  
Eggenburgium  
Burgschleinitz-Formation

### Inhalt

Zusammenfassung .....	89
Abstract .....	90
1. Einleitung .....	90
2. Geologischer Überblick .....	92
3. Die Gemeindesandgrube Kühnring .....	94
3.1. Lithologische Beschreibung .....	94
3.1.1. Horizont 1 .....	94
3.1.2. Horizont 2 .....	99
3.1.3. Horizont 3 .....	100
3.1.4. Horizont 4 .....	100
3.1.5. Horizont 5 .....	102
3.1.6. Horizont 6 .....	103
3.2. Sedimentpetrologie .....	103
3.2.1. Leicht- und Schwermineralführung .....	103
3.2.2. Granulometrie .....	105
3.3. Faziesinterpretation .....	107
4. Grabungsverlauf und Grabungsergebnisse .....	108
5. Verteilung der Sirenen-Skelettelemente in den Grabungsarealen Kühnring 1982 bis 1991 .....	113
6. Biologie und Verbreitung der Sirenen .....	116
7. Ursprung des <i>Metaxytherium krahuletzii</i> .....	116
8. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen .....	117
Dank .....	118
Literatur .....	119

### Zusammenfassung

In der Gemeindesandgrube von Kühnring, südwestlich von Eggenburg konnten in einer seichtmarinen, von Sturmereignissen geprägten Schichtfolge des Untermiozän (Eggenburgium) Skelettreste von mehreren Seekühen (*Metaxytherium krahuletzii*) freigelegt werden. Die im Verband erhaltenen Skelettelemente von zwei Jungtieren und vier adulten Sirenen sowie isolierte Elemente von weiteren Sirenenkadavern liegen alle auf grobklastischen Ablagerungen eines Schuttstromes (debris flow). Es ist anzunehmen, daß die Tiere alle einem Herdenverband angehörten und gleichzeitig umkamen.

Der Tod der Seeküherde ist wahrscheinlich eine Folge eines schweren Sturmes, verbunden mit dem Eingleiten eines Schuttstromes, möglicherweise indirekt durch Vernichtung der Seegrasareale während dieser Hochenergieereignisse.

Abhängig von ihrer Lage wurden die Kadaver danach durch Strömung und Wellen mehr oder weniger stark zerlegt und von Sanden bedeckt. Der Aufwuchs von Austern auf den Knochen zeigt, daß die Aufarbeitungsphase mehrere Jahre dauerte. Die Stärke von Korrosion und Abrasion der Knochen ist abhängig von der Lage der Skelettverbände im Paläorelief der seichten Bucht.

\*) Anschriften der Verfasser: Dr. PETER PERVESLER, Univ.-Prof. Dr. FRITZ F. STEININGER, Institut für Paläontologie der Universität Wien, Althanstraße 14, A-1090 Wien; Dr. REINHARD ROETZEL, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien.

# Taphonomy of the Sireneians in Marine Shallow Water Deposits (Burgschleinitz Formation, Eggenburgian, Middle Miocene) of the Kühnring Sandpit (Lower Austria)

## Abstract

Skeletal remains of several seacows (*Melaxytherium krahuletzii*) were discovered in the sandpit of Kühnring southwest of Eggenburg (Lower Austria). The shallow marine sediments influenced by storm events are of Lower Miocene age (Eggenburgian). The skeletons of 4 adult and 2 juvenile seacows were found deposited onto the coarse clastic sediments of a debris flow. The animals probably died within a short time period after a storm event. This event may have also damaged extensive seagrass areas, the main food source of the Sirenia. The carcasses were deposited near the coastline and were more or less reworked by wave and current action depending on the position of stranding. The growth of oysters on the bones shows that this period lasted several years.

## 1. Einleitung

Bereits im 19. Jahrhundert sind Reste von Sirenen in die an sich eher urgeschichtlich und volkskundlich ausgerichtete Sammlung des CANDID PONZ REICHSRITTER VON ENGELSHOFEN (+1866) gelangt (Abb. 1). Es findet sich dort auf einem zu Metaxytherienresten gehörenden Beschriftungsetikett der Hinweis: „Kühnring Im Graben neben dem Weg nach Zogelsdorf bey der Au im groben Schotter. 5. July 1852.“ Diese Ortsangabe läßt sich unschwer mit der Umgebung der heutigen Gemeindegandgrube von Kühnring in Zusammenhang bringen.

An der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert kommt es zu einer regen Bautätigkeit im Raum Eggenburg (REINHART, 1991) und damit verbunden zu den spektakulären Wirbeltierfunden (*Gavialosuchus eggenburgensis*, *Schizodelphis sulcatus*, *Melaxytherium krahuletzii*) aus dem Untermiozän (ABEL, 1900, 1904; DEPÉRET, 1895; TOULA & KAIL, 1885). Heute werden diese Funde im eigens für die Sammlungen des

Johann KRAHULETZ errichteten KRAHULETZ-Museum aufbewahrt, so auch die Originale der von Charles DEPÉRET beschriebenen Sirene *Melaxytherium krahuletzii*.

Weiteres, von Österreichischen Fundorten stammendes Material dieser Sirene befindet sich in folgenden Sammlungen: HÖBART-Museum (Horn, N.Ö.), Institut für Paläontologie der Universität Wien, Niederösterreichisches Landesmuseum (die erdwissenschaftlichen Sammlungsbestände des Landes Niederösterreich werden derzeit in der Studiensammlung des KRAHULETZ-Museums aufbewahrt), Geologische Bundesanstalt (Wien), Naturhistorisches Museum (Wien), Sammlung Engelshofen (Schloß Rosenberg, N.Ö.), Sammlung PUTZGRUBER (Straß, N.Ö.), Sammlung PENZ (Wien), Sammlung SCCHAFFER (Schloß-Museum Würting bei Offenhausen, O.Ö.).

Die wichtigsten bisher bekannten, zum Teil heute nicht mehr zugänglichen Fundorte des *Melaxytherium krahuletzii*



Abb. 1.  
Sammlung Engelshofen, Schloß Rosenberg; Lade mit Sirenenresten aus Kühnring.

sind: Burgschleinitz (Sandgrube Hammerschmid – ehem. Sandgrube Sieber), Eggenburg (Schindergraben), Eggenburg (Bauernhanslgrube), Gauderndorf, Kühnring, Maign, Missingdorf, Reinprechtspölla, Rodingersdorf, Roggendorf, Sonndorf (vgl. DAXNER-HÖCK, 1971; PIA & SICKENBERG, 1934; SCHAFFER, 1914, 1925).

Die in dieser Arbeit behandelte Gemeindesandgrube Kühnring liegt auf dem Kartenblatt ÖK 50 Blatt 21 Horn, ca. 2 km südwestlich von Eggenburg und ca. 800 m südöstlich von Kühnring, südlich des Weges zum Armenseelenkreuz, am Nordhang des Scheibenberges (vgl. Abb. 2). Die Grube in ihrer derzeitigen Lage ist ungefähr seit den Sechzigerjahren zur Gewinnung von Bausand und Wegebbaumaterial in Verwendung und derzeit nur mehr sporadisch in Betrieb. Verwachsene Gruben westlich davon, gegen die Schmida hin, weisen jedoch auf weit frühere Abbautätigkeit in diesen Sedimenten hin.

Ganz besondere Bedeutung für die Erdwissenschaften erlangte dieser Aufschluß im Jahre 1982 durch den Fund eines hervorragend erhaltenen, nahezu kompletten Skelettes eines adulten *Metaxytherium krahuletzki* durch Herrn G. PUTZGRUBER aus Straß (Abb. 17, S82). Dieser Fund konnte im Jahre 1985 für das KRAHULETZ-Museum erworben werden. Herr PUTZGRUBER konnte einige Zeit vor der Bergung dieses Skelettes in dessen unmittelbarer Nachbarschaft ein juveniles Sirenen skelett freilegen und bergen (Abb. 17, S82a).

In den folgenden Jahren wurden durch das Institut für Paläontologie der Universität Wien, gemeinsam mit der KRAHULETZ-Gesellschaft in Eggenburg unter der Leitung von F.F. STEININGER und P. PERVESLER mehrere planmäßige wissenschaftliche Grabungen (Abb. 4) durchgeführt, die durch Arbeiten von Studenten im Rahmen von Lehrgrabungen und einem Geländepraktikum des Institutes für Paläontologie der Universität Wien und sedimentologische Detailaufnahmen durch R. ROETZEL ergänzt wurden. Die Kosten dieser Grabungen wurden durch das Land Niederösterreich, die Universität Wien (Institut für Paläontologie) und die KRAHULETZ-Gesellschaft in Eggenburg getragen.

Während dieser Grabungen konnten sowohl weitere, unterschiedlich gut erhaltene Skelettverbände von Seekühen verschiedener Altersstadien als auch eine größere Anzahl von aus solchen Verbänden herausgelösten Elementen, Zähnen von *Metaxytherium krahuletzki*, *Brachyodus onoideus* und einem Tapir, sowie ein

Delphinschädel (*Schizodelphis sulcatus*) und ein höchstwahrscheinlich zugehöriges Unterkiefer entdeckt werden. Die exakte Dokumentation der Lagebeziehungen aller Funde zueinander sollte die Rekonstruktion der Vorgänge vom Tod der Sirenen bis zur endgültigen Einbettung ihrer Überreste ermöglichen.

Auffällig sind neben zahlreichen im Schlammverfahren gewonnenen Zähnen von Meerbrassen (Sparidae) die Zähne von verschiedenen Haifischen darunter auch *Carcharocles megalodon*. Aus diesen Schlammproben stammt auch ein Zahn eines Krokodils.

Zur räumlichen Rekonstruktion der verschiedenen Sedimentkörper in der Gemeindesandgrube von Kühnring, vor allem aber des den Seekuhhorizont direkt unterlagernden Sedimentpaketes, wurden die absoluten Höhen der einzelnen Horizonte an zahlreichen Profilen erhoben. Der eigentliche Aufbau der räumlichen Darstellung erfolgte unter Verwendung von 3-D Surface- und CAD-Programmen.

Die vorliegende Arbeit umfaßt die Grabungsdokumentation und die sedimentologische Bearbeitung der untermiozänen Sedimente der Gemeindesandgrube von Kühnring. Besonders beachtet wurden Kriterien, die zu einer Rekonstruktion der Taphonomie in diesem marinen Flachwasserareal führen konnten, es wurde jedoch keine systematische Bearbeitung der Funde durchgeführt. Die Zugehörigkeit der dokumentierten Sirenenreste zur Spezies *Metaxytherium krahuletzki* wurde durch Herrn Dr. D.P. DOMING bestätigt.

Der Großteil des für diese Arbeit verwendeten Materials aus der Gemeindesandgrube von Kühnring wird in den Sammlungen des KRAHULETZ-Museums aufbewahrt und ist (soweit nicht ausgestellt) nach Grabungsjahren geordnet und verpackt (KÜH82, KÜH85, KÜH87, KÜH88, KÜH89, KÜH90, KÜH91). Der Skelettverband S85 wurde in Fundlage montiert in der erdwissenschaftlichen Schau-

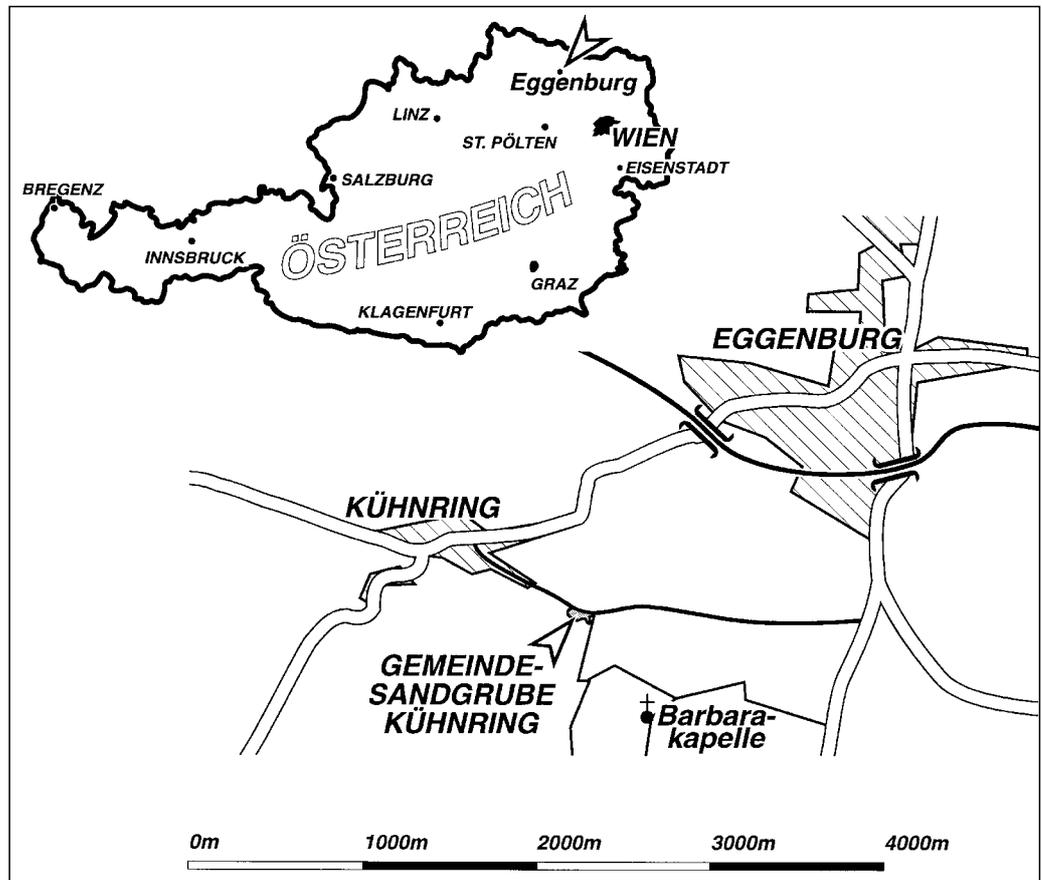


Abb. 2. Lageplan der Gemeindesandgrube Kühnring.

sammlung des KRAHULETZ-Museums aufgestellt (PERVELER & STEININGER, 1986), der juvenile Skelettverband S88 soll ebenfalls in Fundlage montiert im Steinbearbeitungsmuseum von Zogelsdorf bei Eggenburg ausgestellt werden.

## 2. Geologischer Überblick

Am gesamten Ostrand der Böhmisches Masse in Niederösterreich, zwischen Krems und Retz, sind über dem kristallinen Grundgebirge oberoligozäne bis untermiozäne Sedimente weit verbreitet.

Diese terrestrischen bis marinen Sedimente sind Erosionsreste einer ehemals geschlossenen Sedimentdecke, die über einem teilweise schon präsedimentär geformten und zertalten kristallinen Untergrund abgelagert wurden. Später durch syn- und postsedimentäre Tektonik beeinflusst und schließlich bedingt durch Hebung des kristallinen Untergrundes wurden sie teilweise wieder erodiert.

Diese Entwicklungsgeschichte erklärt das meist nicht zusammenhängende Auftreten der tertiären Ablagerungen, die von zahlreichen Kristallinauftragungen unterbrochen werden und oft zusätzlich von quartären Sedimenten bedeckt sind.

Der Großteil des kristallinen Grundgebirges in diesem Raum gehört zum Moravikum und wird im Osten von den Graniten bis Granitgneisen der Thayamasse aufgebaut. Über dieser folgen gegen Westen mehrere Einheiten aus Ortho- und Paragneisen, wechselnd mit Glimmerschiefern, Phylliten und Quarziten sowie Glimmermarmoren und Kalkglimmerschiefern. In den westlich über den moravischen Gesteinsserien folgenden metamorphen Einheiten des Moldanubikums treten vorwiegend Paragneise, Amphibolite und Granulite auf, die auch die kristalline Basis der Sedimente des Horner Beckens bilden.

Im Nahbereich der Gemeindesandgrube Kühnring ist das kristalline Grundgebirge obertags vor allem nördlich und südwestlich des Aufschlusses entlang des Schmidatales und südlich um den Scheibenberg anstehend (vgl. Abb. 3). Es setzt sich vorwiegend aus aplitisch durchschwärmten, grauen und grünlichen Glimmerschiefern zusammen, die als Quarzit-Glimmerschieferserie zur Metasedimenthülle des Thayaplutons gezählt werden (HÖCK & VETTERS, 1975). Eingeschaltet in diese Glimmerschiefer sind grüne Kalksilikathornfelse, Hornfelsquarzite, Pegmatite und Aplite mit Turmalinanreicherungen (HÖCK & VETTERS, 1979). Aus dem Thaya-Batholithen durchschlagende Aplitgänge in grünem Kalksilikathornfels sind an der Wegböschung nördlich der Ausfahrt der Gemeindesandgrube Kühnring zu beobachten (HÖCK & VETTERS, 1975; FRASL in GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT, 1977, 67–68 und in ROETZEL [Hrsg.], 1991, 169–171). Die Granite und Granodiorite des Thaya-Batholithen schließen unmittelbar gegen Osten und Nordosten an die Quarz-Glimmerschieferserie an und sind im Schmidatal nordöstlich Kühnring und auf den Kuppen westlich Zogelsdorf aufgeschlossen.

Tertiäre Bruchtektonik innerhalb des Kristallins, wobei bereits präsedimentär aktive Störungszonen wieder aktiviert werden, ist maßgeblich an der Bildung kleinräumiger Becken, wie z.B. dem Horner Becken oder der Eggenburger Bucht, beteiligt. Die Störungszonen streichen dabei oft subparallel zum NE–SW-streichenden Diendorfer Störungssystem. Synsedimentär wirkt diese Kleintektonik weiter und beeinflusst Sedimentmächtigkeiten und Fazies der tertiären Sedimente. Weiters sind in Aufschlüssen Hinweise auf postsedimentäre Verstellungen zu beobachten, die teilweise noch im Quartär und sogar rezent aktiv

sind. Als wichtigstes postsedimentäres, tektonisches Ereignis ist die sehr späte, wahrscheinlich obermiozäne bis pleistozäne Heraushebung der Böhmisches Masse zu nennen.

In den Sedimenten des Gebietes im Raum Eggenburg können mehrere kartierbare, lithostratigraphische Einheiten unterschieden werden (STEININGER & ROETZEL, 1991a,b).

Aus dem Oligozän bis tiefsten Untermiozän finden sich obertags in der Umgebung von Eggenburg wenige Erosionsrelikte der weiter westlich im Horner Becken weit verbreiteten, fluviatil-limnischen St. Marein-Freischling-Formation mit feldspat- und pelitreichen Sanden und Silten.

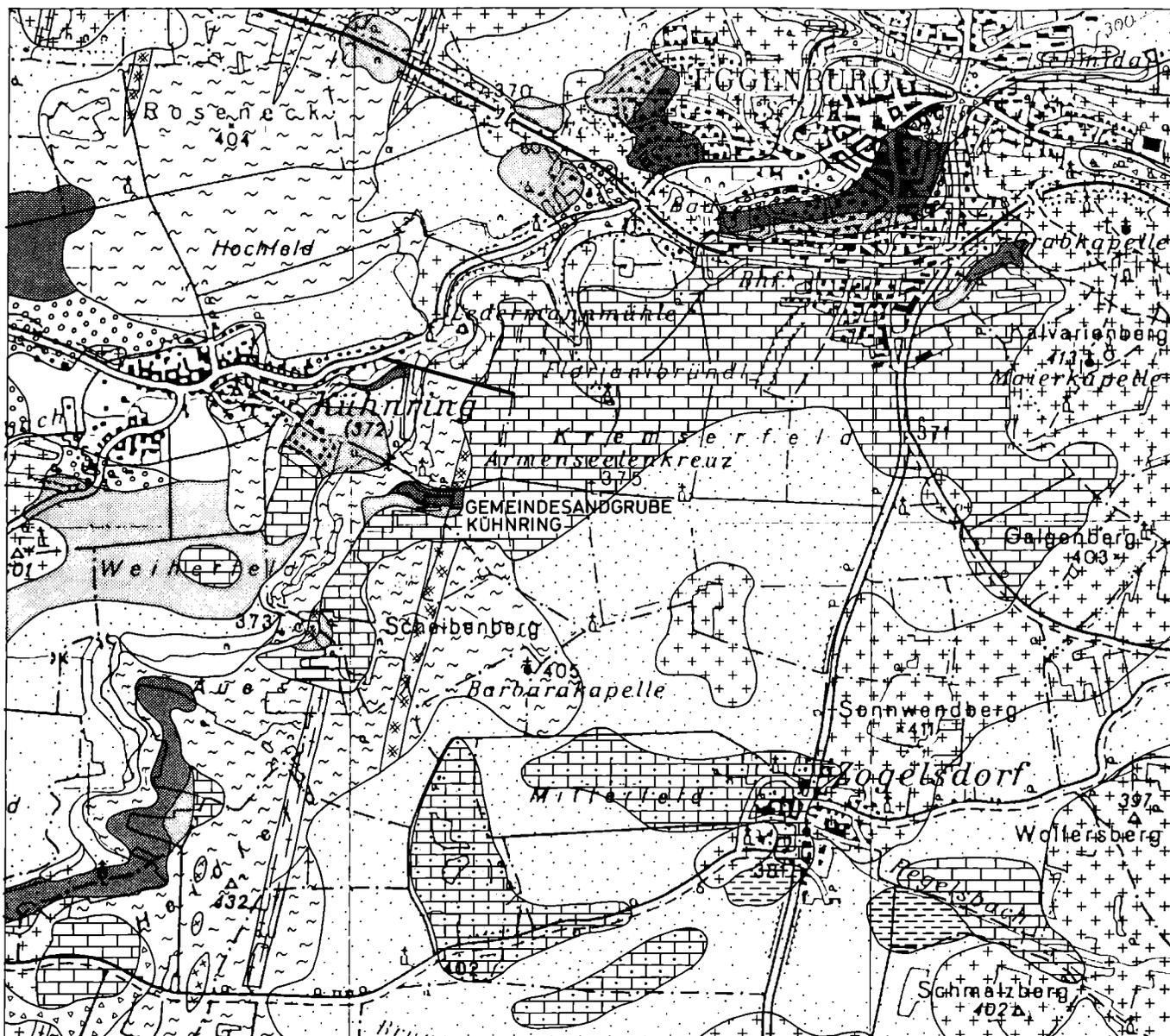
Die marine, litorale Schichtfolge der Transgression des Unteren Eggenburgium (Untermiozän) beginnt mit Grob- bis Feinsanden der Burgschleinitz-Formation. An der Basis dieser Formation treten lokal äußerst schlecht sortierte, fossilreiche Silte, Sande und Kiese auf, die zur Kühnring-Subformation gestellt werden. Aus der Burgschleinitz-Formation geht konkordant im Hangenden die Gauderndorf-Formation mit Feinsanden und Silten und einer reichen, grabenden Molluskenfauna hervor. Mit einer deutlichen Diskordanz liegen darüber die bioklastischen Kalksteine der Zogelsdorf-Formation und markieren gemeinsam mit den im Hangenden folgenden Peliten der Zellerndorf-Formation die Transgression des Oberen Eggenburgium bis Ottnangium.

Die untermiozänen, fossilreichen, brackischen bis marinen Ablagerungen im Raum von Eggenburg sind die Typus-sedimente für die Stufe des Eggenburgium in der Zentralen Paratethys (STEININGER & SENES, 1971). In der hier behandelten Gemeindesandgrube Kühnring sind Sedimente der Burgschleinitz-Formation, Gauderndorf-Formation und Zogelsdorf-Formation aufgeschlossen (vgl. Abb. 5 u. 6).

Die Burgschleinitz-Formation ist besonders in der Eggenburger Bucht verbreitet und transgrediert dort meist direkt auf das reich gegliederte Kristallin der Böhmisches Masse.

Die Basis dieser Formation bilden äußerst schlecht sortierte und schlecht gerundete siltige Kiese und Mittel- bis Grobsande, die zur Kühnring-Subformation gestellt werden. Wie die Schwer- und Leichtmineralspektren zeigen, führen diese, am Beginn der Transgression im Unteren Eggenburgium abgelagerten Sedimente den rasch aufgearbeiteten und kurz transportierten Schutt des tiefgründig verwitterten Kristallins. Die reiche Molluskenfauna mit großen Austern und Mytiliden läßt die Ablagerung in einer seichten, schlammreichen, sublitoralen Fazies mit zeitweiligen Salinitätsschwankungen erkennen. Diesen Sedimenten entstammen auch die meisten terrestrischen Wirbeltierreste des Eggenburgium.

Die daraus hervorgehende oder lateral verzahnende Burgschleinitz-Formation besteht vorwiegend aus einer raschen Wechselfolge von mäßig bis sehr schlecht sortierten Mittel- bis Feinsanden und Kieseinschaltungen. So wie in der Kühnring-Subformation sind die Leicht- und Schwermineralspektren meistens sehr lokal von benachbarten Kristallinauftragungen beeinflusst (THINSCHMIDT, 1991). Selten vorkommende Sedimentstrukturen, wie flache Schrägschichtung, ebene Lamination und Strömungs- bis Wellenrippel weisen auf die Ablagerung im Eulitoral bis seichten Sublitoral hin. Diese Faziesinterpretation steht in Einklang mit der Molluskenfauna dieser Lithofazies. Unter den vielfältigen Lebensspuren in den Se-



**Quartär**

-  Anmooriger Boden, Aulehm, Schwemmsand (Holozän)
-  Junge Bedeckung (Verwitterungsdecken über Kristallin und Tertiär) (hauptsächlich Quartär)
-  Löß (Quartär)

-  Kühnring-Subformation (Untermiozän, unteres Eggenburgium)

**Tertiär**

-  Zellerndorf-Formation (Untermiozän, Ottnangium)
-  Zogelsdorf-Formation (i.a. bzw. Bryozoenkalk) (Untermiozän, oberes Eggenburgium)
-  Gauderndorf-Formation (Untermiozän, unteres Eggenburgium)
-  Burgschleinitz-Formation (Untermiozän, unteres Eggenburgium)

**Kristallin des Moravikums**

-  Dunkles Ganggestein
-  Granitoide des Thayabatholithen
-  Phyllit und Glimmerschiefer
-  Helle Ganggesteine im Glimmerschiefer
-  Quarzit, z.T. mit geringmächtigen Glimmerschieferlagen
-  Störung

Abb. 3. Geologische Karte des Gebietes Eggenburg – Kühnring – Zogelsdorf im Maßstab 1 : 25.000 von F.F. STEININGER und W. VETTERS.

dimenten sind besonders die Spuren vom Typ *Ophiomorpha* auffallend (HOHENEGGER & PERVESLER, 1985). Häufige Anreicherungen von Mollusken in Schillhorizonten, Fluchtsuren, das gemeinsame Auftreten von Feinkiesrippel und Beulenrippel (hummocky cross-stratification) und das wiederholte Auftreten von Kristallinblocklagen, die oft Wirbeltierreste führen, können als deutliche Hinweise auf große Sturmereignisse interpretiert werden.

Besonders in den Sedimenten der Burgschleinitz-Formation ist daher sehr deutlich eine wellendominierte, von Sturmereignissen geprägte, marine Seichtwasserfazies in von Inseln und Halbinseln des Kristallins geschützten Buchten zu erkennen (ROETZEL, 1990).

Vor allem in der Eggenburger Bucht gehen generell sukzessive aus den liegenden Grobsedimenten der Burgschleinitz-Formation die Feinsedimente der Gauderndorf-Formation hervor, die aber auch lateral mit der größeren Eulitoral- bis seichten Sublitoralfazies der Burgschleinitz-Formation verzahnen und bei fortschreitender Transgression randlich über diese hinweggreifen.

Im allgemeinen handelt es sich bei der Gauderndorf-Formation um Silte bis Feinsande, deren größerer Sand- und Kiesanteil besonders an der Basis und in Nähe von Kristallinkuppen auffallend zunimmt.

Die ehemalige ebenflächige bis leicht wellige Schichtung im cm-Bereich ist meist durch die intensive Durchwühlung von Mollusken vollkommen zerstört, sodaß ungeschichtete, massige Sedimente in der Gauderndorf-Formation vorherrschen.

Mitunter treten Einschaltungen von matrixgestützten, normal gradierten Grobsedimenten, manchmal mit Molluskenschillhorizonten auf, die, so wie in der Burgschleinitz-Formation, auf größere Sturmereignisse hinweisen.

Die Sedimente besitzen deutlich höhere Karbonatanteile als die liegenden Formationen und haben durch ihre Feinkörnigkeit auch größere Glimmergehalte.

Die Schwermineralspektren sind nicht mehr so stark von lokalen Faktoren beeinflusst, sondern zeigen über die gesamte Eggenburger Bucht eine weitgehend ausgeglichene Schwermineralzusammensetzung (THINSCHMIDT, 1991).

Die reiche, grabende Molluskenfauna mit meist zartschaligen Formen weist auf ein vollmarines Paläobiotop im Sublitoralbereich hin. Die pelitischen Sedimente der Gauderndorf-Formation können als sandige Schlammböden in etwas tieferen, ruhigen, geschützten, sublitoralen Bereichen der Eggenburger Bucht interpretiert werden.

Die Zogelsdorf-Formation (NEBELSICK, 1989a,b) transgrediert nicht nur mit einer deutlichen Diskordanz über die Burgschleinitz-Formation und Gauderndorf-Formation sondern auch direkt auf das Kristallin und markiert damit die Basis der Transgression des Oberen Eggenburgium bis Ottgangium.

Die meist gut verfestigten, schlecht sortierten, groben Kalksteine führen unterschiedlich hohe terrigene Anteile und werden vorwiegend von Biogenkomponenten dominiert. An der Basis der Zogelsdorf-Formation treten häufig erosiv-transgressiv, aufgearbeitete Sedimente mit Mollusken- und Geröllhorizonten auf. Sedimentäre Strukturen sind selten erhalten, wobei am häufigsten ebene Lamination, selten Rippelschichtung auftritt.

Als Ablagerungsraum kann ein vollmariner, subtidaler Meeresbereich angenommen werden. Mit Hilfe der Biogenanteile lassen sich die Sedimente der Zogelsdorf-Formation, abhängig von paläogeographischen Faktoren, in mehrere Mikrofaziesbereiche gliedern (NEBELSICK, 1989a,b), wobei grob ein karbonatreicher Bereich inner-

halb der Eggenburger Bucht und eine stärker exponierte, terrigenreichere Zone außerhalb der Bucht zu unterscheiden sind. Die komplizierte Mikrofaziesverteilung innerhalb der Zogelsdorf-Formation ist sowohl auf die reich gegliederte Morphologie mit dadurch hervorgerufenen komplizierten Strömungsmustern, als auch auf die fortschreitende Transgression zurückzuführen (NEBELSICK, 1989a,b).

### 3. Die Gemeindesandgrube Kühnring

In der Gemeindesandgrube Kühnring, am Nordhang des Scheibenberges, südöstlich Kühnring, sind am Südhang eines gegen Westen, in das Schmidatal einmündenden Grabens, die untermiozänen Sedimente auf einer Länge von ca. 120 m aufgeschlossen (vgl. Abb. 2, 3 u. 4). Diese Sedimente liegen als Erosionsrelikt in einer schmalen, im Norden und Süden von Kristallin begrenzten Rinne, die aus dem Schmidatal gegen Osten ungefähr West-Ost streicht (vgl. Abb. 3).

Innerhalb des Aufschlusses ist eine normale lithostratigraphische Abfolge mit Sedimenten der Burgschleinitz-Formation, Gauderndorf-Formation und Zogelsdorf-Formation aufgeschlossen (Abb. 5 u. 6). Die kristalline Basis ist in der Grube nicht zu beobachten und konnte auch nicht unterhalb des bestehenden Grubenniveaus durch eine ca. 4 m tiefe Baggerung erreicht werden. Das Kristallin ist jedoch an der Wegböschung nördlich der Ausfahrt der Gemeindesandgrube Kühnring anstehend (vgl. oben).

Die Burgschleinitz-Formation besteht in der Gemeindesandgrube im liegenden Teil aus molluskenreichen Mittel- bis Feinsanden (Horizont 1), die über einem unterschiedlich ausgebildeten Erosionsrelief im Hangenden von einer auffallenden Folge aus Kristallin-Grobschutt und Quarzkies (Horizonte 2–4) überlagert werden.

Die Gauderndorf-Formation (Horizont 5), die aus dieser Grobfazies der Burgschleinitz-Formation hervorgeht, ist in diesem Aufschluß besonders pelitreich und gut geschichtet und führt als Besonderheit eine Kieseinschaltung innerhalb der tonigen Silte.

Die Zogelsdorf-Formation (Horizont 6) als hangendste lithostratigraphische Einheit ist nur im östlichen Teil der Grube anstehend und über dem Transgressionsrelief des Oberen Eggenburgium in basaler Fazies als quarzkies- und biogenreiche Kalksteine ausgebildet.

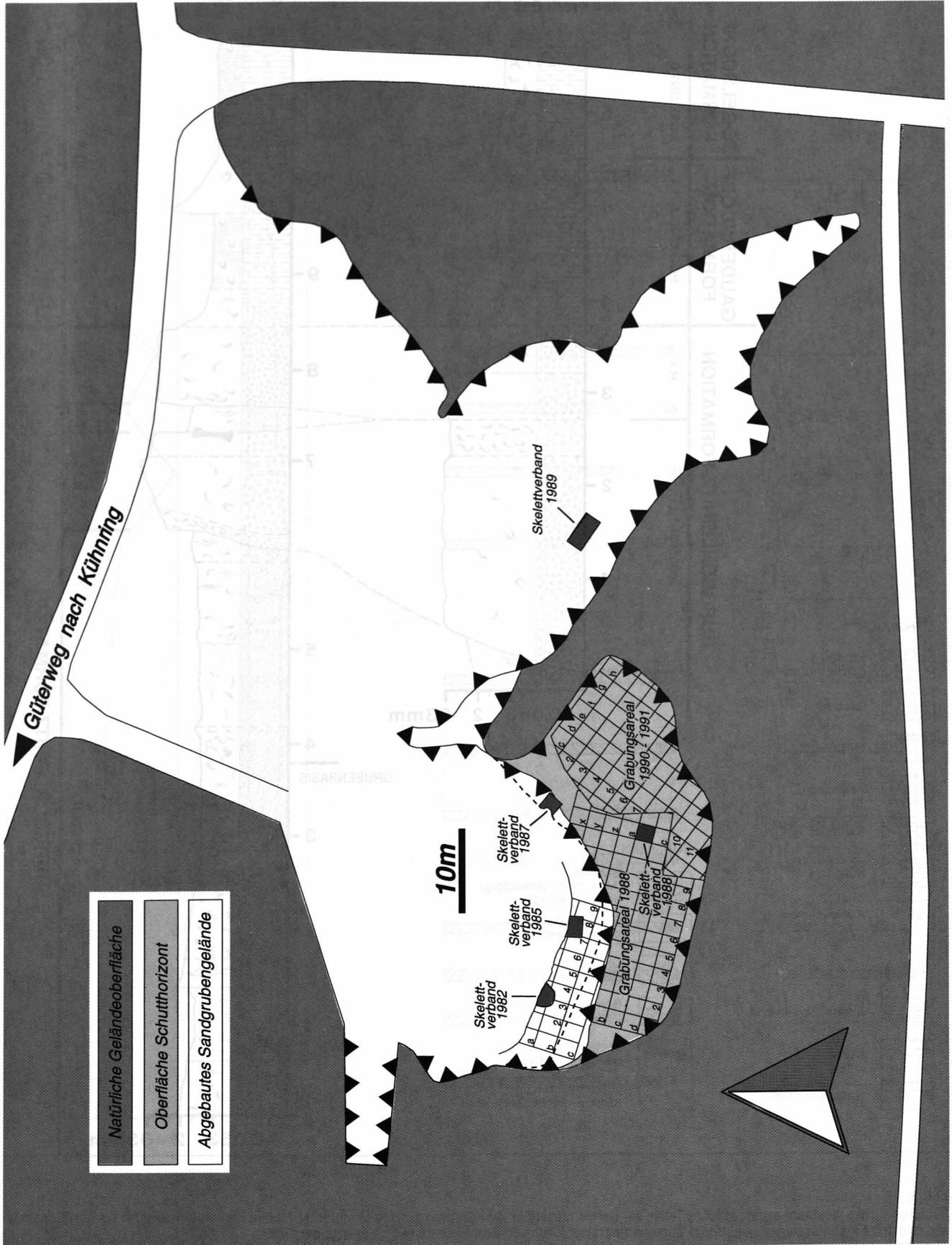
#### 3.1. Lithologische Beschreibung

##### 3.1.1. Horizont 1

Die Burgschleinitz-Formation setzt sich an der Basis aus mindestens 6,3 m Mittelsanden, Feinsanden und siltigen Feinsanden zusammen, wovon in der Grube das Hangende mit ca. 2,5 m aufgeschlossen ist und darunter weitere 3,8 m dieser Sande durch eine Baggerung nachgewiesen werden konnten. Ein äußerst harter Konkretionshorizont an der Basis verhinderte die Freilegung des Kristallins oder möglicher weiterer Sedimente der Burgschleinitz-Formation oder der Kühnring-Subformation.

Die im Liegenden gelbbraunen bis braungelben, im Hangenden gelborangen bis gelbgrauen Sande führen oft gut gerundete Quarzkiese, vorwiegend im Feinkiesbereich, meist als Einzelkörner oder in dünnen Lagen und Linsen. Eckige Quarzkomponenten im Fein- bis Mittelkiesbereich sind dagegen nur auf die stärker grobsandig-kiesige Basis beschränkt. Im mittleren Teil des Horizontes 1 ist eine deutliche Verfeinerung zu siltigen Feinsanden zu beob-

Abb. 4.  
 Detailplan der  
 Gemeinde-  
 sandgrube  
 Kühnring mit  
 Lage der Gra-  
 bungsareale  
 und Skelett-  
 verbände der  
 Seekühe.



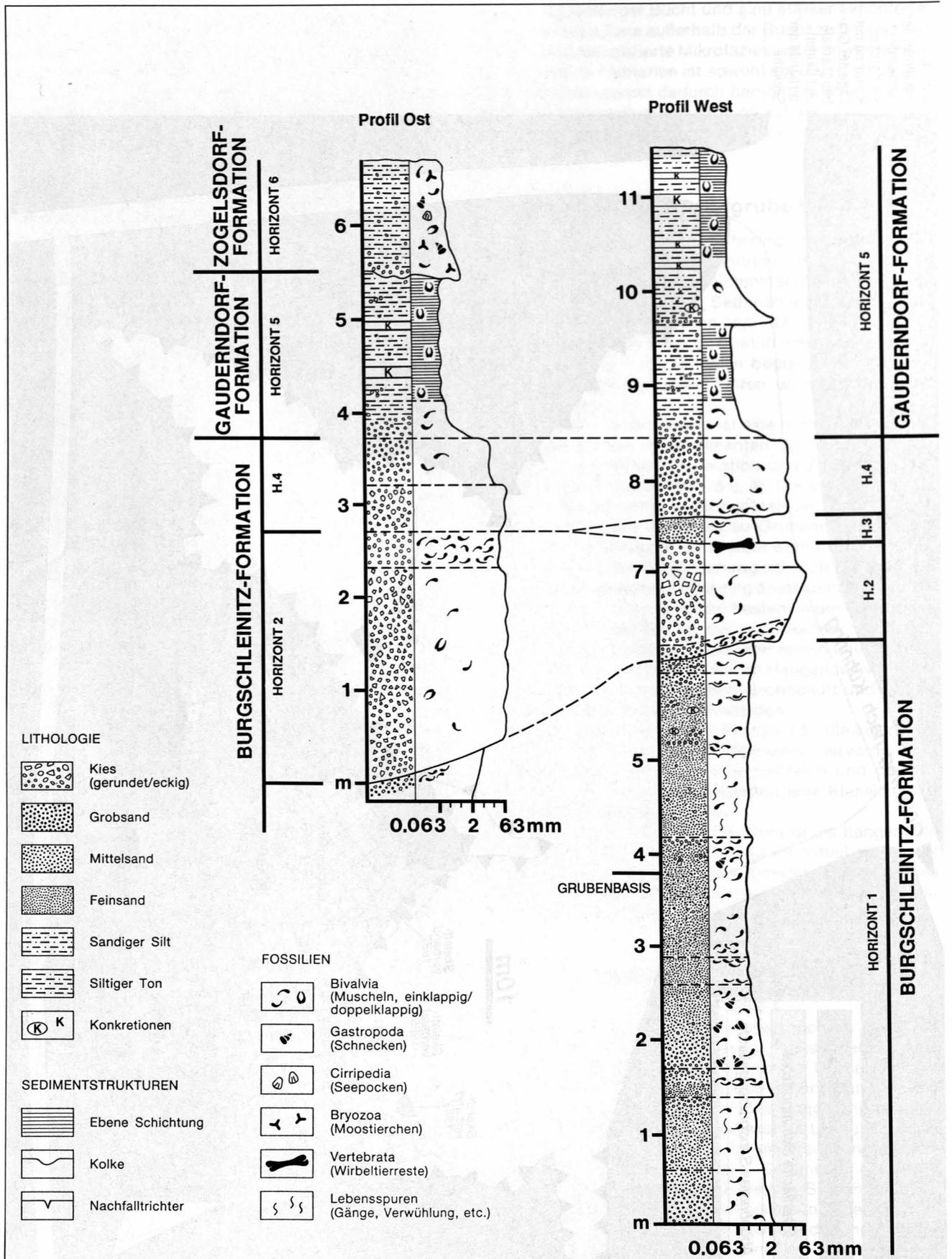


Abb. 5. Säulenprofil des westlichen und östlichen Teiles der Gemeindegandgrube Kühnring mit den granulometrischen Parametern aus den Korngrößenanalysen und den Ergebnissen der Leicht- und Schwermineralanalysen von Proben des westlichen Grubenteiles.

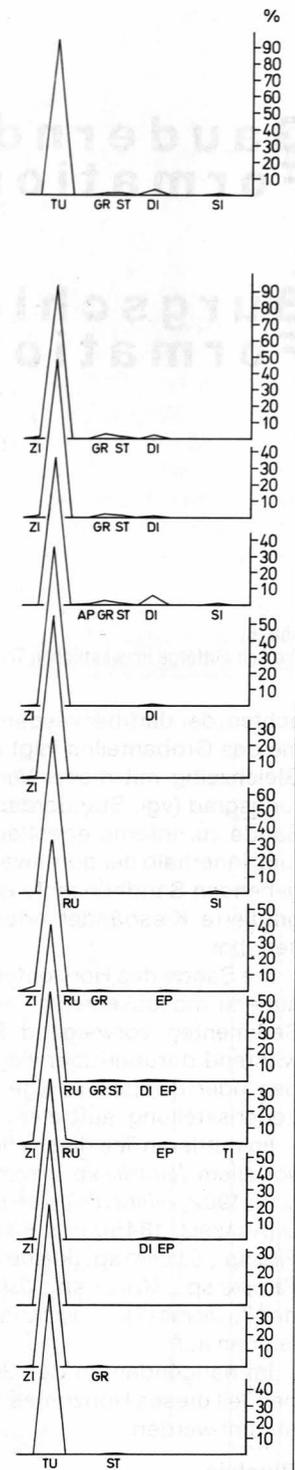
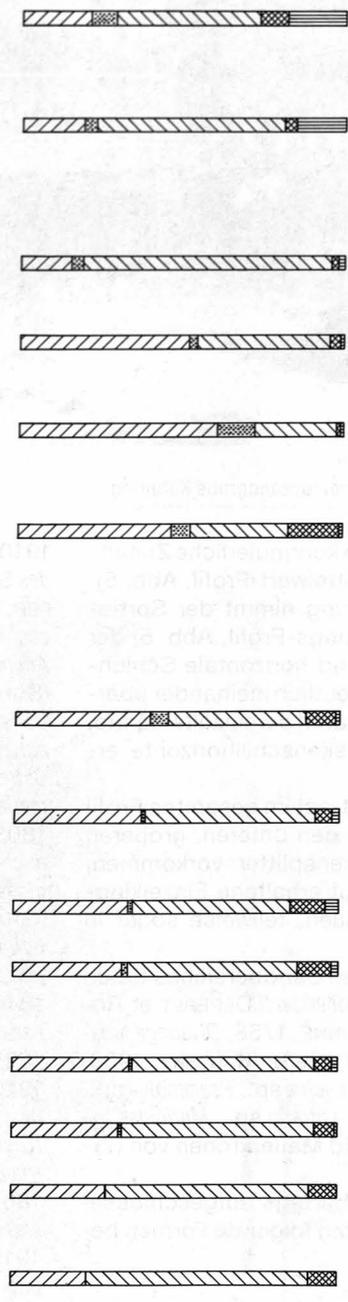
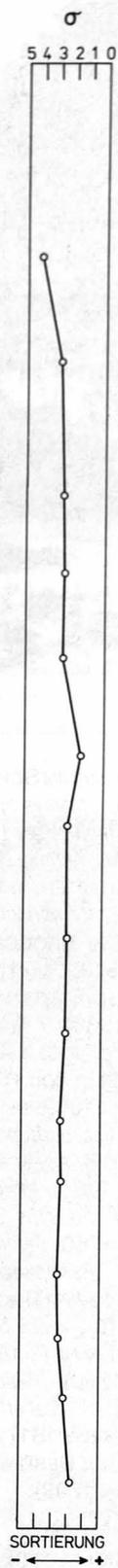
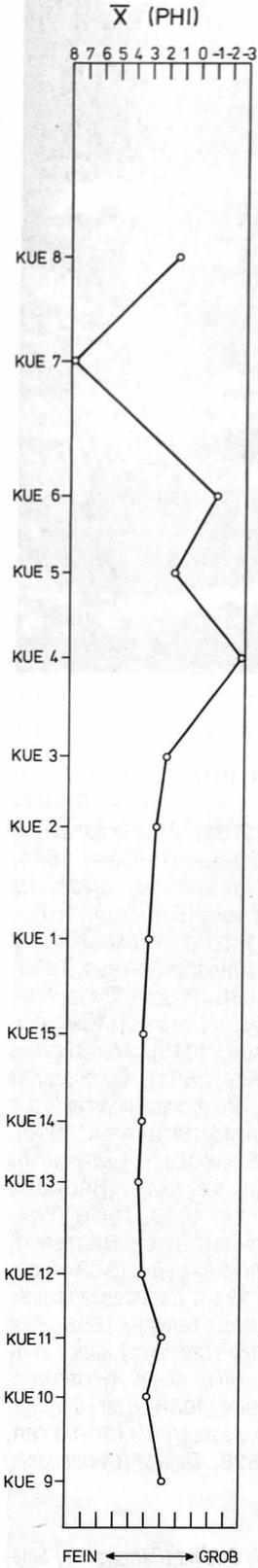
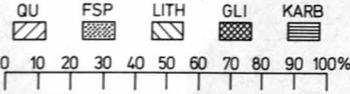
**MITTELWERT  
(MEAN)**

**SORTIERUNG  
(STANDARD-  
ABWEICHUNG)**

**MINERALVERTEILUNG**

**LEICHTMINERALE**

**SCHWERMINERALE**



## Gauderndorf- Formation

## Burgschleinitz- Formation



Abb. 6.  
Die Schichtfolge im westlichen Teil der Gemeindegandgrube Kühnring.

achten, der darüber wiederum eine kontinuierliche Zunahme des Grobanteiles folgt (vgl. Mittelwert-Profil, Abb. 5). Gleichzeitig mit dieser Vergrößerung nimmt der Sortierungsgrad (vgl. Standardabweichungs-Profil, Abb. 5) der Sande zu. Interne ebenflächige und horizontale Schichtung innerhalb der durchwegs unendlich ineinander übergehenden Sandhorizonte ist nur durch vereinzelte dünne, gradierte Kiesbänder oder Molluskenschillhorizonte erkennbar.

Die Sande des Horizontes 1 sind fast im gesamten Profil äußerst molluskenreich, wobei in den unteren, größeren Sedimenten vorwiegend Molluskensplitter vorkommen, während darüber überwiegend gut erhaltene Einzelklappen oder doppelklappige Individuen, teilweise sogar in Lebensstellung, auftreten.

Im mittleren Teil dieses liegenden Sandbereiches treten vor allem *Turritella* sp., *Pecten pseudobeudanti* DEPÉRET et ROMAN; 1902, *Tellina* (*Peronaea*) *planata* LINNÉ, 1758, *Divalinga ornata* (AGASSIZ, 1845), *Pitar* (*Cordiopsis*) *schafferi* KAUTSKY, 1936, *Pitar* sp., *Cardium* sp. (kleine Form), *Lucina* sp., *Psammobia* sp., *Panopea* sp., *Mytilus* sp., *Ostrea* sp., *Lutraria* sp., *Muricidae* indet.?, *Thracia* (?), *Lucinidae* indet. und Mauerkronen von *Balaniden* auf.

Im hangenden, in der Grube obertags aufgeschlossenen Teil dieses Horizontes 1 konnten folgende Formen bestimmt werden:

### Bivalvia

*Lembulus emarginatus* (LAMARCK, 1819), *Arca* (*Arca*) *biangula* LAMARCK, 1805, *Anadara fichteli grandis* (SCHAEFFER, 1910), *Barbatia* (*Acar*) *barbata subhelbingi* (D'ORBIGNY, 1852), *Glycymeris* (*Glycymeris*) *fichteli* (DESHAYES, 1852), *Pinna* sp., *Pinctada phalaenacea* (LAMARCK, 1819), *Isognomon rollei* (HOERNES, 1867), *Pecten pseudobeudanti* DEPÉRET et ROMAN, 1902, *Chlamys holgeri* (GEINITZ, 1846), *Chlamys holgeri inaequicostata* (SCHAEFFER,

1910), *Chlamys holgeri sulcata* SCHAEFFER, 1910, *Chlamys flabelloides* SCHAEFFER, 1910, *Chlamys opercularis miotransversa* (SCHAEFFER, 1910), *Chlamys multistriata* (POLI, 1791), *Anomia ephippium costata* BROCCHI, 1814, *Anomia ephippium aspera* PHILIPPI, 1844, *Anomia rugosa* SCHAEFFER, 1914, *Crassostrea gryphoides* (SCHLOTHEIM, 1813), *Pycnodonta navicularis* (BROCCHI, 1819), *Ostrea* (*Ostrea*) *lamellosa* BROCCHI, 1814, *Ostrea* (*Ostrea*) *edulis adriatica* LAMARCK, 1819, *Ostrea* (*Ostrea*) *frondosa* SERRES, 1829, *Ostrea* (*Ostrea*) *granensis* FONTANNES, 1880, *Plastomiltha multilamellata* (DESHAYES, 1830), ? *Taras* (*Taras*) *rotundatus* (MONTAGU, 1803), *Linga* (*Linga*) *columbela* (LAMARCK, 1818), *Acanthocardia michelottianum* (MAYER in coll.) (HOERNES, 1861), *Acanthocardia moeschianum* (MAYER, 1859 in coll.), *Bucardium hoernesianum* (GRATELOUP), *Bucardium burdigalinum grande* (SCHAEFFER, 1910), *Lutraria* (*Lutraria*) *sanna* BASTEROT, 1825, *Lutraria* (*Lutraria*) *lutraria jeffreysi* (GREGORIO, 1884), *Iphigenia lacunosa tumida* (BROCCHI, 1814), *Gastrana fragilis gracilis* SCHAEFFER, 1910, *Tellina* (*Peronaea*) *planata* LINNÉ, 1758, *Tellina* (*Peronaea*) *zonaria* BASTEROT, 1825, *Sanguinolaria* (*Psammotaea*) *labordei major* (SCHAEFFER, 1910), *Psammobia uniradiata* BROCCHI, 1814, *Coralliophaga hoernesii* (SCHAEFFER, 1910), *Venus burdigalensis* MAYER, 1858, *Pitar* (*Chionella*) *italica* DEFRENCE, 1818, *Pitar* (*Chionella*) *italica subtriangula* (SACCO, 1900), *Pitar* (*Chionella*) *raulini* (HOERNES, 1861), *Pitar* (*Cordiopsis*) *schafferi* KAUTSKY, 1936, *Pitar* (*Cordiopsis*) *incrassata* (SOWERBY, 1817), *Paphia subcarinata* (SCHAEFFER, 1910), *Panopea menardi* DESHAYES, 1828, *Thracia* (*Cyathodonta*) *pubescens* (PULTENEY, 1799).

### Gastropoda

*Scutus bellardii* (MICHELOTTI, 1847), *Diloma* (*Paroxystele*) *amedei amedei* (BROGNIART, 1823), *Turbo* sp., *Turritella* (*Haustator*) *eryna rotundata* SCHAEFFER, 1912, *Turritella* (*Peyrotia*) *desmarestina desmarestina* BASTEROT, 1825, *Turritella* (*Turritella*?) *terebralis percingulellata* SACCO, 1895, *Protoma* (*Protoma*) *cathedralis paucicincta* SACCO, 1895, *Protoma* (*Protoma*) *cathedralis quadricincta*

SCHAFFER, 1912, *Vermetus* sp., *Calyptrea* (*Bicatillus*) *deformis irregularis* DOLLFUS et DAUTZENBERG, 1886, *Drepanocheilus speciosus* ssp., *Neverita olla manhartensis* SCHAFFER, 1912, *Lunatia catena helicina* (BROCCHI, 1814), *Natica* (*Nacca*) *millepunctata tigrina* DEFRANCE, 1825, *Sinum* (*Sinum*) *clathrata* RÉLUZ, 1843, *Ficopsis* (*Fulguroficus*) *burdigalensis gauderdorfensis* SACCO, 1891, *Babylonia* (*Peridipsaccus*) *eburnoides* (MATHERON, 1842), *Euthriofusus* (*Euthriofusus*) *burdigalensis* (BASTEROT, 1825), *Tudicla* (*Tudicla*) *rusticula rusticula* (BASTEROT, 1825).

### Scaphopoda

*Dentalium* (*Antalis*) *kickxi transiens* STEININGER, 1963.

Mikrofossilien treten in den liegenden Sanden ebenfalls erst ab dem mittleren Bereich auf. Die Foraminiferenfauna wird von der Gruppe *Ammonia parkinsonia* (D'ORB.) – *tepida* (CUSH.) dominiert. Häufig sind weiters *Aubignyna simplex* (EGGER), *Buccella propingua* (REUSS), *Elphidium reussi* MARKS, *Elphidium crispum* (L.), *Elphidium granosum* (D'ORB.), *Elphidiella cryptostoma cryptostoma* (EGGER), *Nonion commune* (D'ORB.), *Hanzawaia boueana* (D'ORB.) und *Cibicidoides pseudoungarianus* (CUSH.). Das Plankton, hauptsächlich durch *Cassigerinella globulosa* (EGGER) und *C. boudecensis* POKORNY vertreten, ist kleinwüchsig und nicht häufig.

Aufgrund der reichen Molluskenfauna sind die Sedimente stark bioturbiert. Besonders im oberen Teil dieses sandigen Abschnittes können Gangsysteme beobachtet werden, die ohne besonders gefestigte Wandbereiche angelegt wurden. Die Durchmesser der Gänge betragen 2–3 cm. In manchen aufgebrochenen Gangabschnitten sind halbmondförmige Stopfstrukturen zu erkennen, andere Bereiche wurden passiv mit Grobsand gefüllt. Als

Verursacher dieser Gangsysteme kommen vor allem grabende Crustaceen in Frage.

Der hangende Teil der Burgschleinitz-Formation wird von einer auffallenden Folge aus Kristallin-Grobschutt und Quarzkies (Horizonte 2–4) gebildet.

### 3.1.2. Horizont 2

Über den Mittel- bis Feinsanden des Horizontes 1 folgt ein auffallender gelbbrauner bis gelbgrauer Grobhorizont, der im westlichen Teil des Aufschlusses über einem schwachen Erosionsrelief eine gleichmäßige Mächtigkeit um 1 m besitzt, gegen Osten jedoch über einer deutlich ausgebildeten Erosionsdiskordanz bis ca. 3 m Mächtigkeit erreicht.

Dieser Profilbereich ist wiederum intern in drei ineinander übergehende Einheiten gegliedert, und zwar in einen Molluskenschill-Horizont an der Basis (Horizont 2A), einen invers gradierten Kristallin-Grobschutt-Horizont (Horizont 2B) und einen Quarzkies-Horizont im Hangenden (Horizont 2C) (vgl. Abb. 7).

Der basale, äußerst molluskenschillreiche Horizont 2A ist 0.3–0.4 m mächtig, wobei der Molluskenschill besonders im mittleren Teil sehr dicht gepackt ist. Er besteht vorwiegend aus Einzelklappen von *Arca* sp., *Glycymeris* sp., Ostreiden, *Pitar* sp., *Panopea* sp. und großwüchsigen Turritelliden, und ist im Bereich der dichtesten Schillpackung nahezu monospezifisch mit weitgehend konkav orientierten Schalen von *Lucinoma* sp.

Das vom Liegenden zum Hangenden zunehmend gröber werdende Sediment des Horizontes 2A beginnt mit feinkiesigen Mittelsand-Grobsand, geht im Bereich der dicht-

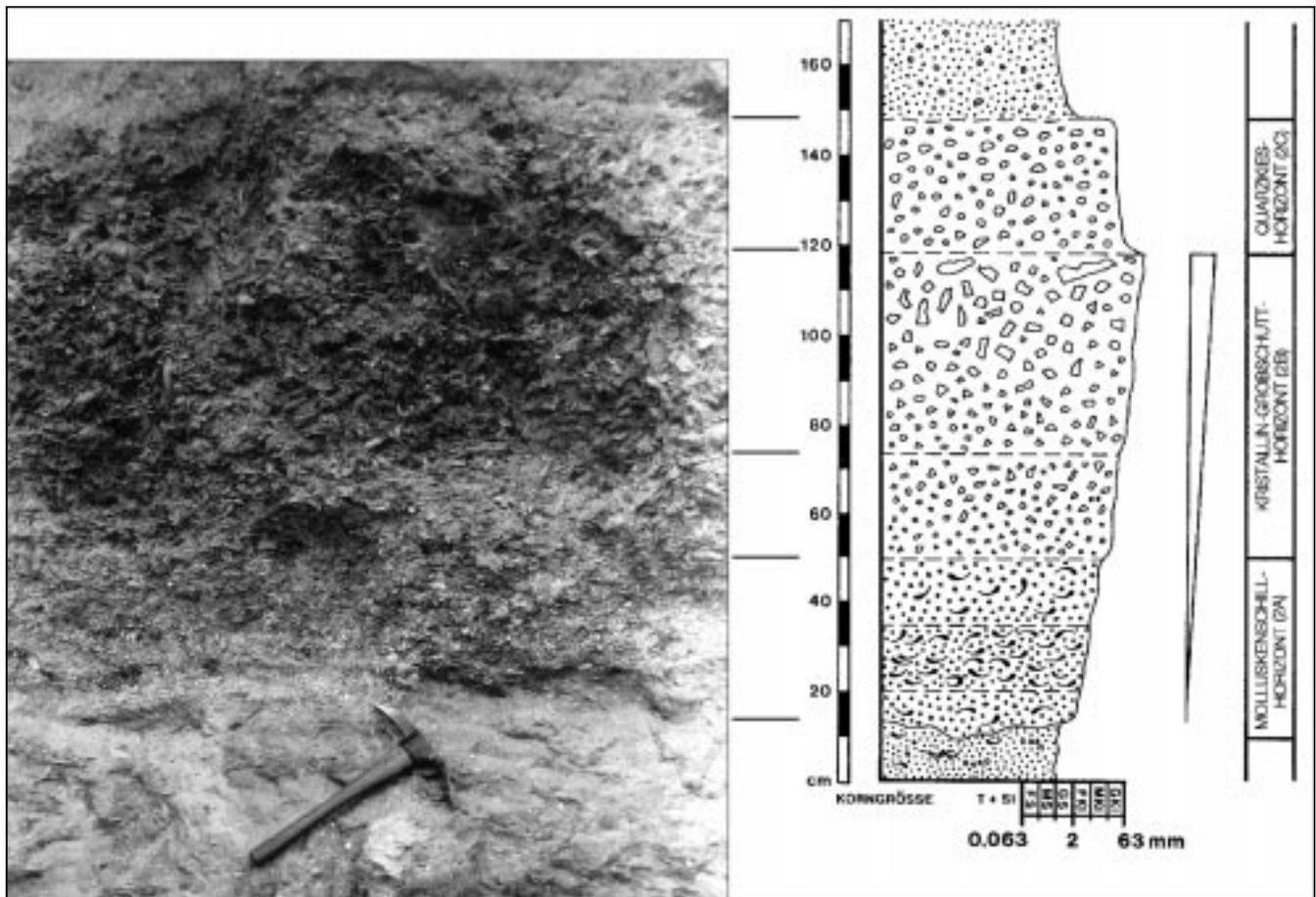


Abb. 7. Foto und Detailskizze des Schutthorizontes (Horizont 2) in der Gemeindegrobsandgrube Kühnring.

Abb. 8.  
Kristallinplatten am Top des  
Trümmerstromes (debris  
flow).  
Fläche ca. 3×3 m.



ten Schillpackung in Grobsand-Feinkies und darüber schließlich in mittelkiesigen Feinkies über, der vorwiegend aus eckigen Quarz besteht.

Im westlichen Grubenteil setzt sich diese inverse Gradierung auch im darüber folgenden Kristallin-Grob-schutt-Horizont 2B fort, der dort um 0,7 m mächtig ist. In diesem Profilabschnitt ist eine sehr deutliche Korngrößenzunahme gegen das Hangende von Mittel-

zu Grobkiesen zu beobachten. Die größten Komponenten haben meist Durchmesser von 8–15 cm, vereinzelt bis 30 cm.

Besonders auffallend sind am Top dieses Horizontes jedoch große Kristallinplatten mit Durchmessern von 10–50 cm, vereinzelt sogar bis 80 cm. Diese nehmen im westlichen Grubenabschnitt gegen Osten an Größe und Häufigkeit deutlich zu, wo sie einen durchgehenden, dicht belegten Plattenhorizont bilden (vgl. Abb. 8 u. 9).

Die Analyse der Streichrichtungen der Längsachsen dieser Kristallinplatten ergab keine bevorzugten Richtungen (vgl. Vektorhistogramm Abb. 9).

Im östlichen Grubenabschnitt, wo der Horizont 2B bis 2,3 m mächtig wird, ist eine Vergrößerung gegen das Hangende dagegen nur undeutlich zu erkennen.

Die sehr schlecht sortierten Komponenten sind vorwiegend matrixgestützt, mitunter auch korngestützt und chaotisch gelagert. Man findet großteils kantengerundete Kristallinkomponenten, und zwar vor allem plattige, aplitische Muskowitgneise und Turmalinquarzite (pers. Mitteilung G. FRASL), die innerhalb des Schuttkörpers teilweise mit den Längsachsen vertikal im Sediment orientiert sind. Untergeordnet treten gut bis sehr gut gerundete Quarze auf.

Besonders im östlichen Grubenteil sind vereinzelt Einzelklappen dickschaliger Mollusken, wie z.B. *Glycymeris* sp., *Chlamys holgeri* (GEINITZ, 1846), *Pitar* sp. und *Protoma* sp. zu beobachten.

Der hangendste, ca. 0,3–0,4 m mächtige Teil 2C des Grobhorizontes besteht aus siltigem Grobsand mit einem hohen Anteil von Mittel- und Grobkies, der aber in der Kiesfraktion im Gegensatz zum darunter liegenden Bereich fast ausschließlich nur gut bis sehr gut gerundete Quarzkomponenten führt. Im östlichen Grubenteil, wo dieser Horizont nur undeutlich vom liegenden Kristallinschutt zu trennen ist, findet man wiederum Einzelklappen vor allem dickschaliger Mollusken in chaotischer Lagerung.

Im westlichen Grubenteil ist gegen Südosten eine langsame Abnahme der Mächtigkeit bis zu einem fast vollständigen Auskeilen des Horizontes 2C zu beobachten, sodaß dort der Horizont 3 direkt auf dem Plattenhorizont (Top Horizont 2B) aufliegt.

Horizont 3

### 3.1.3. Horizont 3

Als lateral gegen Osten auskeilender Horizont tritt im westlichen Teil des Aufschlusses über dem Quarzkieshorizont 2C ein 0,2–0,3 m mächtiger, graugelber, siltig-kiesiger Fein- bis Mittelsand auf, der im mittleren und östlichen Teil der Gemeindegandgrube Kühnring nicht mehr beobachtet werden kann. Der Kiesanteil, der gegen Osten kontinuierlich zunimmt, besteht wiederum aus sehr gut bis gut gerundeten Quarzen. An biogenen Anteilen treten Mollusken-Einzelklappen und Schillnester auf.

Meist eingebettet in diese siltig-kiesigen Fein- bis Mittelsande, am Top des liegenden Grobhorizontes, wurden in den letzten Jahren einige, unterschiedlich gut erhaltene Skelettverbände von Sirenen (*Metaxytherium krahuletzki*) und eine größere Anzahl von isolierten Skelettelementen gefunden. Auch der, während der Grabung 1990 gefundene Delphinschädel (*Schizodelphis sulcatus*) und der vermutlich dazu gehörende Unterkiefer wurden in dieser Position aufgefunden. Im mittleren Grubenteil, wo der Sandhorizont gegen Osten bereits auskeilt, liegen die Skelettreste ebenfalls am Top des Grobhorizontes, jedoch bedeckt vom hangenden Kies des Horizontes 4.

### 3.1.4. Horizont 4

Dieser hangende, im Westen über dem Sandhorizont (Horizont 3), im mittleren und östlichen Grubenteil über dem Grobhorizont (Horizont 2) liegende, braungelbe bis gelbbraune Mittel- bis Feinkieshorizont mit grob- bis mittelsandiger Matrix hat eine Mächtigkeit von 0,8–1 m. In der Kiesfraktion überwiegen gut bis sehr gut gerundete Quarze. Die meist untergeordnet vorkommenden Kristallinkomponenten sind dagegen sehr unterschiedlich gerundet, wobei eckige bis sehr gut gerundete Kristallinanteile auftreten. Im östlichen Grubenteil, wo der Kristallinanteil etwas höher ist, ist dieser Horizont gröber und

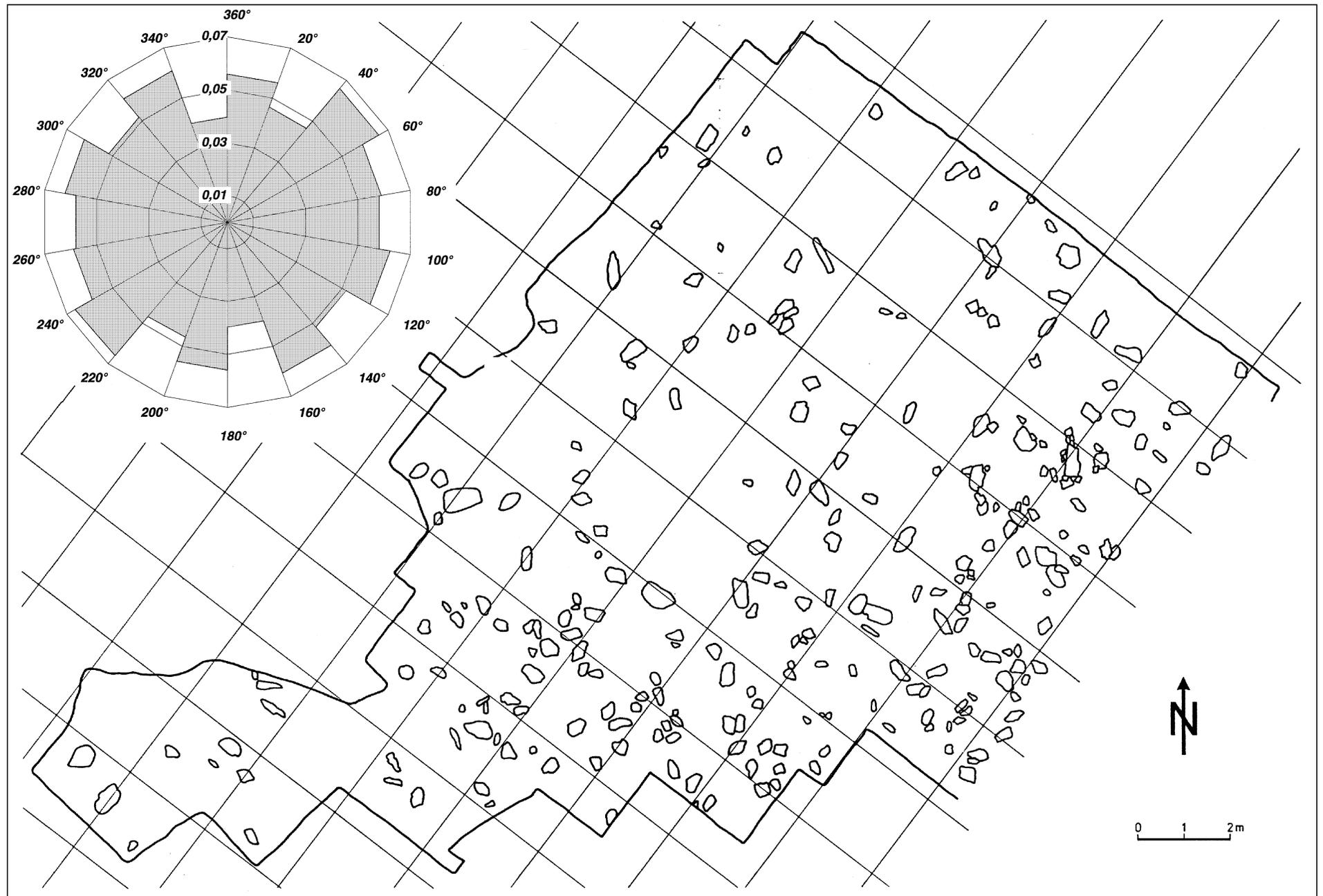


Abb. 9.  
 Die Verteilung der Kristallinplatten am Top des Trümmerstromes (debris flow) im Grabungsareal 1990–1991 mit Vektorhistogramm der Streichrichtungen von 233 Plattenlängsachsen mit einer Gesamtlänge von 79,32 m.

**Diese Abbildung  
musste auf herkömmliche Weise  
fototechnisch reproduziert werden  
und liegt daher nicht  
in digitaler Form vor**

Abb. 10.  
Blockmodell des Schutthorizontes (Horizont 2, debris flow) in der Gemeindesandgrube Kühnring.

---

schlechter sortiert. Einzelklappen großer Bivalven sind vor allem an der Basis häufig, wo sie mit der Wölbung sowohl nach unten als auch nach oben im Sediment liegen. Darüber treten sie aber nur mehr vereinzelt auf.

Es konnten folgende Arten gefunden werden: *Turritella* (*Turritella?*) *terebralis* LAMARCK, 1822, *Turritella* (*Turritella*) *gradata* MENKE, 1854, *Turritella* (*Haustator*) *vermicularis* BROCCHI, 1814, *Protoma* (*Protoma*) *cathedralis* (BROGNIART, 1823), *Chlamys holgeri* (GEINITZ, 1846), *Pecten pseudobeudanti* DEPÉRET et ROMAN, 1902, *Anomia ephippium* LINNÉ, 1758, *Pitar* (*Chionella*) *raulini* HOERNES, 1861, *Pitar* (*Cordiopsis*) *incrassata* (SOWERBY, 1817), *Dosinia* (*Pectunculus*) *exoleta* (LINNÉ, 1758), *Tugonia ornata* (BASTEROT, 1814), *Tellina tumida* (BROCCHI, 1814), *Glycymeris* (*Glycymeris*) *fichteli* (DESHAYES, 1852), *Panopea menardi* DESHAYES, 1828, *Ostrea* div.sp. und Veneridae indet.

### 3.1.5. Horizont 5

In allen Grubenteilen einheitlich ausgebildet ist die im Hangenden folgende Gauderndorf-Formation, die in der Gemeindesandgrube Kühnring insgesamt maximal 3 m mächtig ist.

Der Übergang aus dem liegenden Quarzkies-Horizont 4 erfolgt relativ rasch innerhalb von 0,3–0,4 m. Dieser Basisteil besteht aus gelbbraunem, feinkiesig-sandigem Silt, mit sehr gut gerundeten, matrixgestützten Quarzkiesen. Einzelklappen und Splitter von Mollusken sind selten. Unter rascher Abnahme der Grobanteile erfolgt darüber der Übergang in grüngraue bis gelbbraune, im cm-Bereich ebenflächig bis leicht wellig und gut geschichtete tonige Silte bis Tonsilte, vereinzelt mit Feinkies in Nestern oder Einzelkörnern.

Ca. 1,2 m oberhalb der Basis der Gauderndorf-Formation tritt innerhalb der Pelite nochmals eine normal gra-

dierte, grobe Einschaltung mit sehr gut gerundeten Quarzkiesen auf. Der mit einem scharfen Kontakt gegen das Liegende einsetzende, sehr schlecht sortierte siltige Kiessand führt als Grobkomponenten vorwiegend sehr gut gerundete Quarzkiese und vereinzelt auch plattige Kristallinkomponenten.

Gegen das Hangende nehmen diese matrixgestützten Grobkomponenten rasch an Korngröße und Zahl ab, so daß nach 0,6 m wieder die Pelite der Gauderndorf-Formation anstehen. In diesen hangenden Feinsedimenten fallen besonders mehrere schichtungsparallele Verhärtungshorizonte auf.

Die reiche, grabende, zartschalige Molluskenfauna dieser Pelite ist oft in Lebensstellung zu beobachten. Häufig sind: *Haliotis* sp., *Diloma* sp., *Turritella* div. sp., *Ficopsis* sp., *Euthriofusus* sp., *Cerastoderma* sp., mittelgroße Cardien, *Pitar* div. sp., *Paphia* sp., *Lutraria* sp., *Tellina* sp. und *Solen* sp.

Die Foraminiferen-Gesamtfaua wird stark von kleinstem Plankton (hauptsächlich Cassigerinellen, daneben *Globigerina ciperoensis ottnangensis* RÖGL, *G. angustiumbilitata* BOLLI und *G. brevispira* SUBBOTINA) dominiert.

Häufige benthonische Foraminiferen sind neben *Ammonia parkinsonia* (D'ORB.) – *tepida* (CUSH.), *Hanzawaia boueana* (D'ORB.) und *Cibicidoides pseudoungerianus* (CUSH.) auch *Lenticulina inornata* (D'ORB.), *Caucasina cylindrica* ZAPLETALOVA, *Elphidium granosum* (D'ORB.), *Nonion commune* (D'ORB.), *Epistominella* cf. *molassica* (HAGN) und *Globocassidulina oblonga* (REUSS). Gegen das Hangende nehmen planokonvexe Arten (*Cibicidoides*, *Hanzawaia*) stetig an Häufigkeit zu.

Das kalkige Nannoplankton mit *Coccolithus pelagicus*, *Reticulofenestra pseudoumbilica*, *Helicosphaera carteri*, *H. mediterranea*, *H. cf. ampliaperta* und *Sphenolithus belemnos* spricht für eine Einstufung in die Zone NN3 (Eggenburgium – Unteres Ottnangium).

### 3.1.6. Horizont 6

Die hangendste lithostratigraphische Einheit in der Gemeindesandgrube Kühnring ist die Zogelsdorf-Formation, die nur im östlichen Teil der Grube ansteht, vor allem aber in den östlich und südlich anschließenden Feldern auskartierbar ist. Diese Lithofazies ist hier über dem Transgressionsrelief des Oberen Eggenburgium in basaler Fazies als quarzkies- und biogenreiche Kalksteine ausgebildet, die undeutlich geschichtet und teilweise knollig verhärtet sind. Die maximal 1,2 m aufgeschlossenen, weißgrauen bis braungelben Ablagerungen sind sehr matrixreich und daher als kiesige Silte bis Feinsande einzustufen. Die durchgehend auftretenden, matrixgestützten Quarzkiese im Fein- bis Mittelkiesbereich sind sehr gut gerundet. Untergeordnet kommen eckige bis kantengerundete Kristallinkomponenten vor, die besonders an der Basis bis 20 cm Durchmesser erreichen.

Die Zogelsdorf-Formation führt in diesem Aufschluß dickschalige Austern, Pectiniden (*Pecten pseudobeudanti* DEPÉRET et ROMAN, 1902 und *P. hornensis* DEPÉRET et ROMAN, 1902 sowie kleinwüchsige Arten von *Chlamys*), Turritellensteinkerne, meist vollständig erhaltene Balaniden und manchmal in Lagen angereicherte kugelförmige Bryozoenknollen (*Cellepora*).

Nach Untersuchungen von JENKE (1992, 1993) wird die Foraminiferenfauna stark von *Cibicidoides pseudoungerianus* (CUSH.) dominiert. Häufig ist auch *Spiroplectammina pectinata* (REUSS). Weiteres Benthos (*Elphidium* div.sp., *Bolivina* div.sp.) und Plankton (Globigerinen und Cassigerinellen) sind in geringeren Prozentsätzen vertreten.

## 3.2. Sedimentpetrologie

### 3.2.1. Leicht- und Schwermineralführung

Von den Sedimenten der Gemeindesandgrube Kühnring wurden Leicht- und Schwerminerale der Fraktion 0,4–0,063 mm ausgezählt (vgl. Abb. 5). Der Schwermineralanteil der Sedimente in der Gemeindesandgrube Kühnring liegt durchwegs zwischen 0,4 %–1,0 %. Diese Schwerminerale haben in den basalen, molluskenreichen Mittel- bis Feinsanden des Horizontes 1 (Proben KUE-9 bis KUE-15, KUE-1 bis KUE-3) recht einheitlich zwischen

53 % und 65 % opake Gemengteile. Dementsprechend liegt der Anteil der durchsichtigen Schwerminerale in diesen Sanden bei 35 % bis 47 %

In den darüber folgenden Grobsedimenten des Horizontes 2 (Probe KUE-4) steigt der Gehalt an transluzenten Schwermineralen auf 68 % an, sinkt jedoch in den Horizonten 3 und 4 (Proben KUE-5, KUE-6) wieder auf Werte um 45 %

Vollkommen anders ist dagegen das Verhältnis von opaken zu durchsichtigen Schwermineralen in der Grobeinschaltung der Gauderndorf-Formation (Horizont 5, Probe KUE-8), wo mit 82 % die undurchsichtigen Schwerminerale weit überwiegen.

Im gesamten Profil der Gemeindesandgrube Kühnring tritt unabhängig von der Lithologie ein auffallend einheitliches und äußerst eintöniges transluzentes Schwermineralspektrum auf, das von Turmalin mit 89 %–100 % dominiert wird.

Schwerminerale wie Granat, Staurolith, Disthen, Sillimanit, Zirkon und Rutil besitzen selten Anteile größer als 1 %, wobei die drei Erstgenannten nur im Grobschuttbereich des Horizontes 2B (Probe KUE-4) etwas häufiger zu finden sind.

Ebenso hohe Turmalinanteile konnten in mehreren Gruben in der näheren Umgebung der Gemeindesandgrube Kühnring, wie z.B. in Amelsdorf, Burgschleinitz und Sonnendorf festgestellt werden (vgl. THINSCHMIDT, 1991).

WALDMANN (1925) und FRASL (in HÖCK et al., 1983, p. 12; und in ROETZEL (Hrsg.), 1991, p. 170) beschreiben aus diesem Bereich turmalinaplitische Randbildungen im Kontaktbereich zum Thaya-Batholith. Laut G. FRASL (pers. Mitteilung) begleiten diese aplitischen Muskowitgneise und Turmalinquarzite den Thaya-Batholith an seiner Westfront zwischen dem Pulkautal und dem Manhartsberggipfel. Nach WALDMANN (1925) durchdringen und vergneisen diese Turmalinaplite sogar die Kontaktgesteine, wie z.B. die Kalksilikathornfelse von Kühnring. In einigen Proben der Gemeindesandgrube Kühnring konnten in der Grobfraction quarzreiche Gesteinsbruchstücke mit auffällender Turmalinanreicherung beobachtet werden, die wahrscheinlich aus einem derartigen Turmalinaplit stammen. Man kann daher relativ sicher diese Turmalindominanz in den Sedimenten der Gemeindesandgrube Kühnring auf

Tabelle 1.

Die Verteilung der opaken und transluzenten Schwerminerale in der Gemeindesandgrube Kühnring.

OP = opak; DS = durchsichtig; ZIR = Zirkon; RUT = Rutil; TIT = Titanit; TUR = Turmalin; GRA = Granat; STA = Staurolith; DIS = Disthen; SIL = Sillimanit; APA = Apatit; EPI = Epidot/Zoisit).

Angaben in Kornprozent. Zur Lage der Probepunkte im Profil vgl. Abb. 5. Auszählung der Schwerminerale von A. THINSCHMIDT.

PROBE	OP %	DS %	ZIR %	RUT %	TIT %	TUR %	GRA %	STA %	DIS %	SIL %	APA %	EPI %
KUE-8	82.0	18.0	-	-	-	94.0	1.0	1.0	3.0	1.0	-	-
KUE-6	55.0	45.0	1.0	-	-	93.0	3.0	1.0	2.0	-	-	-
KUE-5	54.0	46.0	1.0	-	-	96.0	2.0	0.5	0.5	-	-	-
KUE-4	32.0	68.0	-	-	-	89.0	3.0	1.0	6.0	0.5	0.5	-
KUE-3	53.0	47.0	0.5	-	-	99.0	-	-	0.5	-	-	-
KUE-2	56.0	44.0	1.0	-	-	99.0	-	-	-	-	-	-
KUE-1	54.0	46.0	-	1.0	-	98.0	-	-	-	1.0	-	-
KUE-15	57.0	43.0	3.8	0.8	-	94.6	0.4	-	-	-	-	0.4
KUE-14	55.7	44.3	-	0.4	-	97.5	0.4	0.4	0.9	-	-	0.4
KUE-13	63.3	36.7	2.0	3.0	0.5	94.0	-	-	-	-	-	0.5
KUE-12	54.3	45.7	0.4	-	-	98.4	-	-	0.8	-	-	0.4
KUE-11	63.9	36.1	-	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-
KUE-10	56.2	43.8	0.9	-	-	98.7	0.4	-	-	-	-	-
KUE-9	65.4	34.6	-	-	-	99.6	-	0.4	-	-	-	-

lokale Schüttungen von diesen turmalinreichen Gesteinen zurückführen.

Das Leichtmineralspektrum wird in den liegenden, mol-  
luskenreichen Mittel- bis Feinsanden des Horizontes 1  
vorwiegend von eckigen Gesteinsbruchstücken aus poly-  
kristallinen Quarzen dominiert, die teilweise intensiv von  
feinsten Hellglimmer durchsetzt, in größeren Körnern z.T.  
auch mit braunen Turmalin verwachsen sind. Ihr Anteil  
nimmt dabei von ca. 66 % im Liegenden auf ca. 31 % im  
Hangenden stetig ab, wobei besonders ein starkes Absin-  
ken der hellglimmerfreien, polykristallinen Quarze im han-  
genden Abschnitt (Proben KUE-1 und KUE-3) bemerkens-  
wert ist.

Deutlich geringer sind die Anteile eckiger, seltener kan-  
tengerundeter, monomineralischer Quarze besonders im  
Liegenden dieses Horizonts mit 23 % – 35 %. Diese neh-  
men jedoch gegen das Hangende auf 38 % – 46 % zu. Pa-  
rallel zu diesem Anstieg des Quarzanteiles steigen auch  
die geringen Anteile von Kalifeldspat und Plagioklas. Auf-  
fallend hoch ist im Hangenden dieses Horizontes 1 der An-  
teil an Hellglimmer mit 9 % – 15 % (vgl. Tab. 2 und Leicht-  
mineralprofil Abb. 5).

Während der folgende Grobschutt-Horizont (Horizont  
2B, Probe KUE-4) in der Grobfraction überwiegend Kri-  
stallinkomponenten führt, ist in der Sandfraction ein wei-  
terer Anstieg der monomineralischen Quarze auf 60 % zu  
beobachten. Gleichzeitig steigt auch der Feldspatgehalt  
auf 11 %, wobei besonders Plagioklas überwiegt. Dage-  
gen geht in diesem Korngrößenbereich der Anteil von lithi-  
schen Komponenten auf 26 % deutlich zurück. Der Run-  
dungsgrad in diesem Horizont ist in der Mittel- bis Fein-  
sandfraction sehr unterschiedlich. Man findet eckige bis  
gut gerundete Komponenten sowohl bei den Einzelquar-  
zen als auch bei den Gesteinsbruchstücken.

Ein deutlicher Anstieg der lithischen Komponenten auf  
41 % ist in dem, nur im westlichen Teil des Aufschlusses  
darüber folgenden und lateral gegen Osten auskeilenden,  
siltig-kiesigen Fein- bis Mittelsand (Horizont 3, Probe  
KUE-5) zu erkennen. Während jedoch in diesem Horizont  
der Quarzgehalt nur geringfügig auf 51 % sinkt, nimmt der  
Feldspatanteil gegenüber dem liegenden Grobschutt-Ho-  
rizont 2B deutlich ab und beträgt nur mehr ca. 3 %.

Merklich anders ist die Situation in dem darüber folgen-  
den Quarzkies-Horizont 4 (Probe KUE-6), in dem in der  
Kiesfraction gut gerundeter Quarz deutlich überwiegt.  
Hier ist in der Fraction 0,4–0,063 mm der Anteil lithischer  
Komponenten mit ca. 76 % jedoch besonders hoch, wo-  
bei vor allem polykristalline Quarze, die mit Hellglimmer  
verwachsenen sind, überwiegen. Diese sind in dieser  
Fraction, so wie die Einzelquarze, meist eckig.

Ähnliche Leichtmineralverteilungen besitzen die Pelite  
der Gauderndorf-Formation und die Kieseinschaltung in-  
nerhalb dieser tonigen Silte (Horizont 5, Proben KUE-7  
und KUE-8). Gesteinsbruchstücke, vor allem von hellglim-  
merreichen Quarzen, sind mit 45 % – 58 % am Leichtmi-  
neralspektrum beteiligt; die monomineralischen Quarze  
haben dagegen nur um 20 % Anteil am Gesamtspektrum.  
In diesen Sedimenten ist jedoch eine deutliche Zunahme  
des Karbonatanteiles, geringfügig auch von Muskovit,  
festzustellen.

In der Kieseinschaltung treten, so wie in dem liegenden  
Quarzkies-Horizont 4, in der Grobfraction vorwiegend gut  
gerundete Komponenten auf, wogegen die Sandfraction  
hauptsächlich eckige Komponenten führt. Auch die peliti-  
schen Sedimente der Gauderndorf-Formation besitzen  
fast ausschließlich eckige Mineralanteile.

Bemerkenswert ist im Leichtmineralspektrum innerhalb  
des Horizontes 1 vom Liegenden zum Hangenden die kon-  
tinuierliche Zunahme der Anteile von Quarz, Feldspat und  
Glimmer gegenüber einer Abnahme der lithischen Ge-  
mengteile. Dies spricht für eine zunehmende, möglicher-  
weise faziell bedingte Aufarbeitung und Klassierung der  
Komponenten gegen das Hangende.

Hervorzuheben ist auch der hohe Anteil monominerali-  
scher Quarze in der Feinfraction des Grobschutthorizon-  
tes 2, dessen Grobfraction überwiegend Kristallinkompo-  
nenten führt. Gemeinsam mit der sehr unterschiedlichen  
Rundung der Komponenten kann dies als Hinweis für die  
Aufarbeitung und Mischung von Sedimenten verschiede-  
ner Ablagerungsräume angesehen werden.

In ähnlicher Weise muß man auch die in der Grob- und  
Feinfraction stark unterschiedliche Leichtmineralführung  
im Grobhorizont 4 interpretieren, bei dem aber in Gegen-

Tabelle 2.

Die Verteilung der Leichtminerale in der Gemeindesandgrube Kühnring.

(QUARZ = monomineralischer Quarz; KNAF = Kalifeldspat; PLAG = Plagioklas; FSP = Feldspat gesamt (KNAF+PLAG); LIT = Gesteinsbruch, hpts.poly-  
kristalliner Quarz mit Hellglimmer verwachsen; LITQU = polykristalliner Quarz; LITGT = lithische Gemengteile gesamt (LIT+LITQU); GLI = Glimmer;  
KALZ = Kalzit; FOSS = Fossilien; KARB = Karbonat gesamt (KALZ+FOSS); SM = Schwerminerale).

Angaben in Kornprozent. Zur Lage der Probepunkte im Profil vgl. Abb. 5. Auszählung der Leichtminerale von I. WIMMER-FREY.

PROBE	QUARZ %	KNAF %	PLAG %	FSP %	LIT %	LITQU %	LITGT %	GLI %	KALZ %	FOSS %	KARB %	SM %
KUE-8	21.0	2.6	4.9	7.5	43.8	1.2	45.0	7.8	17.6	1.1	18.7	-
KUE-7	18.8	0.3	3.2	3.5	54.0	3.8	57.8	3.8	14.7	1.1	15.8	0.3
KUE-6	15.4	-	3.7	3.7	59.1	16.6	75.7	2.9	1.1	0.6	1.7	0.6
KUE-5	51.4	-	2.6	2.6	20.8	20.2	41.0	3.2	0.9	-	0.9	0.9
KUE-4	60.3	2.4	8.6	11.0	11.2	15.1	26.3	0.9	0.3	-	0.3	1.2
KUE-3	46.4	2.3	4.2	6.5	29.1	1.4	30.5	15.1	0.3	0.6	0.9	0.6
KUE-1	40.7	1.5	3.9	5.4	38.9	4.2	43.1	9.0	0.9	-	0.9	0.9
KUE-15	38.4	0.8	0.3	1.1	25.8	26.3	52.1	5.4	1.3	0.8	2.1	0.8
KUE-14	34.5	1.3	-	1.3	26.3	22.3	48.6	10.6	2.9	1.3	4.2	0.8
KUE-13	32.7	0.5	0.8	1.3	27.2	24.5	51.7	9.8	2.5	-	2.5	1.9
KUE-12	35.3	0.5	0.3	0.8	27.0	28.1	55.1	5.3	2.4	-	2.4	1.1
KUE-11	31.8	0.8	0.3	1.1	26.5	32.1	58.6	7.3	0.3	-	0.3	0.8
KUE-10	28.6	-	-	-	28.9	33.8	62.7	8.0	-	-	-	0.6
KUE-9	23.4	-	-	-	31.9	34.2	66.1	8.5	-	-	-	2.0

satz zum Grobschutthorizont 2 in der Feinfraktion die lithischen Komponenten überwiegen.

### 3.2.2. Granulometrie

Von allen Sedimentproben der Gemeindesandgrube Kühnring wurden im Kies- und Sandbereich Korngrößenanalysen durch Naßsiegung in 0,5 Phi-Schritten durchgeführt. Ergänzend dazu wurden bei Proben mit mehr als 10 % Pelitanteil die Kornverteilungen im Silt- und Tonbereich röntgenographisch mit dem Sedigraph 5000ET von Micromeritics ermittelt.

Rollender Transport (Bodenfracht), springender Transport (gradierte Suspension) und schwebender Transport (gleichförmige Suspension) bilden als die drei wesentlichen Transportarten eines Sediments innerhalb einer Korngrößenverteilung eigene Populationen mit logarithmischer Normalverteilung. Diese erscheinen durch die Darstellung der Korngrößenverteilung im Wahrscheinlichkeitsnetz als gerade Linien (WALGER, 1961; MOSS, 1962, 1963; VISHER, 1969).

Charakteristische, faziesspezifische Parameter sind die Anzahl, der Anteil am gesamten Sediment, das Verhältnis, die Mischbereiche und die Sortierung (Anstieg) dieser Populationen (SINDOWSKI, 1957; VISHER, 1969; GLAISTER & NELSON, 1974).

Die analysierten Sedimente der Gemeindesandgrube Kühnring zeigen im Wahrscheinlichkeitsnetz drei deutlich unterscheidbare Gruppen von Korngrößenverteilungen (vgl. Abb. 11).

Die Sedimente des liegenden Horizontes 1 (Proben KUE-9 bis KUE-15, KUE-1 bis KUE-3) zeigen insgesamt relativ ähnliche Kornverteilungen, die jedoch in Details innerhalb des Profils voneinander abweichen.

Die Sande besitzen mit 63 % bis 86 % hohe Anteile der springenden Population, meist im Bereich zwischen 3.2 und 3.8 Phi. Die Bodenfracht ist mit 1 % bis 8 % meist gering und steigt nur in Ausnahmefällen auf 10 % bis 20 % an, während die Anteile der Suspensionsfracht zwischen 9 % und 31 % relativ unterschiedlich sind.

Die Populationen sind fast immer durch scharfe Knicke getrennt und deutlich voneinander unterscheidbar und haben nahezu keine Mischbereiche. Ausnahmen bilden die Proben des liegendsten (KUE-9 und KUE-10) und hangendsten Teiles (KUE-3) des Horizontes 1, deren rollende und springende Populationen sehr undeutlich voneinander getrennt sind. Die springende Population ist meist eindeutig lognormal ohne Bildung von Subpopulationen. Bemerkenswert ist jedoch die deutliche Zweiteilung der springenden Population bei 2 Phi in der Probe KUE-3. Neben der schlechten bis mäßigen Sortierung der rollenden und schwebenden Populationen läßt auch der flache Anstieg des springend transportierten Sedimentanteiles eine nur schlechte Sortierung bei allen Proben des Horizontes 1 erkennen.

Die Kornverteilungen der Sedimente aus diesem liegenden Profiltteil sind am ehesten mit solchen von seichtmarinen Ablagerungen des nassen Strandes (foreshore) und Vorstrandes (shore face) zu vergleichen. Zwar entspricht die Sortierung (Anstieg), besonders der springenden Population, meist nicht jener guten bis sehr guten Sortierung vergleichbarer rezenter Sedimente dieser Ablagerungsbereiche. Auch der grobe Wendepunkt, das ist der Wendepunkt der logarithmischen Normalverteilungen von rollend und springend transportierter Population, ist bei den Sanden vom Profil Kühnring mit Werten um 0 Phi deutlich größer als in diesen rezenten, litoralen Faziesräumen (vgl.

VISHER, 1969). Es ist aber zu bedenken, daß Ablagerungen aus diesen Faziesbereichen durch eine Vielzahl von sedimentbeeinflussenden, oft sehr lokalen Parametern sehr variabel sein können. Insgesamt bestehen jedoch bei den meisten Proben des Horizontes 1 die größten Übereinstimmungen der Kornverteilungen mit jenen der Brandungszone (surf zone) und Brecherzone (breaker zone) (VISHER, 1969; GLAISTER & NELSON, 1974).

Die auffallende Zweiteilung der springenden Population mit einem Knick bei 2 Phi, wie sie bei der Probe KUE-3 erkennbar ist, ist charakteristisch für die Spritzwasserzone (swash zone) im Bereich des nassen Strandes. Der Grund für diese zwei Subpopulationen liegt wahrscheinlich vor allem im „swash and backwash“, dem Auslaufen und wieder Zurücklaufen der gebrochenen Wellen in diesem Bereich (vgl. ROETZEL, HOCHULI & STEININGER, 1983).

Die Sedimente im mittleren Teil des Profils mit den beiden Grobhorizonten (Horizont 2 und 4, Proben KUE-4 und KUE-6) und dem zwischengeschalteten Sandhorizont 3 (Probe KUE-5) unterscheiden sich in ihren Kornverteilungen grundlegend von jenen des liegenden Profiltteiles.

Der Grobschutthorizont 2 (Probe KUE-4) besitzt mit 93 % einen äußerst hohen Anteil der Bodenfracht, während die springende und die schwebende Population nur untergeordnet vertreten sind. Die Populationen sind jedoch nur sehr undeutlich voneinander getrennt und gehen weitgehend ineinander über. Der flache Anstieg aller Populationen weist auf eine sehr schlechte Sortierung des Sediments hin.

Ein ähnliches Bild der Kornverteilung ist bei der Probe aus dem Kieshorizont 4 (Probe KUE-6) zu erkennen. In diesem äußerst schlecht sortierten Horizont ist jedoch eine Trennung der überwiegend rollenden Population von der springenden und schwebenden Population fast nicht mehr möglich. Die Populationen gehen ohne deutlich erkennbare Knicke ineinander über.

Die Kornsummenkurven haben große Ähnlichkeit mit jenen von Schuttströmen (debris flow), wie sie bei GLAISTER & NELSON (1974) dargestellt werden. Aus der extrem schlechten Sortierung der Grobsedimente ist die Abwesenheit von korngößensortierenden Transportmechanismen abzuleiten.

In dem Fein- bis Mittelsandhorizont 3 (Probe KUE-5), der die beiden Grobhorizonte voneinander trennt, sind die Anteile der Bodenfracht und der springend transportierten Population mit 46 % bzw. 42 % ungefähr gleich. Mit 12 % ist die Suspensionsfracht in dieser Probe ähnlich hoch wie in den Proben des basalen Horizontes 1. Die Populationen sind ohne Mischbereiche durch deutliche Knicke voneinander getrennt. Bemerkenswert ist die gute Sortierung (steiler Anstieg) der Population mit nicht dauerndem Bodenkontakt.

Auffallend ist in dieser Probe der hohe Anteil der Bodenfracht bei gleichzeitiger guter Sortierung der springenden Population. Derartige Korngrößenverteilungen können nach VISHER (1969) durch sekundäre Prozesse, wie z.B. Aufarbeitungsprozesse entstehen. Im hier vorliegenden Horizont 3 ist daher eine sekundäre Aufarbeitung der liegenden Ablagerungen, z.B. durch Wellentätigkeit oder/und Strömung möglich.

Im Hangenden Teil des Profils (Horizont 5), in den Feinsedimenten der Gauderndorf-Formation (Probe KUE-7) überwiegt mit über 98 % der schwebende Transport. Die Abgrenzung zur springenden Population ist nur sehr undeutlich ausgebildet. Ruhige Ablagerungsbedingungen aus einer gleichförmigen Suspension sind hier anzunehmen.

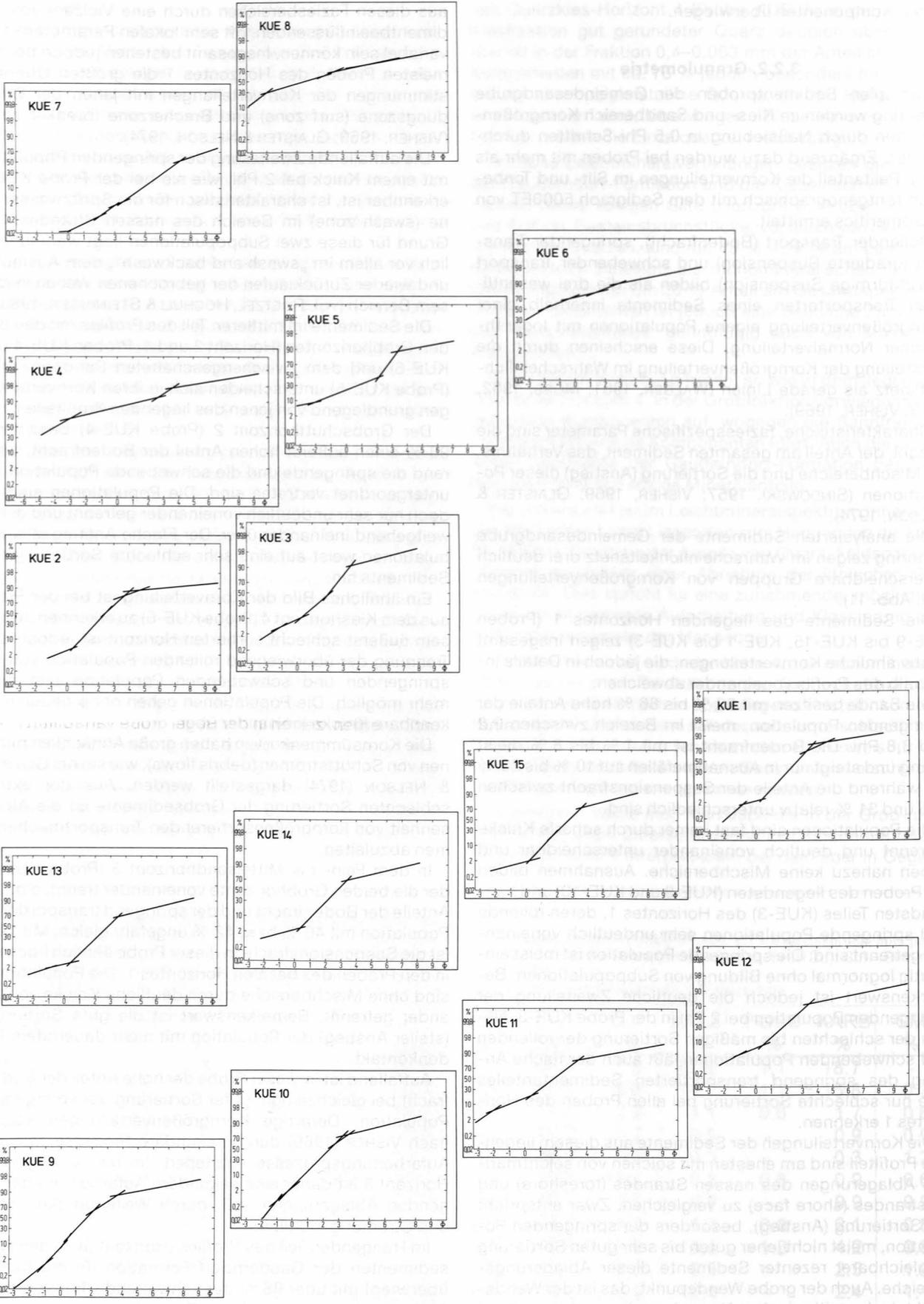


Abb. 11. Kornsummenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz von Proben des westlichen Teiles der Gemeindesandgrube Kühnring. Lage der Probenpunkte siehe Abb. 5.

Deutlich davon unterscheidet sich die Kornverteilung der normal gradierten, kiesigen Pelite innerhalb der Gauderndorf-Formation (Probe KUE-8). In diesem Sediment ist, ähnlich wie im Horizont 4, eine Trennung der verschiedenen Transportarten fast nicht möglich. Die Anteile von rollender, springender und schwebender Population sind nahezu gleichverteilt und gehen ineinander über.

Die Kornsummenkurven der Horizonte 2 und 4 und die der kiesigen Pelite in der Gauderndorf-Formation sind einander sehr ähnlich. Daher können ähnliche Ablagerungsmechanismen angenommen werden. Transport und Ablagerung dieses Horizontes als debris flow sind daher auch hier wahrscheinlich (vgl. Kapitel 3.3.).

### 3.3. Faziesinterpretation

Die an der Basis der Gemeindesandgrube von Kühnring aufgeschlossenen, fossilreichen, oft siltigen Fein- bis Mittelsande (Horizont 1) können aufgrund der sedimentologischen Merkmale und des biogenen Inhalts als typische Ablagerungen des seichten, marinen Sublitorals angesehen werden. Anhand der geologischen Situation und der lokalen Verbreitung der Sedimente muß als Ablagerungsbereich eine schmale, gegen Westen offene Bucht angenommen werden.

Für die Faziesinterpretation spricht vor allem die arten- und individuenreiche Molluskenfauna mit überwiegend gut erhaltenen Einzelklappen und doppelklappigen Individuen, teilweise sogar in Lebensstellung. Diese Molluskenfauna setzt sich aus insgesamt ca. 70 Taxa zusammen (davon Bivalvia: 31 Gattungen mit 50 Arten, Gastropoda: 16 Gattungen mit 19 Arten und 1 Scaphopoda). Unter den Bivalvia treten nahezu gleichviele eindeutig epifaunale (21) wie infaunale (24) Taxa auf. Interessante ökologische Hinweise geben die epifaunalen, fixosessilen Taxa wie diverse Arcidae, *Pinna* sp. und *Pinctada* sp. Diese Formen sind meist auf Sandböden mit Seegrasbeständen zu finden. Charakteristisch sind auch die vielen infaunalen Bivalentaxa. Diese weisen auf freie Sandflächen zwischen den Seegrasbeständen hin. In Folge der schlechten Erhaltungsbedingungen fehlen unter den Gastropoda leider die charakteristischen, auf Seegrasblättern lebenden Formen. Diese in Hinblick auf ihren Lebensraum großteils autochthone Molluskenfauna weist ökologisch auf vollmarine Sandböden des unteren Vorstrandes mit Seegrasbeständen hin.

Die Foraminiferenfauna mit überwiegend benthonischen Arten weist auf einen Lebensraum im Bereich des inneren Neritikums in einer Wassertiefe von 0–30 m hin (pers. Mitteilung Ch. RUPP). Neben vorwiegend sedimentbewohnenden Arten sind auch auf Seegräsern lebende Arten vertreten.

Die Kornsummenkurven der Sedimente aus diesem liegenden Profilteil sind am ehesten mit solchen von seichtmarinen Ablagerungen zu vergleichen. Es überwiegen dabei Kornverteilungen, die jenen der Brandungszone (surf zone) und Brecherzone (breaker zone) des Vorstrandes (shore face) ähnlich sind. Erst unmittelbar im Liegenden des Grobschutthorizontes (Horizont 2) tritt eine für die Spritzwasserzone (swash zone) im Bereich des nassen Strandes (foreshore) charakteristische Kornverteilung auf (VISHER, 1969; GLAISTER & NELSON, 1974).

Auch die zunehmend bessere Klassierung und Trennung der Sedimentkomponenten in Einzelminerale gegen das Hangende innerhalb des Horizontes 1 ist möglicherweise auf diese oben angesprochene Faziesänderung zurückzuführen.

Flache, ebenflächige Internschichtung und dünne Feinkiesbänder aus gut gerundetem Quarz sind ebenso typisch für diesen Ablagerungsraum wie Molluskenschill und Molluskenbruch.

Der mittlere Teil des Profiles in der Gemeindesandgrube Kühnring wird von grobklastischen Ablagerungen (Horizonte 2–4) geprägt. Am faziell aussagekräftigsten ist dabei der liegende Grobschutthorizont 2.

Dieser Grobhorizont beginnt an der Basis mit einem molluskenschillreichen Abschnitt (Horizont 2A), der im Bereich der dichtesten Schillpackung nahezu monospezifisch aus weitgehend konkav orientierten Schalen der Gattung *Lucinoma* aufgebaut wird. Da es sich bei *Lucinoma* sp. um flach grabende Bivalven handelt, muß die Anreicherung der Einzelklappen erst nach der Exhumierung der Tiere und Separation der Klappen erfolgt sein.

Die Position der Klappen mit der konkaven Seite nach oben ist relativ instabil und daher nur auf Ablagerungsbereiche mit bestimmten hydrodynamischen Bedingungen beschränkt (vgl. FUTTERER, 1978a,b). Diese Einregelungsart setzt jedoch nicht ausschließlich geringe Strömungsgeschwindigkeit und Transportenergie voraus (KIDWELL & BOSENCE, 1991).

Schille mit derart eingeregelter Schalen werden mit turbiditischen Ablagerungen und Sturmablagerungen in Verbindung gebracht, können aber auch im seichtmarinen Bereich, an der Leeseite von wandernden Sohlformen entstehen (vgl. KIDWELL & BOSENCE, 1991, p. 154).

In der Gemeindesandgrube Kühnring erfolgte die Schillbildung entweder in einem zeitlich länger andauernden Prozess im Rahmen der normalen Sedimentation im seichtmarinen Küsten- oder Strandbereich oder sie ist auf ein kurzzeitiges Ereignis, wie z.B. einen Sturm oder das Eingleiten eines Schuttstromes zurückzuführen.

Schille, die mit Sturmereignissen in Zusammenhang gebracht werden, zeigen in der Regel große Variabilität in der Geometrie, Sedimentologie und Taphonomie und bilden meistens geringmächtige Horizonte (KIDWELL, 1991). Weiters ist anzunehmen, daß ein kurzzeitiges, katastrophales Ereignis vermehrt auch lebende Organismen betrifft und daher ein derartiger Schill auch vermehrt doppelklappige Individuen verschiedener Arten beinhalten sollte.

CLIFTON & BOGGS (1970) beschreiben aus dem seichtmarinen Bereich Schille mit konkav eingeregelter Schalen aus kleindimensionalen, migrierenden Rippeln. Dabei werden ursprünglich konvex orientierte Schalen in der Brandungszone durch die anlandigen Wellen umgedreht. Durch die sofortige Bedeckung mit Sedimentmaterial bleiben die Molluskenschalen in dieser Position. Auch MELDAHL & CUTLER (1992) berichten über Molluskenschille mit überwiegend konkav orientierten Einzelschalen in einem pleistozänen Strandwall.

Bei dem Schill an der Basis des Grobhorizontes in der Gemeindesandgrube Kühnring ist daher eher anzunehmen, daß es sich um eine zeitlich länger andauernde Schillbildung im seichtmarinen Bereich handelt. Ein Zusammenhang mit einem kurzzeitigen, katastrophalen Ereignis, wie z.B. einem Sturm, ist jedoch nicht vollständig auszuschließen. Die primäre Ursache für die Anreicherung der Molluskenschalen zu diesem Schill ist daher nicht eindeutig feststellbar.

Die Lithologie des darüber folgenden Abschnittes des Grobhorizontes 2 (Horizont 2B) zeigt alle Merkmale eines rasch abgelagerten Schuttstromes (Trümmerstrom, debris flow) (FISHER, 1971; REINECK & SINGH, 1980, p. 301f.). Besonders die oft deutlich ausgebildete inverse Gradierung der überwiegend groben, vorwiegend matrixge-

stützten, sehr schlecht sortierten Komponenten und die manchmal vertikal im Sediment orientierten plattigen Komponenten zeigen besonders hochviskose Bedingungen innerhalb dieses Sedimentpaketes während des Transportes und der Ablagerung an. Auch der Erhaltungszustand und die Dominanz von ausschließlich großen und dickschaligen Molluskentaxa in keiner bevorzugten Lagerung in diesem Profilabschnitt weisen auf eine parautochthone Lagerstätte, wahrscheinlich unter Einfluß von Frachtsonderung hin.

Auf eine sehr lokale Schüttung aus dem unmittelbaren Hinterland weisen die Kristallinkomponenten, wie die in der Nähe vorkommenden aplitischen Muskowitgneise und Turmalinquarzite und das von Turmalin dominierte Schwermineralspektrum hin.

Die sehr schlechte Sortierung, der unterschiedliche Rundungsgrad der Komponenten und die stark schwankenden Leichtmineralanteile in der Grob- und Feinfraktion sind Hinweise für die Aufarbeitung und Mischung von Sedimenten verschiedener Ablagerungsräume. So kann angenommen werden, daß auch Sedimentanteile des seichtmarinen Bereiches in den Trümmerstrom einbezogen wurden.

Das flache Einfallen dieses Grobhorizontes mit nur wenigen Graden gegen West bis Westnordwest (Abb. 10) und die Zunahme der Größe und Häufigkeit der Kristallinplatten am Top gegen Ost bis Südost (Abb. 9) lassen die Eingleitung des Trümmerstromes von den Kristallinkuppen im Osten bis Südosten erkennen.

Der Trümmerstrom ist an der Basis reliefausgleichend und weist auch am Top nur geringe morphologische Differenzierungen auf; ebenfalls ein typisches Merkmal für derartige Ablagerungen (FISHER, 1971; REINECK & SINGH, 1980, p. 302). Während im westlichen Grubenteil die Mächtigkeit dieses Trümmerstromes mit 0,7 bis 1 m relativ konstant ist, ist im östlichen Grubenabschnitt lokal eine deutliche Mächtigkeitszunahme bis zu 2,3 m zu beobachten, wo eine tiefere Depression zugeschüttet wurde.

Die marinen Mollusken in den Sedimenten im Liegenden und Hangenden weisen auf den marine Charakter dieser Ablagerung hin; innerhalb des Trümmerstromes unterstreichen die Mollusken die Aufarbeitung und Einbeziehung mariner Sedimente in das Sedimentpaket.

Alle, in dieser Arbeit behandelten Skelettverbände und isolierten Elemente der Seekühe wurden am Top dieses Trümmerstromes, gemeinsam mit großen Kristallinplatten, eingebettet in Sedimente der darüber folgenden Horizonte 2C bzw. 3 gefunden.

Der vor allem im Westen deutlich ausgebildete und in diese Richtung mächtiger werdende Quarzkieshorizont 2C besteht in Gegensatz zum darunter liegenden Abschnitt fast ausschließlich aus gut bis sehr gut gerundeten Quarzkomponenten. Dieser Abschnitt läßt aufgrund der besseren Sortierung und Rundung der Komponenten bereits wieder die marine Aufarbeitung durch Wellen und Strömung erkennen.

Die fortgesetzte seichtmarine Aufarbeitung ist auch in dem nur im westlichen Grubenteil entwickelten und gegen Osten ebenfalls auskeilenden, siltig-kiesigen Fein- bis Mittelsand (Horizont 3) zu erkennen. Die zunehmende Wassertiefe und damit abnehmende Transportenergie gegen Westen spiegelt sich besonders in der Abnahme des Kiesanteiles in diese Richtung wieder. Besonders die Kornverteilung zeigt deutliche Merkmale eines aufgearbeiteten und umgelagerten Mischsedimentes.

Der Erhaltungszustand und die Dominanz von ausschließlich großen und dickschaligen Molluskentaxa, bei

den Bivalven sortiert nach Einzelklappen mit einer Lagerung vorwiegend „gewölbt oben“ und z.T. in einer „staggered“ Position, weist auf eine parautochthone Position des Schillhorizontes an der Basis des Grobhorizontes 4 hin.

Nicht eindeutig faziell zu interpretieren ist dieser zweite Grobhorizont. Er besteht im Westen überwiegend aus gut bis sehr gut gerundeten Quarzkieskomponenten in sandiger Matrix, gegen Osten, gegen das anstehende Kristallin, nehmen dagegen die Kristallinkomponenten deutlich zu. Der unterschiedliche Rundungsgrad und die verschiedenen hohen Leichtmineralanteile in der Grob- und Feinfraktion sprechen für aufgearbeitete und resedimentierte Komponenten. Aus der Kornverteilung ist ebenso wie beim Horizont 2 die Ablagerung als Schuttstrom (debris flow) abzuleiten, obwohl die textuellen Merkmale nicht so eindeutig dafür sprechen wie bei dem liegenden Grobhorizont. Möglich scheint, daß in diesem Horizont 4 bereits überwiegend marin überarbeitete Sedimente von einem debris flow erfaßt wurden.

Die Ablagerung der überlagernden Gauderndorf-Formation (Horizont 5) erfolgte vermutlich als Schlammboden in etwas tieferen, ruhigen, sublitoralen Bereichen und zeigt damit die Fortsetzung der marinen Transgression.

Die Sedimente sind in diesem Aufschluß besonders feinkörnig und gut geschichtet. In der arten- und individuenreichen Molluskenfauna dominieren die im Substrat grabenden Bivalven, wie *Tellina* sp., *Pitar* sp., *Cardium* sp., *Paphia* sp., *Lutraria* sp. und *Solen* sp.

Die Foraminiferenfauna besitzt einen auffallend hohen Planktonanteil. Flachwasseranzeiger wie *Ammonia* und *Aubignyna* nehmen stark ab, auch Elphidien werden unbedeutend. Formen des tieferen Schelfs, wie *Lenticulina*, *Globocassidulina* und *Epistominella* nehmen deutlich zu. Dies kann als Hinweis auf etwas tiefere Ablagerungsbedingungen (unter 30 m Wassertiefe) als in der Burgschleinitz-Formation mit besserer Verbindung zum offenen Meer gedeutet werden (pers. Mitteilung Ch. RUPP).

Ein normal gradierter Horizont mit groben, matrixgestützten Komponenten in feinkörniger Matrix innerhalb der Gauderndorf-Formation kann wahrscheinlich ebenfalls als debris flow interpretiert werden. Derartige kiesige Pelite mit groben, matrixgestützten Komponenten in der feinkörnigen Matrix werden in der Literatur allgemein als debris flow – Ablagerungen interpretiert (CROWELL, 1957; MYROW & HISCOTT, 1991). Möglich erscheint, daß der auslösende Faktor für diesen debris flow auch hier ein Sturm gewesen sein könnte.

Die diesen Aufschluß beschließenden Sedimente der Zogelsdorf-Formation sind mit quarzkies- und biogenreichen Kalksteinen in der typischen basalen Fazies dieser Formation entwickelt. Sie markieren, so wie im gesamten Bereich ihres Vorkommens im Raum Eggenburg, den Beginn der Transgression im Oberen Eggenburgium und erscheinen aufgrund der Foraminiferenfauna im mittleren Neritikum zur Ablagerung gekommen zu sein (vgl. NEBELSICK, 1989a,b; JENKE, 1992, 1993).

#### 4. Grabungsverlauf und Grabungsergebnisse

Der glückliche Umstand, daß durch die Einrichtung der Gemeindesandgrube von Kühnring ein Areal mit reichem Sirenenmaterial erschlossen wurde, ermöglichte die Dokumentation zahlreicher Sirenenreste bezüglich ihrer Lage zueinander, beziehungsweise ihrer Verteilung im Bereich eines größeren Areales. Es konnte auch eine detail-

ierte sedimentologische Aufnahme und die dreidimensionale Erfassung des Paläoreliefs durchgeführt werden.

Die ersten Grabungen wurden im Jahre 1982 von Herrn G. PUTZGRUBER, einem begeisterten Sammler aus Straß durchgeführt. Zur Ergänzung dieser Grabungen wurde im Jahre 1985 die Grabungsfläche vom Institut für Paläontologie gemeinsam mit der KRAHULETZ-Gesellschaft auf etwa 210 m<sup>2</sup> erweitert. In den Jahren 1987 bis 1991 mußten, erzwungen durch den rasch fortschreitenden Materialabbau in der Sandgrube, die Grabungen der Jahre 1982 und 1985 mit der Erschließung weiterer Flächen fortgesetzt werden (Abb. 4). 1987 ca. 4 m<sup>2</sup> (Notbergung), 1988 ca. 230 m<sup>2</sup>, 1989 ca. 8 m<sup>2</sup> (Notbergung), 1990–1991 ca. 250 m<sup>2</sup>; insgesamt wurden bisher etwa 700 m<sup>2</sup> durch Quadrantengrabungen erfaßt.

### Grabungsjahr 1982

Das erste bedeutende Sirenen skelett aus Kühnring wurde von Herrn PUTZGRUBER im Jahre 1982 entdeckt. Es wurde keinerlei Dokumentation dieses Fundes angefertigt, den Angaben Herrn PUTZGRUBERS zufolge hat er das adulte Skelett eines *Metaxytherium krahuletzki* noch weitgehend im Verband aufgefunden. Das Skelett wurde in Bauchlage angetroffen, die Körperachse lag in NNE–SSW Richtung, wobei der Kopf nach Süden gerichtet war. Der Schädel dieses Skelettes ist nicht im Verband erhalten geblieben, es konnten nur Parietale + Supraoccipitale und die rechte Mandibel geborgen werden. Der Halswirbelsäule fehlen C3 bis C5, die Thorakalwirbel sind nahezu komplett erhalten, die Lumbal- Sacral und Caudalregion ist durch diverse Wirbel und Wirbelbruchstücke vertreten. Das zusätzliche Vorhandensein sämtlicher Rippen und des Sternums ermöglicht die körperliche Rekonstruktion des postcranialen Skelettes. Es fehlen beide Schulterblätter, von der rechten Vorderextremität liegen Humerus und Radius-Ulna vor (vgl. Tab. 3 und Tab. 5). Die Gesamtlänge dieses Tieres betrug ca 3,5 m (pers. Mitteilung D.P. DOMNING). Die ungefähre Position dieses Fundes ist auf den Abbildungen 4 und 17 als schattierte Fläche mit der Bezeichnung „Skelettverband 1982“ bzw. „S82“ dargestellt. Das Sirenenmaterial aus der „Grabung PUTZGRUBER 1982“ konnte im Jahre 1985 vom KRAHULETZ-Museum in Eggenburg angekauft werden und ist derzeit in der Studiensammlung aufbewahrt.

Einer mündlichen Mitteilung Herrn PUTZGRUBERS zufolge konnte er noch vor dem adulten *Metaxytherium krahuletzki* aus dem Jahre 1982 Reste eines juvenilen, im Verband liegenden Sirenen skelettes entdecken und seiner Sammlung einverleiben. Bei diesem Fund handelt es sich hauptsächlich um Rippen, die ungefähre Fundposition ist auf

Tabelle 3.  
Skelettelemente eines adulten *Metaxytherium krahuletzki* aus der Gemeindegroben Sandgrube Kühnring – Grabungsjahr 1982.  
Skelettverband S82.

Element	links	rechts	gesamt
Parietale + Supraoccipitale			1
Mandibel		1	1
Wirbel (cervical)			4
Wirbel (thorakal)			14
Wirbel (lumbal)			1
Wirbel (sacral)			1
Wirbel (caudal)			8
Sternum			1
Rippe	18	18	36
Pelvis	1		1
Radius-Ulna		1	1

Abb. 17 als schattierte Fläche mit der Bezeichnung „S82a“ gekennzeichnet.

### Grabungsjahr 1985

Die wissenschaftlichen Grabungskampagnen begannen 1985 mit der Abdeckung eines etwa 200 m<sup>2</sup> großen Arealen. Die Grabung von 1985 sollte vor allem Elemente aufdecken, die bei der Bergung im Jahre 1982 übersehen worden waren. Man beschränkte sich daher auf das systematische Durchsuchen zahlreicher 2 x 2,5 m großer Quadranten (Abb. 4) und konnte im Nahbereich des Skelettverbandes von 1982 einige offensichtlich aus diesem Verband gelöste Elemente (z.B. Humerus) bergen. Es wurde jedoch keinerlei Dokumentation hinsichtlich der Lage der über das Areal verteilten isolierten Knochenelemente angelegt, es ist daher nur mehr möglich die Elemente den Quadranten zuzuordnen.

Gegen Ende dieser Grabungskampagne konnte ein weiterer, weitgehend kompletter Skelettverband eines adulten *Metaxytherium krahuletzki* entdeckt werden (vgl. Tab. 4, 5). Von diesem Fund wurde durch G. RABEDER eine Skizze angefertigt, eine Lagerekonstruktion konnte nach fotografischen und planimetrischen Aufnahmen der Autoren erzielt werden (Abb. 4, Skelettverband 1985; Abb. 12; Abb. 17, S85; Abb. 18, Skelettverband Kühnring 1985; PERVESLER & STEININGER, 1986). Das Tier wurde mit nach E gerichtetem Kopfende rücklings direkt auf dem Plattenhorizont abgelagert, wobei die Körperachse in E–W Richtung zu liegen kam (Abb. 17 und 18). Einzelne größere Gesteinsplatten scheinen als Ankerpunkte für den Kadaver fungiert zu haben (PERVESLER & ROETZEL, 1991). Viele Elemente des Rumpfskelettes konnten mehr oder weniger in situ angetroffen werden, die Lagebeziehungen zwischen linken und rechten Elementen können noch recht gut verfolgt werden (Abb. 17 und 18). Es waren nicht nur die robusten Rippen sondern auch Wirbel, Sternum, beide Schulterblätter, beide Humeri und Radius-Ulna links vorhanden, die Handskelette fehlen jedoch ganz. Das Kopfskelett wurde völlig isoliert, nur mehr ein zahnloser Unterkieferast lag etwa 50 cm ENE von seiner Position im Skelett-

Tabelle 4.  
Skelettelemente von *Metaxytherium krahuletzki* aus der Gemeindegroben Sandgrube Kühnring – Grabungsjahr 1985.  
Skelettverband S85; (j) = Anteil juveniler Elemente.

Element	links	rechts	gesamt
Petrosom	1	1	2
Mandibel	1		1
Wirbel (cervical)			1
Wirbel (thorakal)			17
Wirbel (caudal)			1
Sternum			1
Rippe	19 (1j)	20 (1j)	39 (2j)
Scapula	1	1	2
Humerus	1	1	2
Radius-Ulna		1	1

Tabelle 5.  
Skelettelemente von *Metaxytherium krahuletzki* aus der Gemeindegroben Sandgrube Kühnring – Grabungsjahr 1985.  
Isolierte Elemente ohne genaue Lagedokumentation.

Element	links	rechts	gesamt
Parietale-Supraoccipitale (zu „S85“)			1
Wirbel (thorakal)			2
Rippe	2	3	5
Pelvis	1		1
Humerus (zu „S82“)		1	1

Abb. 12.  
Bergung des Skelettverbandes eines *Metaxytherium krahuletzki* in der Gemeindegandgrube Kühnring – Grabungsjahr 1985. Skelettverband S85).

verband entfernt. Ein in der Größe passendes Schädeldach lag etwa 280 cm WSW, ein Petrosom 130 cm SW von seiner Lage im Verband. Das Schwanzskelett fehlt weitgehend, nur einige wenige isolierte Schwanzwirbel konnten im Bereich des Rumpfes und des Schädels gefunden werden (W-E Transport). Einige Rippen eines juvenilen Tieres sind auf diesem adulten Skelettverband abgelagert worden (Abb. 18, Elemente „x“). Besonders auffällig sind der Aufwuchs von mehr als drei Jahre alten Austern auf manchen Rippen (Abb. 12) und die Abrasion (wahrscheinlich durch Sandschliff) an manchen Elementen, z.B. dem Unterkieferast. Diese beiden Fakten lassen vermuten, daß das Skelett nach dem Tod des Tieres zumindest teilweise längere Zeit ohne bedeutende Sedimentbedeckung auf dem Meeresboden gelegen ist. Erwähnenswert ist der Fund eines isolierten Molaren (M3) des *Metaxytherium krahuletzki* und ein gut erhaltener Zahn von *Carcharocles megalodon*.

**Grabungsjahr 1987**

Die Grabung im Jahr 1987 kann man als Notbergung bezeichnen. Bei der Gewinnung von Bausand wurden Rippenfragmente entdeckt, die aus der Abbauwand herausragten, worauf ein Grabungsteam des Institutes für Paläontologie der Universität Wien ein stark zerlegtes Sirenen skelett freilegen, dokumentieren und bergen konnte (Abb. 4, Skelettverband 1987; Abb. 13; Abb. 17, S87; Abb. 18, Skelettverband Kühnring 1987). Das Material dieser Grabung besteht hauptsäch-



lich aus Rippen eines adulten *Metaxytherium krahuletzki*, es liegen auch einige mehr oder weniger komplette Wirbel, ein Sternum und ein Basisoccipitale vor (vgl. Tab. 6). Eine eindeutige Aussage über die ursprüngliche Lage des Kadavers ist aufgrund der starken Verfrachtung der Elemente schwieriger zu erzielen als bei den Skelettverbänden der anderen Grabungsjahre. Dennoch erscheint es aufgrund der Lagebeziehungen der linken und

den rechten Rippen und



Abb. 13.  
Bergung des Skelettverbandes eines *Metaxytherium krahuletzki* in der Gemeindegandgrube Kühnring – Grabungsjahr 1987. Skelettverband S87.

deren Auffindungsposition im Vergleich zur Position im lebenden Tier zulässig zu sein eine Bauchlage mit nach SSE gerichtetem Vorderende anzunehmen.

Tabelle 6.  
Skelettelemente eines adulten *Metaxytherium krahuletzki* aus der Gemein-  
sandgrube Kühnring – Grabungsjahr 1987.  
Skelettverband S87; (j) = Anteil juveniler Elemente.

Element	links	rechts	gesamt
Basioccipitale			1
Wirbel (thorakal)			10
Rippe	20	19 (1j)	39 (1j)
Scapula		1	1

### Grabungsjahr 1988

Im Jahre 1988 wurde südlich an die Grabungsareale von 1985 und 1987 anschließend eine Fläche von etwa 230 m<sup>2</sup> maschinell bis etwa 100 cm über dem Fundhorizont abgedeckt. Das Grabungsareal wurde in Quadranten mit 2x2 m Seitenlänge eingeteilt (Abb. 4, Grabungsareal 1988) und die restliche Sedimentbedeckung händisch abgebaut. Alle Knochenfunde wurden in maßstäblichen Zeichnungen mit der Lage in den jeweiligen Quadranten dokumentiert und die Funde mit laufenden Nummern versehen. Es wurde außerdem von jedem Knochenfund ein Geländefoto mit Nordrichtung, Grabungsjahr und Stücknummer angefertigt.

Neben zahlreichen über das Grabungsareal verteilten Skelettelementen (vor allem Rippen, jedoch auch Schulterblätter und Unterkieferelemente) adulter Sirenen (vgl. Tab. 8), konnte ein leicht aufgelöster Skelettverband eines juvenilen *Metaxytherium krahuletzki* entdeckt werden (Abb. 4, Skelettverband 1988; Abb. 14; Abb. 17, S88; Abb. 18, Skelettverband Kühnring 1988, Tab. 7). Aufgrund der Lagebeziehungen zwischen linken Elementen, rechten Elementen und verschiedenen Schädelementen zueinander kann rekonstruiert werden, daß das Tier in Rückenlage, SSE-NNW orientiert, mit gegen NNW gerichtetem Kopfende eingebettet wurde. Verschiedene, anlässlich der Grabungen in den Jahren 1990 und 1991 in bis zu 12 m Entfernung vom Zentrum dieses Verbandes aufgefunde-  
ne Schädelemente, Rippen und Schulterblätter könnten isolierte Teile dieses und eines weiteren juvenilen Skelettes darstellen.

Abb. 14.  
Juveniler Skelettverband  
eines *Metaxytherium krahuletzki*  
in der Gemein-  
sandgrube  
Kühnring – Grabungsjahr  
1988.  
Skelettverband S88.

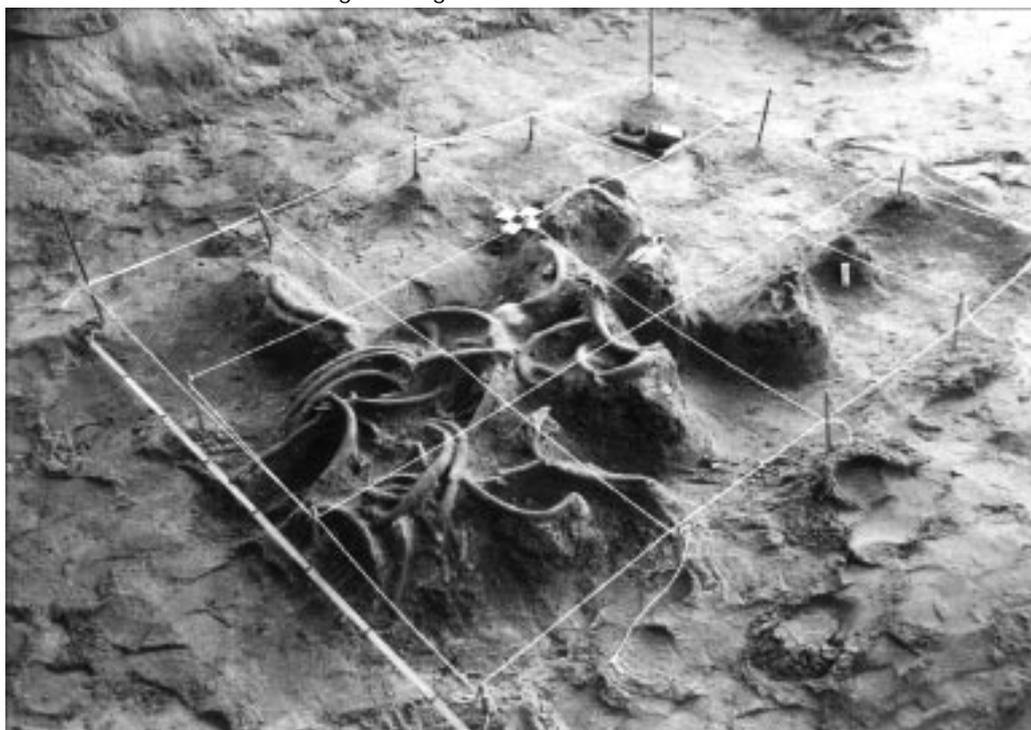


Tabelle 7.  
Skelettelemente eines juvenilen *Metaxytherium krahuletzki* aus der Gemein-  
sandgrube Kühnring – Grabungsjahr 1988.  
Skelettverband S88.

Element	links	rechts	gesamt
Parietale-Supraoccipitale			1
Frontale	1	1	2
Petrosom	1		1
Mandibel	1		1
Wirbel (cervical)			1
Wirbel (thorakal)			6
Wirbel (caudal)			2
Rippe	17	17	34

Tabelle 8.  
Skelettelemente von *Metaxytherium krahuletzki* aus der Gemein-  
sandgrube Kühnring – Grabungsjahr 1988.  
Adulte, isolierte Elemente.

Element	links	rechts	gesamt
Parietale-Supraoccipitale			1
Exoccipitale			1
Mandibel	1	1	2
Rippe	7	4	11
Scapula		1	1

### Grabungsjahr 1989

Im Spätherbst 1989 wurden in der Gemein-  
sandgrube Kühnring eine Reihe von Profilschnitten mit dem Löffelbagger eröffnet. Durch die genaue Vermessung dieser Profile konnte die Geometrie der verschiedenen Sedi-  
mentkörper, vor allem aber des invers gradierten Schutthorizontes rekonstruiert werden (Abb. 10). Im Zuge dieser Arbeiten wurde ein weiteres adultes Sirenen skelett unmittelbar auf dem invers gradierten Schutthorizont entdeckt (Abb. 4, Skelettverband 1989; Abb. 15; Abb. 17, S89; Abb. 18, Skelettverband Kühnring 1989) und nach entsprechender Dokumentation geborgen. Bedauerlicherweise waren manche Knochen durch den Einfluß von Humussäuren und Wurzeln der überlagernden Bodenbedek-  
kung stark korrodiert und wahrscheinlich Teile des Skelet-

Abb. 15.  
Skelettverband eines *Metaxytherium krahuletzki* in der Gemein-  
desandgrube Kühnring – Grabungsjahr 1989.  
Skelettverband S89.



tes durch die vor Jahren durchgeführte Abbau-  
tätigkeit verloren gegangen. Bei diesem in Rückenlage befindlichen Skelett konnte trotz stärkerer Auflösung des Verbandes eine SE-NW Orientierung der Körperachse erkannt werden, wobei das Kopfende im NW zu liegen kam. Der Brustkorb dieses Tieres wurde völlig zerlegt, etwas aus der Körperachse verschwenkt konnten einige wenige Brustwirbel im Zusammenhang angetroffen werden. Der Schädel ist so wie bei allen anderen Sirenenfunden in der Gemein-  
desandgrube Kühnring völlig aufgelöst, es konnten jedoch zahlreiche Elemente in geringer Distanz zu ihrer Ursprungsposition gefunden werden (Abb. 18, Skelettverband Kühnring 1989, Tab. 9).

Tabelle 9.  
Skelettelemente eines adulten *Metaxytherium krahuletzki* aus der Gemein-  
desandgrube Kühnring – Grabungsjahr 1989.  
Skelettverband S89.

Element	links	rechts	gesamt
Basioccipitale			1
Squamosum	1	1	2
Jugale		1	1
Petrosum	1	1	2
Mandibel	1	1	2
Wirbel (cervical)			2
Wirbel (thorakal)			10
Wirbel (caudal)			4
Rippe	8	22	30
Pelvis		1	1

#### Grabungsjahr 1990/91

Östlich in Fortsetzung des Grabungsareales von 1988 wurde das überlagernde Material einer Fläche von 250 m<sup>2</sup> maschinell abgedeckt. In den Jahren 1990 und 1991 konnte dieser Bereich (Abb. 4, Grabungsareal 1990–1991; Abb. 17) unter Mithilfe einer Gruppe ungarischer Studenten ergraben und dokumentiert werden. Im Gegensatz zu den früheren Grabungsjahren konnte in diesem Areal kein Skelettverband eines *Metaxytherium krahuletzki* aufgefunden werden, wohl aber eine Anzahl isolierter Elemente (vgl. Tab. 10), vor allem Rippen (häufig stark korrodiert) und Wirbel, die in geringer Dichte über das Areal verteilt waren. Besonders auffällig sind juvenile Wirbel, Rippen, ein Schulterblatt und ein Sternum, die zumindest teilweise dem juvenilen Skelettverband aus der Grabung 1988 angehören, zum anderen Teil ein weiteres juveniles Sirenen-

Tabelle 10.  
Skelettelemente von *Metaxytherium krahuletzki* aus der Gemein-  
desandgrube Kühnring – Grabungsjahr 1990.  
Isolierte Elemente; (j) = Anteil juveniler Elemente.

Element	links	rechts	gesamt
Squamosum	1 (1j)	2 (1j)	3 (2j)
Mandibel		2 (1j)	2 (1j)
Wirbel (cervical)			1 (1j)
Wirbel (thorakal)			3 (2j)
Wirbel (caudal)			2
Rippe	5 (2j)	9 (3j)	14 (5j)
Scapula	1 (1j)	1 (1j)	2 (2j)
Humerus	1	1	2

exemplar repräsentieren. Wahrscheinlich sind viele dieser Elemente durch Strömungen aus den Verbänden gelöst und über geringe Strecken transportiert worden.

Die Rekonstruktion bevorzugter Transportrichtungen erscheint durch die geringe Datenmenge wenig sinnvoll, ein Trend WSW-ENE läßt sich jedoch immerhin vermuten.

Tabelle 11.  
Skelettelemente von *Schizodelphis sulcatus* aus der Gemein-  
desandgrube Kühnring – Grabungsjahr 1990.

Elemente	Anzahl
Schädel	1
Unterkiefer	1
Petrosum	1

Ein Delphin-  
schädel (*Schizodelphis sulcatus*) und das Unterkiefer dieses

Abb. 16.  
Kristallinplatten des Schutthorizontes (Horizont 2) als Ankerpunkte isolierter Elemente von *Metaxytherium krahuletzi*.

Delphins konnten 8 m voneinander entfernt im Bereich der Molluskenlage (Grenzbereich Horizont 2/Horizont 4) aufgefunden werden (Tab. 11). Aus dem selben Bereich stammt auch ein weiterer Zahn von *Carcharocles megalodon*.

Das hauptsächlich aus adulten Rippen und Wirbeln bestehende Material der Grabung im Jahre 1991 ist derzeit nicht auffindbar.



## 5. Verteilung der Sirenen-Skelettelemente in den Grabungsarealen Kühnring 1982 bis 1991

Das Sirenenmaterial aus der Gemeindesandgrube von Kühnring besteht aus mehreren mehr oder weniger im Verband liegenden Skeletten (Abb. 17 und 18) und zahlreichen, über das Grabungsareal verteilten isolierten Elementen. Das gesamte hier dargestellte Sirenenmaterial ist der Spezies *Metaxytherium krahuletzi* zuzuordnen (pers. Mitteilung Dr. D.P. DOMING) und stammt aus dem Bereich des Profils, der unmittelbar über dem invers gradierten Schutthorizont folgt. Häufig dienen große Platten am Top des Schutthorizontes als Ankerpunkte für die Sirenenkadaver oder deren isolierte Elemente (Abb. 16).

Das Fundmaterial beinhaltet sowohl Reste juveniler als auch adulter Sirenen verschiedener Größenordnungen. Es sind Skelettverbände von zwei Jungtieren ergraben worden (Abb. 17, S82a, S88; Abb. 18, Skelettverband Kühnring 1988). Weitere Jungtiere sind durch zahlreiche, über das Grabungsareal verteilte Skelettelemente dokumentiert. Die adulten Sirenenreste bestehen aus vier mehr oder weniger im Verband liegenden Skelettverbänden (Abb. 17, S82, S85, S87, S89; Abb. 18, Skelettverband Kühnring 1985, Skelettverband Kühnring 1987, Skelettverband Kühnring 1989) und zahlreichen isolierten Elementen, die in unterschiedlicher Dichte über das Grabungsareal verteilt sind. Bei allen Sirenen skeletten der Gemeindesandgrube Kühnring sind die Schädel nicht in situ erhalten, sondern vom Kadaver gelöst und bruchstückhaft.

Die Skelette S82 und S85 (vgl. Abb. 18) sind weitgehend komplett im Verband erhalten geblieben, es konnten neben den artikulierten Thoraci auch Teile der Schädel, Extremitäten und der Schwanzwirbelsäule geborgen werden, bei Skelett S85 waren sogar beide Schulterblätter im Verband. Diese beiden Skelette liegen in der topographisch tiefsten Position im NW des Grabungsareales (vgl. Abb. 17). Die Verbände der Skelette S87, S88 und S89 sind stark gestört, die Thorakalelemente des jeweiligen Verbandes jedoch in unmittelbarer Nähe zueinander abgela-

gert. Diese drei Verbände weisen eine etwas höhere Position im Paläorelief auf als die Verbände S82 und S85. Im Zuge des weiteren Anstieges des Reliefs in Richtung ESE kommt es zu einer Zunahme der Dichte isolierter Sirenen-elemente die allen Altersklassen angehören, wobei jedoch die adulten Skelettelemente deutlich überwiegen. Nur ein geringer Teil dieser Funde kann einem der vorgenannten Skelettverbände zugeordnet werden, der überwiegende Anteil stellt Reste weiterer Sirenenkadaver dar.

Der unterlagernde Schutthorizont (Horizont 2) mit der Plattenlage an seinem Top steigt gegen ESE sanft an, der Reliefunterschied innerhalb des Grabungsareales beträgt zirka 1 m (vgl. Abb. 10 und 17). Der Artikulationsgrad der Sirenenkadaver und die Verteilung isolierter Elemente sind mit der Position im Paläorelief korrelierbar. Während die Skelette in den tiefsten Positionen weitgehend komplett im Verband erhalten geblieben sind und nur eine geringe Anzahl isolierter Elemente anzutreffen ist, finden sich in der höchsten Position des Grabungsfeldes isolierte Elemente in wesentlich höherer Dichte (Abb. 17). Bemerkenswert ist die Zunahme der Häufigkeit stark korrodierter Knochen in diesem Bereich.

Bezüglich der Körperlängsachsen der Sirenenkadaver kann aufgrund der zu geringen Datenmenge keine bevorzugte Richtung festgestellt werden (vgl. SANDER, 1987). Ähnlich verhält es sich mit dem wahrscheinlich ausgeglichenen Verhältnis in Rückenlage aufgefundener Skelette zu solchen in Bauchlage (vgl. Abb. 17). Der Test bezüglich der Orientierungen isolierter, gelängter Skelettelemente (Rippen, Humeri, Sterna) erbrachte keine bevorzugten Richtungen. Eine Einregelung durch Strömungen erscheint nicht nachweisbar, allerdings könnten strömungsbedingte Einregelungen durch Wellenbewegungen überprägt worden sein. Bezüglich der Transportrichtungen isolierter Skelettelemente kann ein Trend WSW-ENE, vielleicht durch küstenparallele Strömungen verursacht, vermutet werden.

An den Sirenenknochen konnten keine Fraßspuren gefunden werden, es ist aber sehr wahrscheinlich, daß Teile der nachgewiesenen Mollusken- und Fischfauna als Aas-

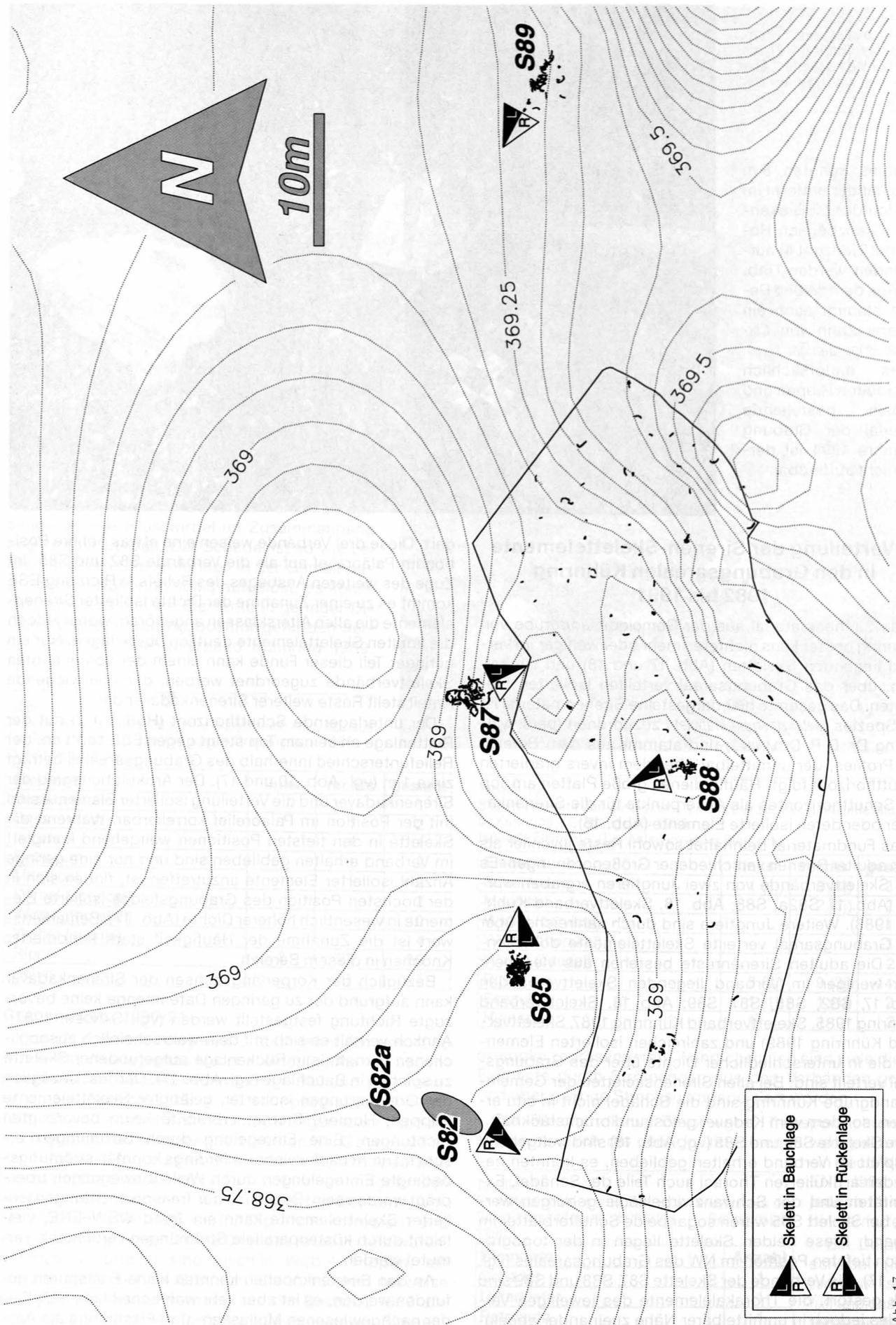


Abb. 17. Oberflächenrelief des Schutthorizontes und Lage und Verteilung der Skelette und Skelettelemente in der Gemeindesandgrube Kühnring.

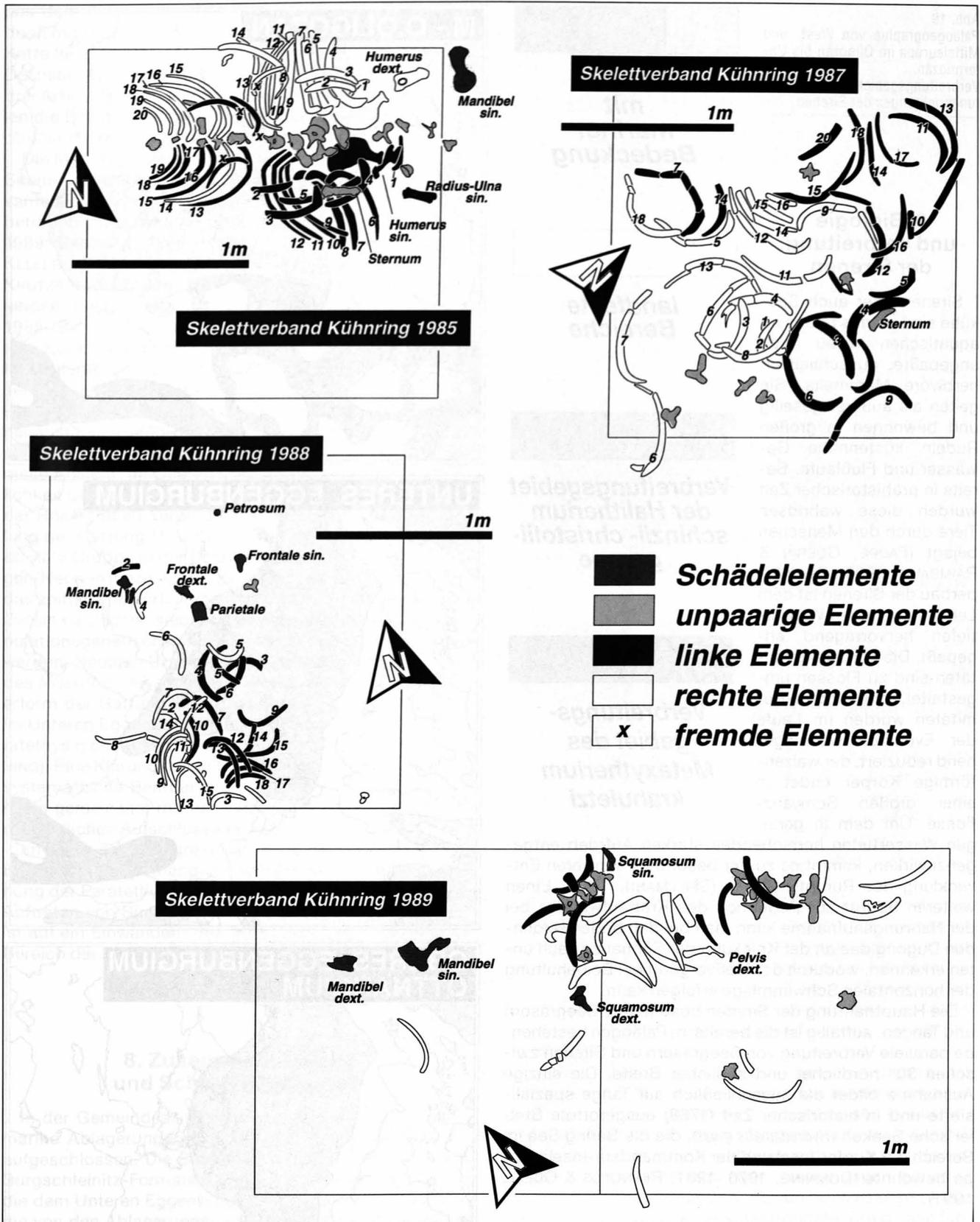


Abb. 18. Detailskizzen der Skelettverbände der Grabungsjahre 1985, 1987, 1988 und 1989.

fresser am Abbau der Sirenenkadaver beteiligt waren. Ob allerdings für das Herauslösen einzelner Elemente aus den Kadavern und den Transport dieser Knochen in die nähere Umgebung solche Aasfresser verantwortlich sind oder

derartige Vorgänge nur durch hydrodynamische Prozesse verursacht wurden, muß in diesem Zusammenhang offen bleiben.

Abb. 19.  
Paläogeographie von West- und  
Mitteleuropa im Oligozän bis Unter-  
miozän.  
Verbreitungsgebiete und Ausbrei-  
tungsrichtungen der Sirenen.

## 6. Biologie und Verbreitung der Sirenen

Sirenen oder auch See-  
kühe sind an das Leben im  
aquatischen Milieu hoch  
angepaßte, ausschließlich  
herbivore Mammalia. Sie  
gelten als äußerst gesellig  
und bewohnen in großen  
Rudeln küstennahe Ge-  
wässer und Flußläufe. Be-  
reits in prähistorischer Zeit  
wurden diese wehrlosen  
Tiere durch den Menschen  
bejagt (FAURE, GUÉRIN &  
RAIMBAULT, 1993). Der Kör-  
perbau der Sirenen ist dem  
Leben in geringen Wasser-  
tiefen hervorragend an-  
gepaßt. Die Vorderextremi-  
täten sind zu Flossen um-  
gestaltet, die Hinterextre-  
mitäten wurden im Laufe  
der Evolution weitestge-  
hend reduziert, der walzen-  
förmige Körper endet in  
einer großen Schwanz-  
flosse. Um dem in gerin-  
gen Wassertiefen herrschenden starken Auftrieb entgegenzuwirken, kommt es zu der besonders schweren Entwicklung des Rumpfskelettes (SPILLMANN, 1947). Einen weiteren Schritt zur Reduktion des Kraftaufwandes bei der Nahrungsaufnahme kann man bei den bodenweidenden Dugongidae an der Knickung der Schnauze nach unten erkennen, wodurch der Freßvorgang bei Beibehaltung der horizontalen Schwimmlage erfolgen kann.

Die Hauptnahrung der Sirenen besteht aus Seegräsern und Tangen, auffällig ist die bereits im Paläogen bestehende parallele Verbreitung von Seegräsern und Sirenen zwischen 30° nördlicher und südlicher Breite. Die einzige Ausnahme bildet die ausschließlich auf Tange spezialisierte und in historischer Zeit (1768) ausgerottete Steller'sche Seekuh (*Hydrodamalis gigas*), die die Bering See im Bereich der Kupfer-Insel und der Kommandeur-Inselgruppe bewohnte (DOMNING, 1976, 1981; REYNOLDS & ODELL, 1991).

## 7. Ursprung des *Metaxytherium krahuletzii*

Den meisten Autoren zufolge sind die *Metaxytherien* des europäischen Miozän und Pliozän Nachfahren des oligozänen (Rupelium) *Halitherium schinzii* aus dem Raum Belgien, Frankreich und Deutschland. ABEL (1904) leitet die Gattung *Metaxytherium* von *Halitherium schinzii* über *H. christolii*



**Gebiete  
mit  
mariner  
Bedeckung**



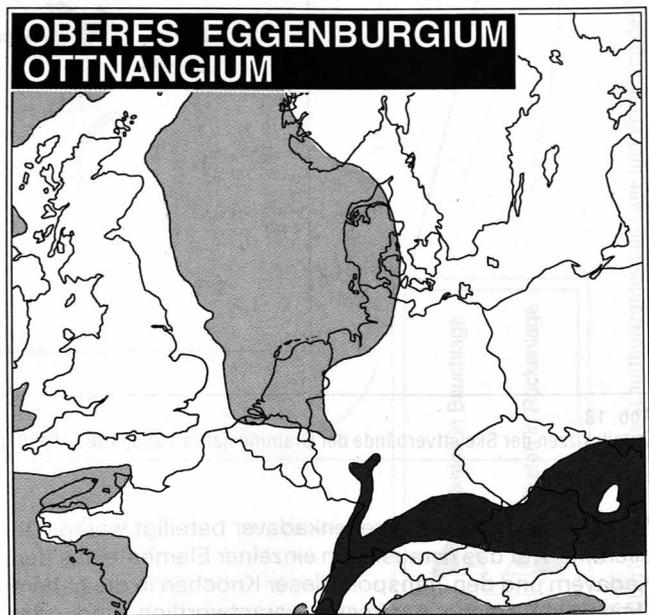
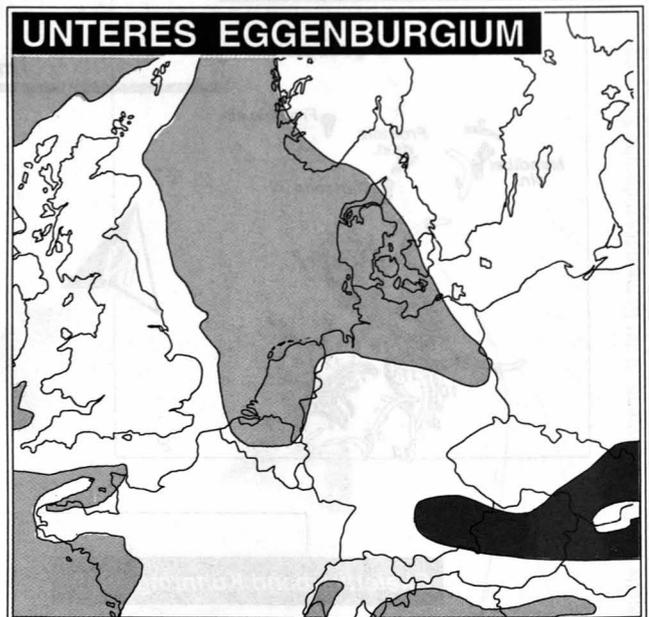
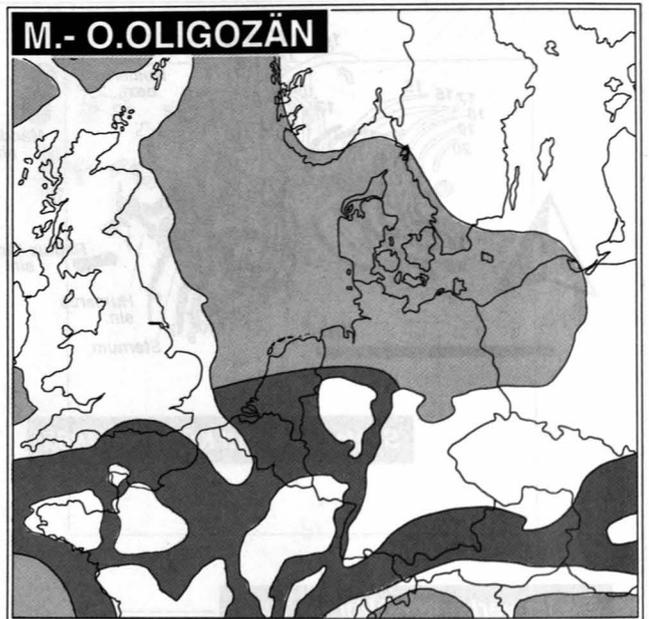
**landfeste  
Bereiche**



**Verbreitungsgebiet  
der *Halitherium  
schinzii-christolii-  
gruppe***



**Verbreitungs-  
gebiet des  
*Metaxytherium  
krahuletzii***



aus dem österreichischen Egerium ab. Vergleichbar, jedoch mit *H. persense*, *H. christolii* und *H. abeli* als Glieder einer Kette leitet SPILLMANN (1959) die Gattung *Metaxytherium* ab. DOMNING & THOMAS (1987) nehmen jedoch an, daß diese drei Arten als Synonyme zu handhaben sind und empfehlen die Entwicklungslinie *Halitherium schinzii* (Rupelium) – *H. christolii* (Egerium) – *Metaxytherium krahuletzii* (Eggenburgium).

Die Möglichkeiten der Ausbreitung und Entwicklung der Sirenen im Oligozän und Miozän müssen im engen Zusammenhang mit der Entwicklung des Paratethysmeeres betrachtet werden [vgl. Abb. 19; (vgl. BALDI, 1982, 1984, 1989; BARTHELT, 1989; FUCHS, 1985; HAMOR, (ed.) 1988; KELLER, 1989; KOVÁČ, KRYSŤEK, SENES & VASS, 1986; KRUTZSCH & LOTSCH, 1958; MARTINI, 1990; RÖGL & STEININGER, 1983; STEININGER, SENES, KLEEMANN & RÖGL (eds.), 1985; STEININGER, WESSELY, RÖGL & WAGNER, 1986; WAGNER, KUCKELKORN & HILTMANN, 1986; ZIEGLER, 1982, 1988)]. Im Mittleren Oligozän ist eine marine Verbindung von Pariser Becken, Nordseebecken, Mainzer Becken über den Rheingraben in das Molassemeer vorhanden und ein Faunenaustausch möglich. Zahlreiche Funde des *Halitherium schinzii* in Ablagerungen dieser Zeitebene untermauern diese Ansicht. Im Oberen Oligozän wird die weitere Möglichkeit des Faunenaustausches durch die Unterbrechung der Rheingraben-Verbindung unterbunden. Die Entwicklung der Gattung *Metaxytherium* aus der *Halitherium schinzii*-*H. christolii*-Gruppe in der Paratethys ist an der Wende Paläogen/Neogen anzusetzen (DOMNING, 1978). Hinweise auf das zeitgleiche Vorkommen von *Halitherium* sp. und *Metaxytherium krahuletzii* im selben Meeresbereich müssen aus populationsgenetischen Erwägungen stark angezweifelt werden. Neueren Überlegungen zufolge ist die Herleitung des *Metaxytherium krahuletzii* von einer sehr ähnlichen Vorläuferform der Gattung *Metaxytherium* und eine Einwanderung im Unteren Eggenburgium in den Raum der Zentralen Paratethys nicht auszuschließen (pers. Mitteilung D.P. DOMNING). Eine Klärung dieser Fragen könnte allerdings nur die systematische Bearbeitung des fraglichen Sirenenmaterials gemeinsam mit der stratigraphischen Bearbeitung der fraglichen Aufschlüsse bringen.

Im Zuge der transgressiven Entwicklungen im Oberen Eggenburgium/Ottangium erfolgt eine neuerliche Öffnung der Paratethys gegen Westen (Abb. 19). Das erneute Auftreten von Sirenen in der Nordschweiz (PILLERI, 1987) ist auf ein Einwandern des *Metaxytherium krahuletzii* aus dem Bereich der Zentralen Paratethys zurückzuführen.

## 8. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

In der Gemeindesandgrube von Kühnring sind seichtmarine Ablagerungen des Untermiozän (Eggenburgium) aufgeschlossen. Die Schichtfolge umfaßt Sedimente der Burgschleinitz-Formation und Gauderndorf-Formation die dem Unteren Eggenburgium zugerechnet werden und die von den Ablagerungen der Zogelsdorf-Formation aus dem Oberen Eggenburgium transgressiv überlagert werden.

Die an der Basis des Profils aufgeschlossenen, fossilreichen, oft siltigen Mittel- bis Feinsande sind typische Ablagerungen des seichten, marinen Sublitorals in einer schmalen, gegen Westen offenen Bucht. Dafür sprechen sowohl der Fossilinhalt, als auch die sedimentologischen Merkmale, wie der interne Sedimentaufbau oder granulo-

metrische Parameter. Die Mollusken- und Foraminiferenfauna weisen auf vollmarine Sandböden mit Seegrassbeständen hin.

Der hangende Teil der Burgschleinitz-Formation wird im Aufschluß von einer grobklastischen Fazies gebildet. Darin konnten mehrere Skelettverbände und zahlreiche Einzellemente von Seekühen (*Metaxytherium krahuletzii*) gemeinsam mit Resten anderer Tiere, wie z.B. *Brachyodus onoides*, Tapir, Delphin (*Schizodelphis sulcatus*), Zähne von Meerbrassen (Sparidae) und verschiedener Haifische, darunter auch *Carcharocles megalodon* gefunden werden (vgl. PERVESLER & STEININGER, 1986; PERVESLER & ROETZEL, 1991; STEININGER et al., 1991, 1993).

Die Lithologie des liegenden Grobhorizontes in dieser grobklastischen Fazies zeigt alle Merkmale eines rasch abgelagerten Schuttstromes (Trümmerstrom, debris flow), wie z.B. inverse Gradierung und grobe, vorwiegend matrixgestützte, sehr schlecht sortierte und manchmal vertikal im Sediment orientierte Komponenten.

Nicht eindeutig zu klären ist die Genese eines Molluskenschillhorizontes an der Basis dieses Grobhorizontes. Am wahrscheinlichsten ist eine zeitlich länger andauernde Schillbildung durch Strömung und Wellen im seichtmarinen Bereich. Nicht vollständig auszuschließen ist aber auch ein kurzzeitiges Ereignis, wie z.B. ein Sturm, das vor dem Abgang dieses Schuttstromes stattfand und zur Schalenanreicherung führte. Dieses könnte dann auch der auslösende Faktor für den Schuttstrom gewesen sein.

Die Eingleitung des Schuttstromes in die seichtmarine Bucht erfolgte von Ost bis Südost, von den Kristallinkuppen in diesem Bereich. Dieser erfüllte vermutlich die gesamte Bucht, mindestens auf einer Fläche von 60.000 m<sup>2</sup> mit einer 0,7 bis 2,3 m mächtigen Sedimentdecke, die sämtliche Reliefunterschiede ausglich.

Von dem Schuttstrom wurden sowohl lokal anstehende Kristallinkomponenten des unmittelbaren Hinterlandes als auch bereits besser aufbereitete Sedimentanteile und Mollusken aus dem seichtmarinen Bereich erfaßt. Als größte Komponenten finden sich am Top des Trümmerstromes Kristallinplatten mit Durchmesser von 10 bis 50 cm, vereinzelt sogar bis 80 cm.

MYROW & HISCOTT (1991) führen an, daß besonders die Verflüssigung oder teilweise Verflüssigung der Sedimente ein wichtiger Auslösungsmechanismus für viele derartige gravitativ beeinflusste Ablagerungen im Seichtwasserbereich sein kann. Erleichtert wird diese Verflüssigung bei hohen Silt- und Feinsandanteilen im Sediment durch die geringere Kohäsion und intergranulare elektrostatische Anziehung.

Es muß angenommen werden, daß vor Abgang des Schuttstromes relativ viel metastabiles Verwitterungsmaterial von den benachbarten Kristallinkuppen in Küstennähe, oberhalb der mittleren Hochwasserlinie angehäuft wurde. Die plötzliche, hohe Wassersättigung und der erhöhte Porendruck in derartigen Ablagerungen bei einer Sturmflut kann dann zur Bildung von hochviskosen Ablagerungen während solcher katastrophaler Ereignisse führen.

Auf diesem Trümmerstrom wurden die mehr oder weniger vollständig erhaltenen und im Verband liegenden Skelette von *Metaxytherium krahuletzii* in verschiedenen Größen- bzw. Altersklassen und zahlreiche isolierte Elemente auf den großen Gesteinsplatten abgelagert. Es konnten die im Verband erhaltenen Skelettelemente von zwei Jungtieren und vier adulten Sirenen aufgefunden werden. Isolierte

Skelettelemente sind zum Teil wahrscheinlich Reste weiterer Sirenenkadaver.

Da diese Seekuhreste ausschließlich auf dem Schutthorizont liegen, ist anzunehmen, daß diese Tiere einem Herdenverband angehörten und gleichzeitig umkamen (vgl. PERVESLER & ROETZEL, 1991).

Rezent gibt es mehrere Berichte über Massensterben von Seekuhherden. MARSH (1989) berichtet über einen tropischen Zyklon in Nordaustralien im März 1984, bei dem neben ungefähr 500 Schildkröten, zahlreichen Haien, Rochen und Fischen mehr als 27 Dugongs im Bereich der Mündung des McArthur River auf einer supratidalen Schlammfläche bis zu 9 km landeinwärts gespült wurden.

PREEN (1993a,b) beschreibt von der Hervey Bay in Südost-Queensland in Australien, im Bereich der Mündung des Mary River, ein Massensterben und einen Exodus einer großen Dugong-Population nach einem Zyklon und Flutwellen im Februar und März 1992. Das Massensterben der Seekühe war auf die Zerstörung eines Großteiles ihrer Nahrungsgrundlage, der 1000 km<sup>2</sup> großen Seegraswiesen in dieser Bucht zurückzuführen, sodaß viele Tiere verhungern mußten.

Wahrscheinlich steht der Tod der Seekuhherde in der seichten Meeresbucht von Kühnring in Zusammenhang mit einem schweren Sturm und dem dadurch ausgelösten, eingleitenden Schuttstrom. Eine Folge solcher Sturmereignisse könnte, wie im rezenten Vergleichsbeispiel, die Vernichtung der Seegrasareale und damit der Nahrungsgrundlage der Sirenen gewesen sein; das Verhungern eines Teiles der Sirenenpopulation wäre die logische Konsequenz.

Es ist zu vermuten, daß, anders als bei Delphinen oder Seehunden, die toten Tiere nicht an der Wasseroberfläche treibend zerfielen (SCHÄFER, 1962) oder in das Supratidal geschleudert wurden (WEIGELT, 1927), sondern durch den schweren Knochenbau der Seekühe sehr bald und komplett zu Boden sanken (vgl. ALLISON, SMITH, KUKERT, DEMING & BENNETT, 1991; ELDER & SMITH, 1988). Die großen Kristallinplatten am Top des Trümmerstromes scheinen teilweise als Ankerpunkte für die Kadaver fungiert zu haben.

Die Kadaver wurden danach durch Strömungen und Wellen etwas zerlegt und allmählich von Sanden bedeckt. Dies geschah allerdings nicht sehr rasch, da auf einigen Knochen der Aufwuchs von mehr als drei Jahre alten Austern zu beobachten ist. Weiters ist Abrasion, wahrscheinlich durch Sandschliff, an manchen Skelettelementen zu erkennen.

Der unterlagernde Schutthorizont mit der Kristallinplattenlage an seinem Top steigt gegen Ost-südost sanft an, der Reliefunterschied innerhalb des Grabungsareales beträgt ca. 1 m. Der Erhaltungszustand der Sirenenkadaver und die Verteilung isolierter Elemente sind mit der Position im Paläorelief korrelierbar. Während die Skelette in den tiefsten Positionen weitgehend komplett im Verband erhalten geblieben sind, finden sich in der höchsten Position des Grabungsfeldes isolierte Elemente in höherer Dichte.

Die weitgehend komplett erhaltenen Skelettverbände liegen in der topographisch tiefsten Position im Nordwesten des Grabungsareals. Die Skelettverbände in etwas höherer Position des Paläoreliefs sind dagegen stark aufgelöst. Im Zuge des weiteren Anstieges in Richtung Ost-südost kommt es zu einer Zunahme der Dichte isolierter Sirenenelemente, die allen Altersklassen angehören, wobei jedoch die adulten Skelettelemente deutlich überwiegen. Nur ein geringer Teil dieser Funde kann einem der

vorgenannten Skelettverbände zugeordnet werden, der überwiegende Anteil stellt Reste weiterer Sirenenkadaver dar. Bemerkenswert ist die Zunahme der Häufigkeit stark korrodierter Knochen in diesem Bereich. Diese isolierten und korrodierten Skelettelemente finden sich dabei häufig angelagert an große Kristallinplatten, die vermutlich auch hier als Ankerpunkte fungierten (Abb. 16).

Die nach dem Eingleiten des Schuttstromes erfolgte Aufarbeitung und Umlagerung dieser Sedimente durch Strömung und Wellen ist auch aus den granulometrischen Parametern, der Lithologie und der Geometrie der Sedimentkörper der über dem Schuttstrom liegenden Quarzkiese und siltig-kiesigen Fein- bis Mittelsande zu ersehen. Die Korrosion und Abrasion der Knochen erfolgte während dieser Aufarbeitungsphase im seichtmarinen Bereich, bei der auch die Skelettelemente in den normalen Sedimentationsprozess einbezogen wurden. Aufgrund der Lage isolierter Skelettelemente zu den weitgehend im Verband befindlichen Skeletten ist ein Transport WSW-ENE zu vermuten, der mit dem Paläorelief und dem rekonstruierten Küstenverlauf weitgehend übereinstimmt.

Einige Zeit danach erfolgte wahrscheinlich das Eingleiten eines weiteren Schuttstromes (debris flow), der jedoch überwiegend die flachmarinen, besser aufgearbeiteten Sedimentanteile erfaßte. Der Molluskenschillhorizont an der Basis dieser gut bis sehr gut gerundeten, sandigen Quarzkiese entstand wahrscheinlich wieder durch strömungs- und welleninduzierte Schalenkonzentration im seichtmarinen Bereich. Der Einfluß eines Sturmereignisses ist aber auch hier nicht auszuschließen.

Mit der Gauderndorf-Formation wird die marine Transgression des Unteren Eggenburgium fortgesetzt. Die in diesem Aufschluß besonders feinkörnigen und gut geschichteten Sedimente sind vermutlich Ablagerungen auf Schlammböden in etwas tieferen, ruhigen, sublitoralen Bereichen.

Aufgrund der Foraminiferenfauna, mit einem verstärkten Auftreten von *Lenticulina*, *Globocassidulina*, *Epistominella* und Plankton kann ein etwas tieferer Ablagerungsraum mit besserer Verbindung zum offenen Meer angenommen werden.

Eine normal gradierte Grobeinschaltung in diesen Feinsedimenten zeigt wiederum die Merkmale eines debris flows. Als auslösender Faktor kann vielleicht auch hier ein Sturmereignis gewirkt haben.

Mit den basalen Sedimenten der Zogelsdorf-Formation am Top dieses Aufschlusses wird der Beginn der neuen Transgression im Oberen Eggenburgium markiert. Aufgrund der Foraminiferenfauna erscheint ein Ablagerungsbereich im mittleren Neritikum wahrscheinlich.

## Dank

Die Autoren danken: Herrn G. PUTZGRUBER aus Straß, durch dessen ersten Fund des Skelettes einer Seekuh in der Gemeindegandgrube Kühnring der Grundstein zu dieser Arbeit gelegt wurde. Für die Hilfe bei den Grabungsarbeiten und Bergungen der Sirenenreste: Herrn Mag. Dr. J. H. NEBELSICK, Institut für Paläontologie, Universität Tübingen. Herrn V. PERLINGER, Institut für Paläontologie, Universität Wien. Herrn Prof. Dr. G. RABEDER, Institut für Paläontologie, Universität Wien. Herrn Dr. H. REINHART, Eggenburg. Herrn F. SÄTTLER, Institut für Paläontologie, Universität Wien. Herrn W. SIMETH, Institut für Paläontologie, Universität Wien. Herrn Direktor Dr. F. STÜRMER, KRAHULETZ-Museum Eggenburg. Herrn Kurator W. VASICEK, KRAHULETZ-Museum Eggenburg. Herrn Prof. Dr. N. VAVRA, Institut für Paläontologie, Universität Wien. Den zahlreichen Studentinnen und Studenten des Institutes für Paläontologie der Universität Wien, des Institutes für Geologie der Universität Wien sowie verschiedener Universitäten in Budapest. Herrn Bürgermeister L. TRAUNER, Amelsdorf, und Herrn Ortsvorsteher L. AMON, Kühnring, für das freundliche

Entgegenkommen bei den Grabungsarbeiten. Fa. E. LEHNER, Eggenburg, für die Baggararbeiten. Herrn Dr. D.P. DOMNING, Howard University Washington, D.C., für die Zuordnung der Sirenenreste und kritische Durchsicht des Manuskriptes. Herrn F. DUNGEL, Korneuburg, für Vermessungsarbeiten in der Gemeindesandgrube Kühnring. Herrn Prof. Dr. G. FRASL und Herrn Prof. Dr. V. HÖCK, Universität Salzburg, für Auskünfte über das Kristallin im Bereich der Gemeindesandgrube Kühnring. Herrn Prof. Dr. J. HOHENEGER, Institut für Paläontologie, Universität Wien, für seine Hilfe bei Fragen der Populationsgenetik und Statistik. Herrn Dipl. Ing. H. HOYOS, Horn, für die Erlaubnis zur Bearbeitung der Sammlung Engelshofen. Herrn Mag. H.G. KRENMAYR, Geologische Bundesanstalt, für zahlreiche Diskussionsbeiträge. Herrn O. MANDIC, Institut für Paläontologie, Universität Wien, für die Bestimmung von Mollusken. Frau Dr. C. MÜLLER, Rueil-Malmaison, Frankreich, für die Bestimmung des kalkigen Nannoplanktons. Herrn Mag. Dr. K. RAUSCHER, Institut für Paläontologie, Universität Wien, für die Bestimmung eines Krokodilzahnens. Herrn Dr. Ch. RUPP, Geologische Bundesanstalt, für die Bearbeitung der Mikrofossilien. Herrn Dr. O. SCHULTZ, Naturhistorisches Museum, Wien für die Bestimmung der Fischzähne. Herrn Mag. A. THINSCHMIDT, Wien, für die Auszählung der Schwerminerale. Frau Dr. I. WIMMER-FREY, Geologische Bundesanstalt, für die Auszählung und Bearbeitung der Leichtminerale. Herrn S. LASCHENKO, Frau E. PUHM und Herrn J. RÜTHNER, Geologische Bundesanstalt, für Zeichenarbeiten und fototechnische Arbeiten.

Finanzielle Unterstützung der wissenschaftlichen Arbeiten kam von dem Projekt „Rekonstruktion der Faziesbereiche im Oligozän und Unter-miozän am Süd- und Ostrand der Böhmisches Masse“ der Hochschuljubiliäumsstiftung der Stadt Wien.

Die Finanzierung der Grabungsarbeiten wurden durch das Land Niederösterreich, die Universität Wien (Institut für Paläontologie) und die KRAHULETZ-Gesellschaft in Eggenburg getragen.

## Literatur

- ABEL, O.: Untersuchungen über die fossilen Platanistiden des Wiener Beckens. – Denkschr. k. Akad. Wiss., math.-naturw. Cl., **68**, 839–874, Wien 1900.
- ABEL, O.: Die Sirenen der mediterranen Tertiärbildungen Österreichs. – Abh. Geol. R.-A., **19/2**, 1–223, Wien 1904.
- ALLISON, P.A., SMITH, C.R., KUKERT, H., DEMING, J.W. & BENNETT, B.A.: Deep-water taphonomy of vertebrate carcasses: a whale skeleton in the bathyal Santa Catalina Basin. – *Paleobiology*, **17(1)**, 78–89, Lawrence 1991.
- BÁLDI, T.: Mid-Tertiary tectonic and paleogeographic evolution of the Carpatian – East Alpine – Pannonian System. – *Öslenyáni Viták (Discussions Palaeontologicae)*, **28**, 79–155, Budapest 1982.
- BÁLDI, T.: The terminal Eocene and early Oligocene events in Hungary and the separation of an anoxic, cold Paratethys. – *Eclologiae geol. Helv.*, **77(1)**, 1–27, Basel 1984.
- BÁLDI, T.: Tethys and Paratethys through Oligocene times. Remarks to a comment. – *Geol. Zborn., Geol. Carpat.*, **40(1)**, 85–99, Bratislava 1989.
- BARTHELT, D.: Faziesanalyse und Untersuchung der Sedimentationsmechanismen in der Unteren Brackwasser-Molasse Oberbayerns. – *Münchner Geowiss. Abh. (A)*, **17**, 1–118, München 1989.
- CLIFTON, H.E. & BOGGS, S.Jr.: Concave-up Pelecypod (*Psephidia*) Shells in Shallow Marine Sand, Elk River Beds, Southwestern Oregon. – *Journ. Sed. Petrol.*, **40/3**, 888–897, Tulsa 1970.
- CROWELL, J.C.: Origin of Pebbly Mudstones. – *Bull. Geol. Soc. Am.*, **68**, 993–1009, New York 1957.
- DAXNER-HÖCK, G.: Vertebrata (excl. Pisces) der Eggenburger Schichtengruppe. In: STEININGER, F.F. & SENES, J.: M1 Eggenburgien. Die Eggenburger Schichtengruppe und ihr Stratotypus. – *Chronostratigraphie und Neostratotypen*, **2**, 761–777, Bratislava (Slovak. Akad. Wiss) 1971.
- DEPERET, Ch.: Über die Fauna von miocänen Wirbelthieren aus der ersten Mediterranstufe von Eggenburg. – *Sitzber. k. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Cl.*, **104/4**, 395–416, Wien 1895.
- DOMNING, D.P.: An Ecological Model for Late Tertiary Sirenian Evolution in the North Pacific Ocean. – *Syst. Zool.*, **25**, 352–362, Lawrence 1976.

- DOMNING, D.P.: Sirenia. In: MAGLIO, V.J. & COOKE, H.B.S. (eds.): *Evolution of African Mammals.* – 573–581 Cambridge – London (Harvard University Press) 1978.
- DOMNING, D.P.: Sea cows and sea grasses. – *Paleobiology*, **7(4)**, 417–420, Ithaca 1981.
- DOMNING, D.P. & THOMAS, H.: *Metaxytherium serresii* (Mammalia: Sirenia) from the Early Pliocene of Lybia and France: A Reevaluation of its Morphology, Phyletic Position, and Biostratigraphic and Paleogeological significance. – In: BOAZ, N.T., EL-ARNAUTI, A., GAZIRY, A.W., HEINZELIN, J. DE & BOAZ, D.D. (eds.): *Neogene Paleontology and Geology of Sahabi.* – 205–232, New York (Alan R. Liss, Inc.) 1987.
- ELDER, R.L. & SMITH, G.R.: Fish taphonomy and environmental inference in paleolimnology. – *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **62**, 577–592, Amsterdam 1988.
- FAURE, M., GUÉRIN, C. & RAIMBAULT, M.: L'exploitation des Sireniens à travers le temps. – In: DESSE, J. & AUDOIN-ROUZEAU, F. (eds.): *Exploitation des animaux sauvages a travers le temps.* – 307–317, Juan-les-Pins, 1993.
- FISHER, R.V.: Features of coarse-grained, high-concentration fluids and their deposits. – *Journ. Sed. Petrol.*, **41/4**, 916–927, Tulsa 1971.
- FUCHS, W.: Großtektonische Neuorientierung in den Ostalpen und Westkarpaten unter Einbeziehung plattentektonischer Gesichtspunkte. – *Jb. Geol. B.-A.*, **127/4**, 571–631, Wien 1985.
- FUTTERER, E.: Untersuchung über die Sink- und Transportgeschwindigkeit biogener Hartteile. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **155/3**, 318–359, Stuttgart 1978a.
- FUTTERER, E.: Studien über die Einregelung, Anlagerung und Einbettung biogener Hartteile im Strömungskanal. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **156/1**, 87–131, Stuttgart 1978b.
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (Hrsg.): *Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1977 Waldviertel (15.–20. Mai 1977).* – 110 S., (Geol. B.-A.) Wien 1977.
- GLAISTER, R.P. & NELSON, H.W.: Grain-size distributions, an aid in facies identification. – *Bull. Canad. Petrol. Geol.*, **22/3**, 203–240, Calgary 1974.
- HAMOR, G. (ed.): *Neogene Palaeogeographic Atlas of Central and Eastern Europe.* – 7 maps, Budapest (Hungarian Geological Institute) 1988.
- HÖCK, V. & VETTERS, W.: Blatt 21, Horn. Geologische Aufnahme (Kristallin). – *Verh. Geol. B.-A.*, **1975/1**, A22–A25, Wien 1975.
- HÖCK, V. & VETTERS, W.: Bericht 1977 über geologische Aufnahmen im Kristallin auf Blatt 21, Horn. – *Verh. Geol. B.-A.*, **1978/1**, A49–A51, Wien 1979.
- HÖCK, V., FRASL, G., STEININGER, F. & VETTERS, W.: Zur Geologie des Kristallins und Tertiärs der weiteren Umgebung von Eggenburg. – *Exkursionsführer Österr. Geol. Ges.*, **1**, 59S., Wien 1983.
- HOHENEGER, J. & PERVESLER, P.: Orientation of crustacean burrows. – *Lethaia*, **18**, 323–339, Oslo 1985.
- JENKE, Y.: Paläoökologische Untersuchung an Foraminiferen im Raum Eggenburg, NÖ, in der Zogelsdorf-Formation (Eggenburgium, Miozän). – *Dipl. Arbeit Form. u. Natw. Fak. Univ. Wien*, 164 S., Wien 1992.
- JENKE, Y.B.: Palaeoecological Studies of Benthic Foraminifera from the Zogelsdorf Formation (Eggenburgian, Early Miocene) in the Eggenburg Area (Austria). – *Contr. Tert. Quartern. Geol.*, **30/3–4**, 105–145, Leiden 1993.
- KELLER, B.: Fazies und Stratigraphie der Oberen Meeresmolasse (Unteres Miozän) zwischen Napf und Bodensee. – *Diss. Univ. Bern*, 402 S., Bern 1989.
- KIDWELL, S.M.: The Stratigraphy of Shell Concentrations. – In: ALLISON, P.A. & BRIGGS, D.E.G.: *Taphonomy. Releasing the Data Locked in the Fossil Record.* – 211–290, New York – London (Plenum Press) 1991.
- KIDWELL, S.M. & BOSENCE, D.W.J.: Taphonomy and Time-Averaging of Marine Shelly Faunas. – In: ALLISON, P.A. & BRIGGS, D.E.G.: *Taphonomy. Releasing the Data Locked in the Fossil Record.* – 115–209, New York – London (Plenum Press) 1991.

- KOVÁČ, M., KRYSŤEK, I., SENES, J. & VASS, D.: Origin, migration and disappearance of West Carpathians sedimentary basins in the Lower Miocene. – *Giorn. Geol. ser. 3°*, **48(1–2)**, 317–322, Bologna 1986.
- KRUTZSCH, W. & LOTSCH, D.: Übersicht über die paläogeographische Entwicklung des zentraleuropäischen Alttertiärs (ohne Tethys-Raum). – *Ber. Geol. Ges. DDR.*, **3**, 99–110, Berlin 1958.
- MARSH, H.E.: Mass stranding of Dugongs by a Tropical Cyclone in Northern Australia. – *Marine Mammal Science*, **5/1**, 78–84, Lawrence 1989.
- MARTINI, E.: The Rhinegraben system, a connection between northern and southern seas in the European Tertiary. – Veröff. Übersee-Mus., **A10**, 83–98, 208–211, Bremen 1990.
- MELDAHL, K.H. & CUTLER, A.H.: Neotectonics and Taphonomy: Pleistocene Molluscan Shell Accumulations in the Northern Gulf of California. – *Palaios*, **7/2**, 187–197, Tulsa 1992.
- MOSS, A.J.: The physical nature of common sandy and pebbly deposits, Part I. – *Am. J. Sci.*, **260**, 337–373, New Haven 1962.
- MOSS, A.J.: The physical nature of common sandy and pebbly deposits, Part II. – *Am. J. Sci.*, **261**, 297–343, New Haven 1963.
- MYROW, P.M. & HISCOTT, R.N.: Shallow-water gravity-flow deposits, Chapel Island Formation, southeast Newfoundland, Canada. – *Sedimentology*, **38/5**, 935–959, Oxford (Blackwell) [u.a.] 1991.
- NEBELSICK, J.H.: Die fazielle Gliederung der Zogelsdorf Formation (Untermiozän: Eggenburgian) in Niederösterreich anhand mikrofazieller Untersuchungsmethoden. – *Dipl. Arbeit Form. u. Natw. Fak. Univ. Wien*, 242 S., Wien 1989a.
- NEBELSICK, J.H.: Temperate water carbonate facies of the Early Miocene Paratethys (Zogelsdorf Formation, Lower Austria). – *Facies*, **21**, 11–40, Erlangen 1989b.
- PERVESLER, P. & ROETZEL, R.: Das Leichenfeld von Kühnring. – *Katalogreihe des KRAHULETZ-Museums*, **12**, 97–101, Eggenburg 1991.
- PERVESLER, P. & STEININGER, F.F.: Die Seekuh *Metaxytherium krahuletzii*, Skelett eines 22 Millionen Jahre alten Meeressäugtieres aus Kühnring. – *Katalogreihe des KRAHULETZ-Museums*, **7**, 1–12, Eggenburg 1986.
- PIA, J. & SICKENBERG, O.: Katalog der in den Österreichischen Sammlungen befindlichen Säugetierreste des Jungtertiärs Österreichs und der Randgebiete. – *Denkschr. Naturhist. Mus. Wien*, **4**, XVI+544 S., Leipzig – Wien 1934.
- PILLERI, G.: The Sirenia of the Swiss Molasse. – 114 pp., (Brain Anatomy Institute Ostermündingen, Switzerland) Vammala 1987.
- PREEN, A.: Loss of Seagrass and Loss of Dugongs. – *Sirenews*, **19**, 3–5, Washington 1993a.
- PREEN, A.: Dramatic Impact of Seagrass Loss on a large Dugong Population. – *Sirenews*, **20**, 16, Washington 1993b.
- REINECK, H.-E. & SINGH, I.B.: *Depositional Sedimentary Environments*, 2nd Ed., XX+549 pp., Berlin – Heidelberg – New York (Springer) 1980.
- REINHART, H.: Johann Krahuletz oder die Genesis der Paläontologie in Eggenburg. – In: STEININGER, F.F. & PILLER, W. (Hrsg.): *Eggenburg am Meer*. – *Katalogreihe des KRAHULETZ-Museums*, **12**, 5–11, Eggenburg 1991.
- REYNOLDS, J.E. III & ODELL, D.K.: *Manatees and Dugongs*. – 192 pp., New York – Oxford (Facts on File) 1991.
- ROETZEL, R.: Die Burgschleinitz Formation (Eggenburgien, Untermiozän) im Raum Eggenburg (Niederösterreich). Beispiel einer wellendominierten marinen Seichtwasserfazies. – *Sediment 90*, 5. Sedimentologen-Treffen vom 6.–7. Juni 1990 in Bonn, Vorträge, Bonn (Geol. Inst. Univ. Bonn) 1990.
- ROETZEL, R. (Hrsg.): *Geologie am Ostrand der Böhmisches Masse in Niederösterreich*. Schwerpunkt Blatt 21 Horn. – *Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1991*. Eggenburg 16.–20. 9. 1991, 230 S., Wien 1991.
- ROETZEL, R., HOCHULI, P. & STEININGER, F.: Die Faziesentwicklung des Oligozäns in der Molassezone zwischen Krems und Wieselburg (Niederösterreich). – *Jb. Geol. B.-A.*, **126/1**, Wien 1983.
- RÖGL, F. & STEININGER, F.F.: Vom Zerfall der Tethys zu Mediterran und Paratethys. – *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, **85/A**, 135–163, Wien 1983.
- SANDER, M.P.: Taphonomy of the Lower Permian Geraldine Bonebed in Archer County, Texas. – *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **61**, 221–236, Amsterdam 1987.
- SCHAFFER, F.X.: Die tertiären und diluvialen Bildungen. – In: SCHAFFER, F.X.: *Das Miocän von Eggenburg*, *Abh. Geol. R.-A.*, **22/4**, VIII+124 S., Wien 1914.
- SCHAFFER, F.X.: Die Säugetiere und Reptilien des Miocäns von Eggenburg. – In: SCHAFFER, F.X.: *Das Miocän von Eggenburg*, *Abh. Geol. B.-A.*, **22/3**, 44, Wien 1925.
- SCHÄFER, W.: *Aktuo-Paläontologie nach Studien in der Nordsee*. – 666 S., (W. Kramer) Frankfurt/M. 1962.
- SINDOWSKI, K.H.: Die synoptische Methode des Kornkurven-Vergleiches zur Ausdeutung fossiler Sedimentationsräume. – *Geol. Jb.*, **73**, 235–275, Hannover 1957.
- SPILLMANN, F.: Neues über die Sirenen aus den tertiären Strandablagerungen des Linzer Beckens. – *Habil. Phil. Fak. Univ. Wien*, **V** + 147 (+1) S., Linz 1947.
- SPILLMANN, F.: Die Sirenen aus dem Oligozän des Linzer Beckens (Oberösterreich), mit Ausführungen über „Osteosklerose“ und „Pachyostose“. – *Denkschr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl.*, **110(3)**, 1–68, Wien 1959.
- STEININGER, F.F., PERVESLER, P., ROETZEL, R., RUPP, Ch. & JENKE, Y.: F/5: Kühnring, Gemeindegandgrube. – In: ROETZEL, R. & NAGEL, D. (Hrsg.): *Exkursionen im Tertiär Österreichs*, 91–97, (Österr. Paläont. Ges.) Wien 1991.
- STEININGER, F.F., PERVESLER, P., ROETZEL, R. & STÜRMER, F.: A High Energy Event and the Taphonomy of Seacow-Skeletons from the Early Miocene (Eggenburgian) of the Austrian Molasse Zone. – *Premier Congrès Européen de Paléontologie*, Lyon, 7–9 juillet 1993, *Resumes des Communications*, p. 123, Lyon 1993.
- STEININGER, F.F. & SENES, J.: M1 Eggenburgien. Die Eggenburger Schichtengruppe und ihr Stratotypus. – *Chronostratigraphie und Neostatotypen*, **2**, 827S., Bratislava (Slovak. Akad. Wiss.) 1971.
- STEININGER, F.F., SENES, J., KLEEMANN, K. & RÖGL, F. (eds.): *Neogene of the Mediterranean Tethys and Paratethys, Stratigraphic Correlation Tables and Sediment Distribution Maps*. – Vol. 1: XIV + 189 S., Vol. 2: XXV + 524 S., Wien 1985.
- STEININGER, F.F. & ROETZEL, R.: Geologische Grundlagen, Lithostratigraphie, Biostratigraphie und chronostratigraphische Korrelation der Molassesedimente am Ostrand der Böhmisches Masse. – In: ROETZEL, R. (Hrsg.): *Geologie am Ostrand der Böhmisches Masse in Niederösterreich*. Schwerpunkt Blatt 21 Horn. – *Arbeitstagung der Geol. B.-A.*, Eggenburg 16.–20. 9. 1991, 102–108, Wien 1991a.
- STEININGER, F.F. & ROETZEL, R.: Die tertiären Molassesedimente am Ostrand der Böhmisches Masse. – In: ROETZEL, R. & NAGEL, D. (Hrsg.): *Exkursionen im Tertiär Österreichs*, 59–141, Wien 1991b.
- STEININGER, F.F., WESSELY, G., RÖGL, F. & WAGNER, L.: Tertiary sedimentary history and tectonic evolution of the Eastern Alpine Foredeep. – *Giorn. Geol. ser. 3°*, **48(1–2)**, 285–297, Bologna 1986.
- THINSCHMIDT, A.: *Zur Geologie und Sedimentologie der Eggenburger Bucht (Niederösterreich)*. – *Unveröff. Dipl. Arb., Geol. Inst. Univ. Wien*, 130 S., Wien 1991.
- TOULA, F. & KAIL, J.A.: Über einen Krokodil-Schädel aus den Tertiärablagerungen von Eggenburg in Niederösterreich. Eine Paläontologische Studie. – *Denkschr. k. Akad. Wiss., math.-natw. Cl.*, **50**, 299–355, Wien 1885.
- VISHER, G.S.: Grain size distributions and depositional processes. – *Journ. Sed. Petrol.*, **39/3**, 1074–1106, Tulsa 1969.
- WALDMANN, L.: Vorläufiger Bericht über die Aufnahme des moravischen Gebietes südlich der Bahnlinie Eggenburg-Siegmundsherberg. – *Anz. Akad. Wiss., math.-natw. Kl.*, **61(1924)/5**, 53–56, Wien 1925.

- WALGER, E.: Die Korngrößenverteilung von Einzellagen sandiger Sedimente und ihre genetische Bedeutung. – Geol. Rdsch., **51/2**, 494–507, Stuttgart 1961.
- WAGNER, L., KUCKELKORN, K. & HILTMANN, W.: Neue Ergebnisse zur alpinen Gebirgsbildung Oberösterreichs aus der Bohrung Oberhofen 1 – Stratigraphie, Fazies, Maturität und Tektonik. – Erdöl, Erdgas, Kohle, **102(1)**, 12–19, Hamburg – Wien 1986.
- WEIGELT, J.: Rezente Wirbeltierleichen und ihre paläobiologische Bedeutung. – 227 S., Leipzig (Max Weg) 1927.
- ZIEGLER, P.A.: Geological Atlas of Western and Central Europe. – 130 pp., 40 enclosures, The Haag (Shell Internationale Petroleum Maatschappij) 1982.
- ZIEGLER, P.A.: Evolution of the Arctic-North Atlantic and the Western Tethys. – Am. Ass. Petrol. Geol., Memoir, **43**, 198 pp., Tulsa 1988.

---

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 24. März 1995