Geol. Bl. NO-Bayern	52 (2002)	Heft 1-4	Seite 195-242	Erlangen Dezember 2002

Kondensierte Ammonitenbänke im Beckenbereich des basalen Kimmeridge der Nördlichen Frankenalb (Alter Steinbruch Ludwag, Ofr.)

Von Thomas **Hornung**

Mit 23 Abbildungen, 2 Tabellen im Text und Tafel 16-18

Zusammenfassung

Das basale Kimmeridge mit der tiefsten Ammoniten-Subzone (*polygyratus*-Subzone) bildete das Thema der Diplomarbeit „Die *polygratus*-Subzone (Unterstes Unterkimmeridge) in eng verzahnten Faziesbereichen der „Ludwager Bucht" unter besonderer Berücksichtigung der Genese und Taphonomie zweier Ammonitenbänke" (HORNUNG 2002a). Dieser knapp vier Meter mächtige Schichtstapel aus alternierenden Mergel- und Kalkmergellagen ist in den Grenzen der Nördlichen Frankenalb zwar oft aufgeschlossen, demgegenüber steht jedoch wegen der schweren Zugänglichkeit eine recht geringe Bearbeitung. Der massive „Werkkalk"-Komplex des Oberen Oxfords wird in der Regel mit dem sich anschließenden mergelreichen Unter-kimmeridge in durchgehenden, sehr hohen und brüchigen Wänden zur Schottergewinnung abgebaut. Lediglich im Steinbruch Drügendorf bei Ebermannstadt (7 km NE' Forchheim / Ofr.) und im Steinbruch „Schmaus" („Alter Steinbruch Ludwag") 4 km NE' Scheßlitz wird bzw. wurde die als Obergrenze des Profiles 70 cm mächtige „Kalkdachbank" als Fahr-Trasse verwendet. Die liegenden Schichten werden durch diese widerstandsfähige Lage gut vor Erosion bewahrt und konnten imBeckenbereich des Steinbruches Ludwag gefahrlos abgegraben werden.

Zwei der insgesamt vier durchgrabenen Profile wurden in gebankter Beckenfazies angelegt, die beiden anderen in riffnaher Riffdetritus-Fazies bzw. in einer Art dazwischenliegenden Übergangsfazies. Ein wesentliches Ziel der Arbeit war es somit, die Faziesentwicklung der eng beieinander liegenden Bereiche des „Ludwager Beckens" (auch „Ludwager Bucht" nach BRACHERT 1986)

Anschrift des Verfassers: Dipl. Geol. Th. Hornung, Institut für Geologie und Paläontologie, Innrain 52, A-6020 Innsbruck; e-mail: tompal@gmx.net

nicht nur vertikal, sondern auch lateral zu verfolgen und somit einen Weg vom Beckeninneren zum Beckenrand zu beschreiben.

Neben den durchgeführten feinstratigraphischen Untersuchungen der vorgefundenen Horizonte bildete eine flächige Freilegung zweier Ammonitenbänke und die Erfassung der enthaltenen Fossilien einen Schwerpunkt der Diplomarbeit. Die markante Fossilanreicherung wird bei einigen Autoren als lateral weit verfolgbare Lage mit der Oxford-Kimmeridge-Grenze gleich-gesetzt (u.a. MÜLLER 1958). Diese als „Ammonitenseife" im regionalen Sprachgebrauch vor allem unter Sammlern bekannte Schichtlage findet sich zwar vielfach in der Fachliteratur angesprochen, ist allerdings erstaunlicherweise fast nicht bearbeitet. Nur SCHAIRER (1967 & 1974) hat in der Südlichen Frankenalb versucht, die enthaltenen Fossilen qualitativ und quantitativ zu erfassen.

Im Rahmen der Grabungstätigkeiten im Sommer 2000 konnte neben dem „Haupthorizont" ein stratigraphisch höher liegender, zweiter Ammoniten-Horizont gefunden und freigelegt werden. Aufgrund gleichartiger Faunen-Zusammensetzung kann in einem Rekonstruktions-Versuch auf eine gleichartige Genese hingeführt werden – mit besonderem Vermerk darauf, dass im riffnahen Bereich zwar eine gleichartige Fossilanreicherung (HORNUNG 2002b) gefunden werden konnte, sich diese allerdings nicht stratigraphisch mit dem Beckenbereich korrelieren ließ.

1 Geographische Lage

Das Arbeitsgebiet der Diplomarbeit liegt ca. 20km E' Bamberg auf GK / TK Nr. 6032 Scheßlitz (ANTONADIS et al. 1972 bzw. Abb. 1) im Bereich der Nördlichen Frankenalb. Dieser mundartlich knapp als „Jura" bezeichnete Landstrich wird im Westen von der Regnitz, im Norden und Nordosten vom Main bzw. Roten Main und im Südosten wie Süden von der Pegnitz begrenzt.

Die Steinbrüche Ludwag liegen nahe am zerfurchten westlichen Albrand der Malmtafel, die sich als ein bis knapp 600m üNN aufsteigender Höhenzug über das flache Keuper- und Lias-Vorland des Bamberger und Scheßlitzer Raumes erhebt. Der Untere oder „Alte" Steinbruch, in dem sich das Arbeitsgebiet befindet, liegt im Einzugsbereich des Talbrunnentales, welches von der Ortschaft Ludwag nordwestwärts nach Zeckendorf zieht. Der Hintere oder „Neue" Steinbruch liegt bereits komplett im Bereich der hier flachhügelig ausgebildeten Flächenalb.

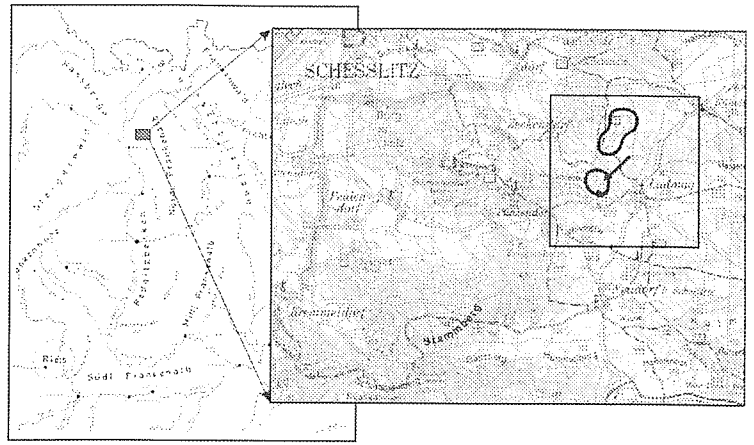


Abb. 1: Geographische Lage des Arbeitsgebietes in einer regionalen Übersichtskarte (umgestaltet aus: RICHTER 2000) links und einer Detailkarte (umgeändert aus: FRITSCH-Wanderkarten, Nr. 53, 12. Aufl.). Im kleinen Quadranten sind die beiden Ludwager Steinbrüche eingezeichnet.

2 Geologischer Rahmen

In die mesozoische Abfolge des süddeutschen Schichtstufenlandes eingebunden, ist das untersuchte Gebiet Bestandteil der Malmtafel, die mit einen markanten, gewundenen, N-S und WSW-ENE streichenden Höhenzug das markante Top im SE der süddeutschen Großscholle bildet (Abb. 2, Fig. 1).

Die im Steinbruch anstehenden Schichten erschließen das Schichtenspektrum vom Oxford 2 (*planula*-Zone) bis vermutlich zu den *balderum*-Bänken des Kimmeridge 3.

Das Besondere an der Aufschluss-Situation rund um das Jura-Dorf Ludwag ist die engräumige Verzahnung von „wohlgebankten" Kalken und Mergeln der scheinbar vom großen Ebermannstädter 0Beckens isolierten „Ludwager Bucht" zu grobgebankten bis massiven, teilweise dolomitisierten Riffkalken des Würgau-Görauer Riffareales. Zu den übergeordneten paläogeographischen Rahmenbedingungen sei auf HORNUNG 2002a verwiesen.

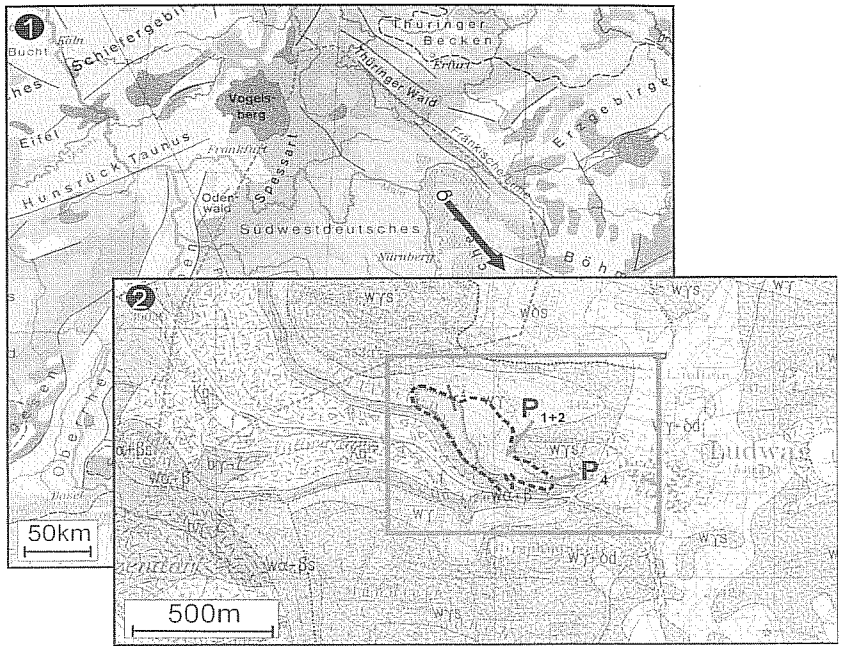


Abb. 2: Fig. 1: Geologische Übersichtskarte Süddeutschlands mit dem süddeutschen Schichtstufenland (rot gestrichelt umrandet) und dem Molassetrog im Alpenvorland (verändert aus: DIERCKE Schulatlas 1986). Fig. 2: Geologische Karte Ludwags (verändert aus: ANTONADIS et al. 1972).

3 Paläogeographische Einbindung des Steinbruches Ludwag

Das Fränkische Mergelbecken selbst wird von einem weiteren Riffzug, dem *„Würgau-Görauer-Riff"* durchmessen. Dieses Riffareal zieht sich etwa parallel in 20km Entfernung zum SE' gelegenen Wiesent-Riff und gliedert das Fränkische Mergelbecken in zwei größere Beckenbereiche, dem „Ützinger Becken" NW' und dem „Ebermannstadter Becken" SE' (Abb. 3). Ob auch das Würgau-Görauer-Riff eine Fortsetzung in das Schwäbische Mergelbecken hatte, ist nicht bekannt. Vermutlich war es lediglich ein Seitenzweig des größeren Wiesent-Riffes.

Das Würgau-Görauer Riffareal zeigte sich lockerer aufgebaut und war keine „Fazies-Scheide" wie das Wiesent-Riff, was sich aus den beiderseits bestehenden Mergelbecken mit gleichartig aufgebauten und korrelierbaren Schichten erklärt (v. FREYBERG 1966).

In diesem Riffareal gab es bereits im Oberoxford angelegte Sekundärbecken oder –buchten wie die ***„Burglesauer Bucht"***, die ***„Ludwager Bucht"*** (BRACHERT 1986), die ***„Tiefenellerner Bucht"*** (von N nach S) sowie die ***„Poxdorfer Wanne"*** und die ***„Geisdorfer Wanne"*** etwas weiter im Osten (Abb. 3). Das von FYTROLAKIS (1965) aufgenommene Profil bereitet bei der regionalen stromatometrischen Eingliederung große Probleme – es ist schwer mit den Bankfolgen des Ebermannstadter Beckens zu korrelieren (v. FREYBERG 1966) und gehörte eventuell zusammen mit den beiden anderen Riffbuchten einem weiteren, jetzt verschwundenen größeren Mergelbecken an.

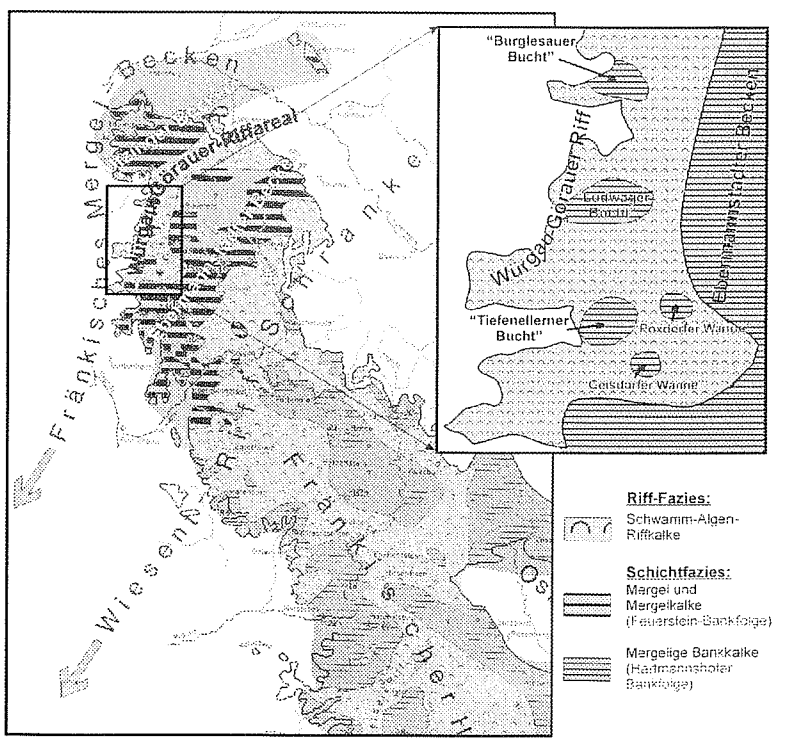


Abb. 3: Paläogeographische Verhältnisse im Kimmeridge 1: vergrößert ist die vereinfachte Paläogeographie der riffinternen Wannen mit der „Ludwager Bucht" (verändert aus MEYER & SCHMIDT-KALER 1989) dargestellt.

In den Ludwager Steinbrüchen sind beide Faziesbereiche (normalgebankte Beckenfazies oder „Normalfazies" sowie ungebankte Riff-Fazies oder „Massenfazies" nach Zeiss 1968) in geringer lateraler Verzahnung sehr gut aufgeschlossen.

Paläogeographisch befindet man sich am einstigen Südbereich der nicht sehr großen „Ludwager Bucht". Die Arbeitsstellen im Ludwager Steinbruch liegen im ESE' Randbereich sowohl in der horizontal gebankten Beckenfazies als auch in verzahnender Riffschuttfazies. Der Teilbereich des Würgau-Görauer Riffareals schließt sich, von Bruss (1992) zuletzt auskartiert, nochmals 70 Meter ESE' des Profiles im Riffschutt-Bereich an. Eigene Beobachtungen haben dies bestätigt.

4 Beckenfazies-Profil der „Ludwager Bucht"

Das Profil im Beckenbereich der „Ludwager Bucht" besteht auf den ersten Blick aus einer regelmäßigen, alternierenden Folge von Kalk- und Mergelbänken. Erst eine feinstratigraphische Untersuchung erbrachte durch schichtenweises, flächiges Abgraben eine genauere Unterscheidung der etwa 1,30 Meter mächtigen fünften Mergelbank unter der das Profil abschließenden „Kalkdachbank" (Abb. 4). So ließen sich neben den vorher angesprochenen beiden Ammonitenlagen ein durchgehend aus Fucoiden-Grabgängen bestehender Horizont sowie zwei härtere Kalkmergelbänke differenzieren. Besonders der stark bioturbate Horizont bildete bei der Korrelation von Becken- zu lithoklastreicher Riffschuttfazies einen wichtigen Marker-Horizont (Hornung 2002b).

5 Untere Ammonitenbank

Lithologie: Trotz der geringen durchschnittlichen Mächtigkeit von 8 bis 10cm lässt sich die Untere Ammonitenbank seinerseits in zwei lithologisch unterschiedliche Bereiche zergliedern, die allerdings geringe Mächtigkeitsschwankungen im Zentimeter-bereich aufzeigen. Der liegende Teil ist recht hart, bricht scherbig bis muschelig und ist bei scherbiger Verwitterung und höherem Kalkgehalt schwer von der liegenden vierten Kalkbank zu trennen. Der hangende Abschnitt hat einen deutlich erhöhten Tongehalt, was sich an kleinstscherbiger Verwitterung und Bruch zeigt. Verstärkt wird der lithologische Gegensatz durch den Fossilgehalt. Das Unterlager ist nahezu fossilleer, in den

oberen fünf Zentimetern sind Ammoniten fast „gesteinsbildend" (Abb. 5). Die Grenze zwischen beiden Bereichen ist stets scharf gezogen, kann aber im Bereich der freigelegten Fläche (knapp 3m_) undulieren.
Diese geringmächtige, aber ungemein fossilreiche Fuge (bis zu 50 Ammoniten / m_ im Größenbereich von 2 bis 40 Zentimetern) wird von vielen Autoren als „Ammonitenbrekzie", „Ammonitenbresche" oder „Ammonitenseife" tituliert und oftmals als Grenze zwischen Oxford und Kimmeridge angesehen. (Wegele 1929: 157ff.; Müller 1958: 8; v. Freyberg 1966: 42f.; Krisl 1971; 14; Schairer 1974: 38, 99). Die Frage der Grenzziehung mancher Autoren, eigene Betrachtungen und die Frage der Ammonitenbank-Genese in der Diskussion eingehender erläutert.

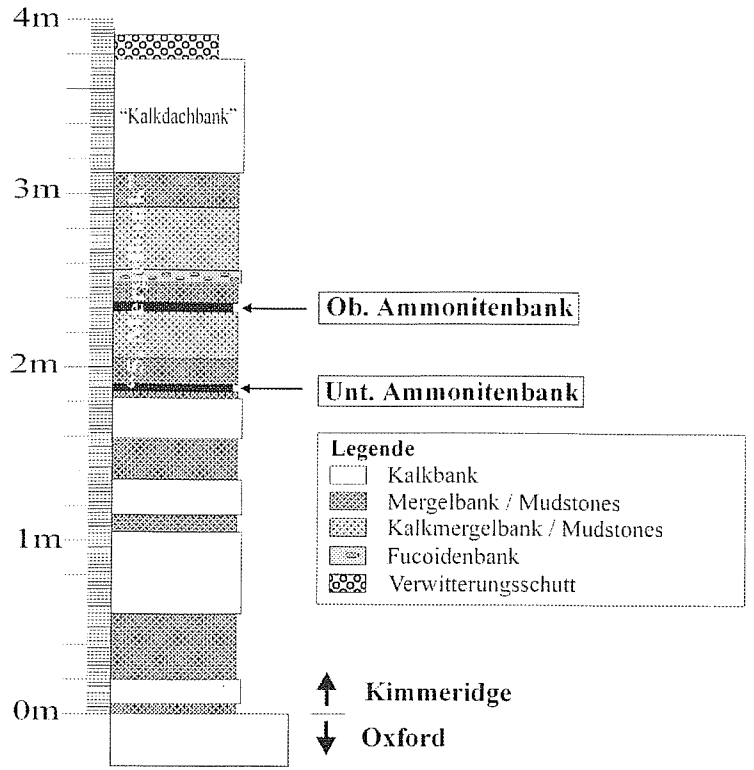


Abb. 4: Beckenfazies-Profil (vgl. hierzu Hornung 2002b, Abb. 2) des Alten Steinbruches Ludwag. Die durchgrabenen 3,95 Meter spiegeln die gesamte *polygyratus*-Subzone wider.

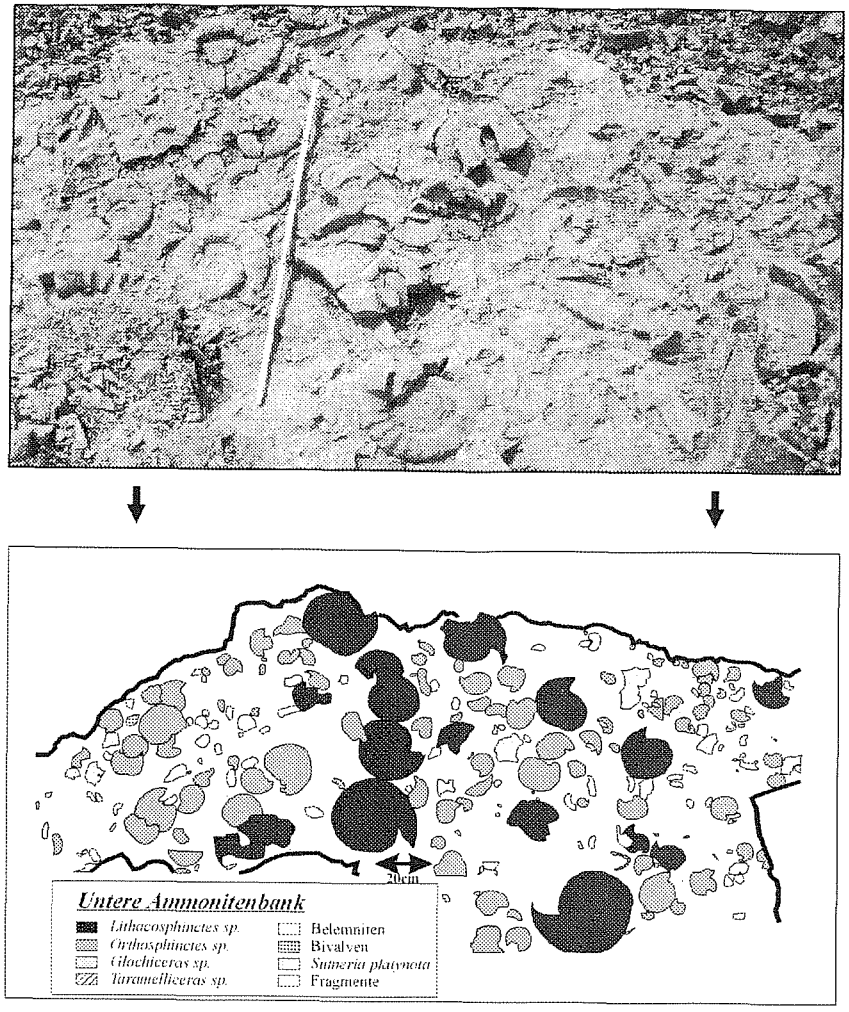


Abb. 5: Von der Fotografie zum digitalisierten Bild, zu sehen ist die etwa 3m-große, freigelegte Schichtfläche der Unteren Ammonitenbank.

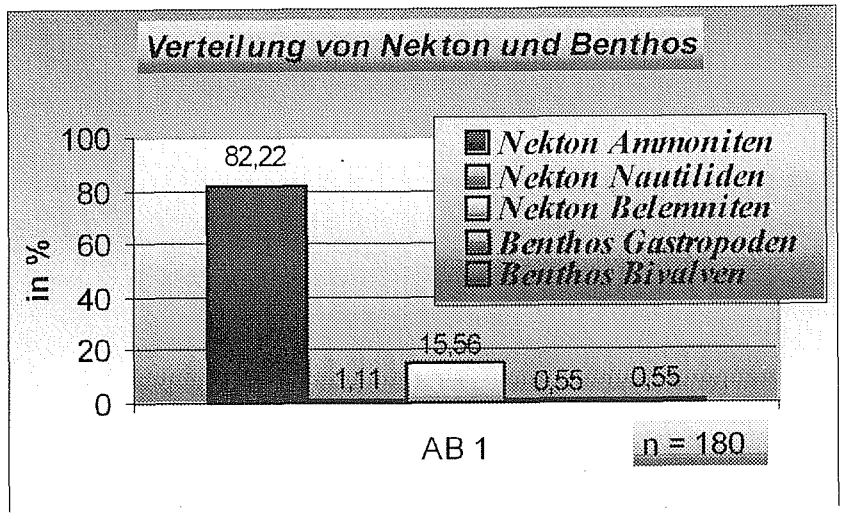
FOSSILIEN

Vorbemerkung: Um sich einen Gesamtüberblick über die teilweise nicht bergungsfähigen, da stark deformierten und vielfach zerbrochenen Relikte zu verschaffen, mussten umfangreiche Vorarbeiten wie rasterweises Fotografieren, Zeichnen und Vermessen vor Ort geleistet werden. Mit Hilfe der großformatigen Bilder konnte die Gesamtfauna per Computer nachbearbeitet, d.h. digitalisiert werden (Abb. 5). Den Bildern im Bruch beigelegte Maßstäbe erlauben eine Größenangabe bis auf einen halben Zentimeter (im Rahmen der Fehlergrenze und Bildverzerrung) und Bestimmung zumindest bis auf Gattungsebene. Diese Art der Nachbearbeitung erschien die einzig sinnvolle Möglichkeit, da die sehr mergelreiche freigelegte Schichtfläche von $3m^2$ bereits nach den ersten Grabungstagen trotz Abdeckung per Plane sehr stark durchwitterte und die Fossilien enorm starke Zerfallserscheinungen zeigten. Von den großwüchsigeren Ammoniten konnte beispielsweise nur ein Exemplar geborgen werden.

A) Allgemeines

Wie aus Abb. 6 ersichtlich wird, stellen die Ammoniten innerhalb des Horizontes einen überraschend hohen Prozentsatz des Nektons neben sehr wenigen Nautiliden und Belemniten. Das gleichermaßen stark reduzierte Benthos gliedert sich lediglich in Bivalven und Gastropoden auf. Echinozoen wie etwa Vertreter der Irregularia oder Brachiopoden (Vertreter der Terebrateln und Rynchonellen), fehlten auf der Grabungsfläche völlig.

Das stark verarmte Benthos geht mit einem gleichermaßen geringen Auftreten von Ichnofazies einher. Sind in den hangenden Partien – sowohl Kalk-, als auch Mergelkalkbänken – Grab- und Weidespuren ein häufigeres Erscheinungsbild, konnten in der Unteren Ammonitenbank lediglich vereinzelt auftretende, dünne Grabgänge und sehr selten größere Grab- oder Fressbauten mit einem maximalen Durchmesser von 20mm registriert werden. Diese haben ähnlich Ammoniten, Nautiliden und Gastropoden entweder einen orangefarbenen limonitischen oder seltener einen grünlichen glaukonitischen Überzug. Die Erhaltungszustände der Belemniten sind aufgrund des robusteren Innenskeletts wie in allen liegenden Schichten deutlich besser, die Bivalven (v.a. Ostreen) zeigen kalzitische Schalenerhaltung.



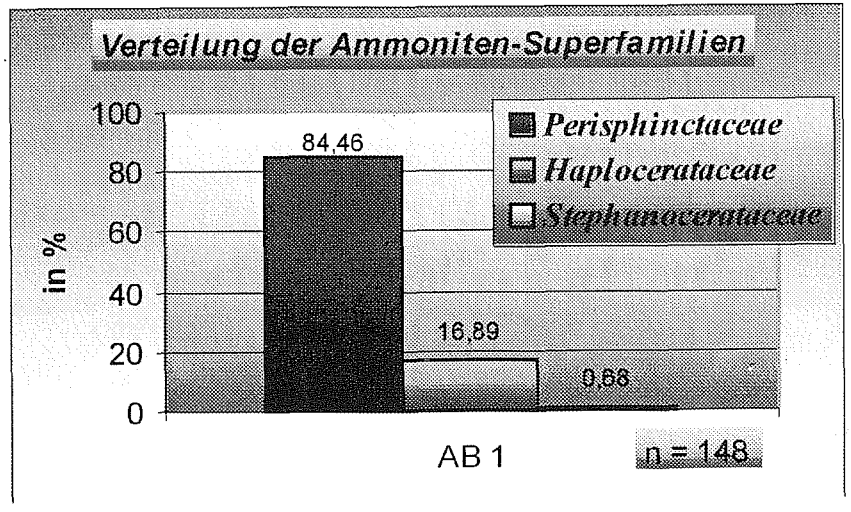


Abb. 6 / 7: Das Benthos / Nekton-Verhältnis bzw. das Verhältnis der Superfamilien in der Unteren Ammonitenbank

B) Nekton

I) Ammoniten:

a) Allgemeines: Zwar wurden im Liegenden bereits gering- mächtige Lagen mit einer signifikanten Anreicherung an Ammoniten festgestellt (4. Mergelbank), aber eine so große Indiviuenzahl pro Flächen-Einheit wird nur in der Unteren Ammonitenbank erreicht. Die Fossilien liegen auf den ersten Blick regellos zumeist plan (d.h. median) auf der Sedimentoberfläche, können in einzelnen Fällen – wie bereits in MK 4 beobachtet – schräg eingebettet und deformiert sein. Sehr selten lag eine senkrechte Einbettung und eine maximale senkrecht gerichtete Stauchung vor (Abb. 8).

Alle Ammoniten haben bis auf wenige Ausnahmen eine Deformation durch auflastenden Sedimentdruck und eine resultierende Verringerung des Windungsquerschnittes erfahren, weswegen dieser nicht zur Bestimmung hinzugezogen werden konnte, sehr wohl aber zur Ermittlung der relativen Kompaktion (Abb. 13, Tab. 1 & 2). Körperfossilien bleiben rar und können ebenfalls deformiert sein. Alle Ammoniten liegen ausschließlich als Steinkerne vor. Komplette Exemplare, d.h. mit erhaltenem Endmundsaum sowie vorhandenen Apophysen sind selten und kommen entweder verstärkt bei den großwüchsigeren Vertre-

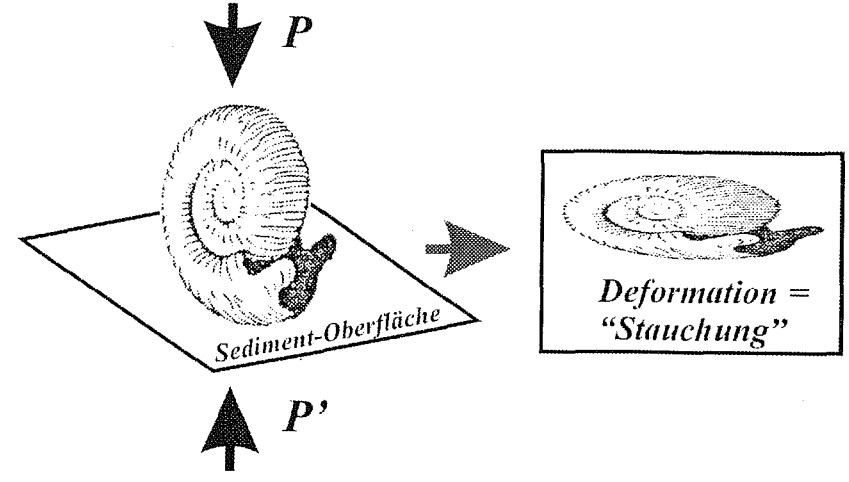


Abb. 8: Senkrechte Einsedimentation und entsprechendes Deformationsverhalten

tern der Gattung *Lithacosphinctes* oder bei Zwergformen wie *Glochiceras* und *Sutneria* vor. Bei mittelwüchsigen Formen bleiben meist große Teile der Wohnkammer überliefert, apophysentragende Mündungen selbst sind aufgrund der Fragilität und Instabilität nach Nekrose der Weichteile oftmals ausgebrochen.

Die Färbung der Ammoniten bleibt überwiegend orangefarben (limonitisch), Glaukonit ist zumeist an großwüchsigere Exemplare gebunden. Der grünliche Überzug verblasst nach Austrocknung der Fundstücke und lässt sich bei der Reinigung leicht abwaschen, bleibt also im Gegensatz zu den dunkelgrün gefärbten Ammoniten der *platynota*-Zone aus dem Raum Gräfenberg recht instabil (Ludwag ist laut ANTONADIS et al. (1972) im Bereich Oxford / Kimmeridge der einzige glaukonitführende Aufschluss nördlich der Linie Gräfenberg – Bischberg / Opf.).

Als Besonderheiten wären einzelne kugelige Pyrit-Aggregate im Bereich der inneren Windungen zu nennen.

b) Superfamilien: Das Spektrum an nachgewiesenen Formen verteilt sich auf die drei wichtigsten Superfamilien des Unteren und Mittleren Malms in Franken: Perisphinctacea, Haploceratacea und Stephanoceratacea. Sehr seltene Vertreter der theoretisch im Malm der Frankenalb vorkommenden Superfamilien Lytoceratacea und Phylloceratacea wurden nicht gefunden.

Bereits während der Grabungstätigkeiten in Beckenbereich fiel der erstaunlich große Bestandteil an perisphinctoiden Formen auf, die neben Vertretern der beiden anderen Superfamilien den Hauptbestandteil der Ammonitenfauna bilden (Abb. 7).

c) Gattungen: Die Aufspaltung der drei Superfamilien in 9 nachgewiesene Gattungen (Abb. 9) zeigt eine Dominanz von *Orthosphinctes* („Mikrokonche") neben *Lithacosphinctes* („Makrokonche"). Die übrigen Gattungen der Perisphinctacea – *Sutneria*, *Physodoceras*, *Rasenia* und *Pictonia* – teilen sich wenige Prozent. Dabei fällt das relativ seltene Vorkommen des Zonen-Leitammoniten *Sutneria platynota* gegenüber dem massiven Auftreten des Subzonen-Leitammoniten *Orthosphinctes (O.) polygyratus* auf. Die Häufigkeit der beiden Gattungen der Superfamilie Haploceratacea, das „mikrokonche" *Glochiceras* und das „makrokonche" *Taramelliceras* ist ausgeglichener. Amoeboceraten als Vertreter der Stephanoceratacea sind bekanntermaßen im Unteren Kimmeridge eine Rarität und nur mit einem Exemplar in der Unteren Ammonitenbank bestätigt.

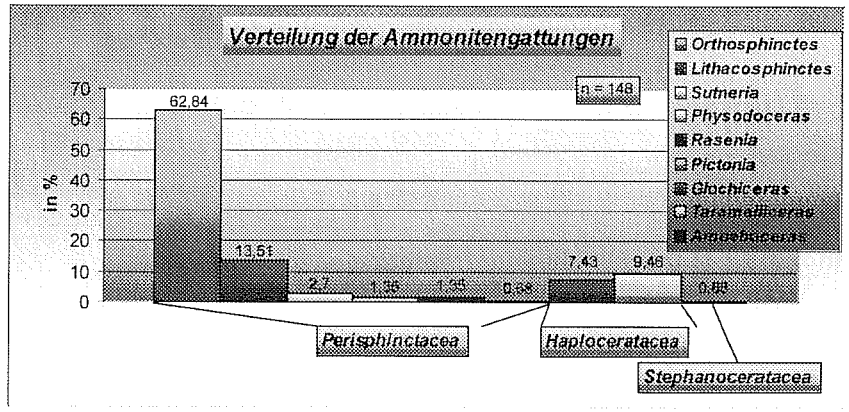


Abb. 9: Statistische Verteilung der Superfamilien mit den aufgefundenen Gattungen in der Unteren Ammonitenbank.

Geborgene und registrierte Exemplare	**Stück**
Orthosphinctes (O.) polygyratus REINECKE (1818)	**23** (6 cf.)
Orthosphinctes (O.) tizianiformis CHOFFAT (1893)	**4** (2 cf.)
Orthosphinctes (O.) freybergi GEYER (1961)	**1**
Orthosphinctes (O.) wemodingensis WEGELE (1929)	**1**
Lithacosphinctes evolutus QUENSTEDT (1888)	**3**
Lithacosphinctes pseudoachilles WEGELE (1929)	**1**
Sutneria (S.) platynota REINECKE (1818)	**4**
Physodoceras cf. circumspinosum OPPEL (1863)	**1**
Physodoceras cf. altenense D'ORBIGNY (1848)	**1**
Rasenia (Eu.) gothica SCHNEID (1939)	**1**
Rasenia (R.) hossingensis FISCHER (1913)	**1**
Rasenia (Eu.) witteana OPPEL (1857)	**1**
Pictonia cf. constricta SCHNEID (1939)	**1**
Glochiceras (Gl.) nimbatum OPPEL (1863)	**1**
Glochiceras (L.) lingulatum QUENSTEDT (1888)	**2**
Taramelliceras (M.) kobyi wegeli SCHAIRER (1972)	**4** (1 cf.)
Taramelliceras (M.) kobyi quenstedti HÖLDER (1955)	**3** (1 cf.)
Taramelliceras (M.) litocerum OPPEL (1863)	**3**
Taramelliceras (M.) subnereus WEGELE (1929)	**2**
Taramelliceras (T.) rigidum WEGELE (1929)	**1**
Taramelliceras (T.) compsum OPPEL (1863)	**1**
Amoeboceras (A.) lineatum QUENSTEDT (1888)	**1**

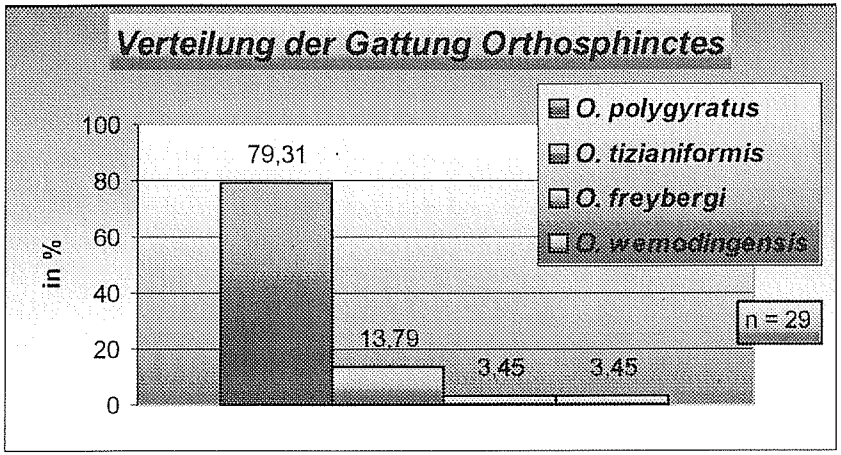


Abb. 10: Statistische Verteilung der Gattung *Orthosphinctes* in der Unteren Ammonitenbank

d) Gattung Orthosphinctes: Der den Großteil aller Fossilfunde in der Unteren Ammonitenbank bildenden Gattung soll ein einzelner Abschnitt gewidmet werden. Zur Auswertung können nicht alle fotografierten Ammoniten herangezogen werden, da eine Bestimmung auf Artenebene anhand der Bilder nicht sinnvoll erscheint und entsprechende taxonomische Arbeiten im Gelände sehr großen Aufwand bedeuten. Die Gesamtzahl in Abb. 10 bezieht sich demnach auf die geborgenen und klassifizierten Exemplare. Einen mehrheitlichen Anteil bildet die Art *O. (O.) polygyratus* mit beinahe 4/5 aller Fundstücke. Rechnet man den prozentualen Anteil dieser Art an allen innerhalb der Schichtfläche geborgenen Ammoniten, kommt man auf 38,33%. Gerechnet auf die aus Abb. 9 hervorgehende Gesamtzahl der Ammoniten beträgt der Faunenanteil bemerkenswerte 50,3% (unter Beibehaltung des Wertes von nahezu 80% in Abb. 10). Der Großteil aller gefundenen und geborgenen Exemplare liegt unvollständig, d.h. mit ausgebrochenen Endmundsaum vor. Fehlen die charakteristischen Mündungsapophysen, wird eine Abgrenzung von juvenilen Lithacosphincten und adulten Orthosphincten bei ähnlicher Nabelweite und Windungshöhe sehr schwierig.

e) Ammoniteneinregelung / Strömung: Aus den Solnhofener Plattenkalken sind Rollmarken und Schleifspuren von Ammonitengehäusen bekannt (Seilacher 1963), welche neben palökologischen und sedimentologischen Aussa-

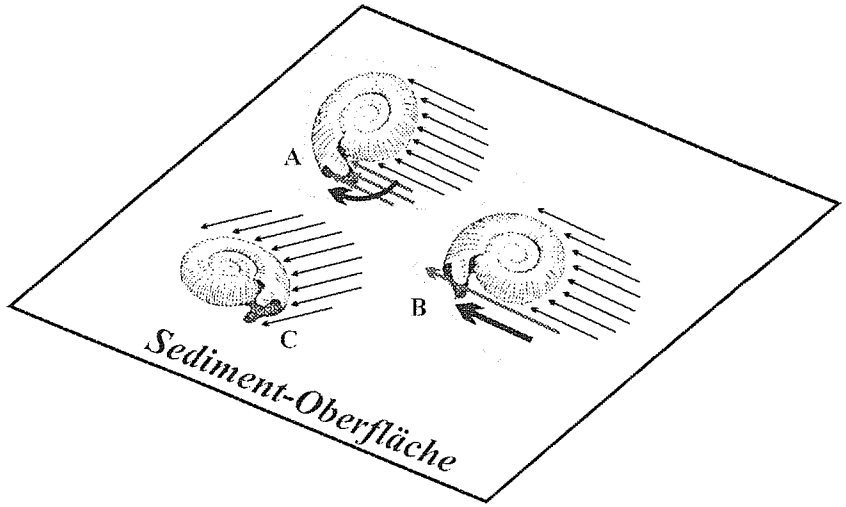


Abb. 11: Ammoniten als Strömungsanzeiger: Fig. A: Drehung des Ammonitengehäuse, wenn die Mündung der Strömung entgegengerichtet ist und somit einen Angriffspunkt bietet („Schaufelrad-Effekt" – rote Pfeile); Fig. B: Beendigung der Einregelung, wenn Mündung und letzter Umgang auf einer Geraden liegen (grüner Pfeil). Fig. C: Keine Strömungseinregelung bei in Strömungsrichtung offener Mündung.

gen auch als Paläo-Anzeiger für Strömungen herangezogen werden können. Eine neue Idee beschreibt Abb. 11: ein leeres, median auf der Sedimentoberfläche liegendes Ammoniten-Gehäuse bietet mit einer offenen oder auch ausgebrochenen Mündung einen Angriffspunkt für etwaige Strömungen (Fig. A – roter Pfeil). Diese drehen das Gehäuse im feinen Mergelschlick derart, bis der äußerste Punkt der Mündung und die vor der Mündung exponierte letzte Windung auf einer Geraden liegen (Fig. A – grüner Pfeil). Fig. C zeigt keine strömungsorientierte Drehung, da die Mündungsöffnung in Strömungsrichtung weist.

Aufgrund der Fülle von Ammoniten verschiedener Größen in der Unteren Ammonitenbank bot sich eine solche Untersuchung an. Mittels der eingenordeten Fototafeln und dem digitalisiertem Gesamtbild des Ammonitenhorizontes konnten Strömungspfeile in Abhängigkeit von Gattung und Größe erstellt werden. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden ausnahmslos Lithacosphincten und Orthosphincten betrachtet. Physodoceraten mit kugeligen Gehäusen und breit gerundetem Windungsquerschnitt bieten dem Wasser mehr Angriffsflächen –

daraus resultiert eine differierende *Pivotabilität* (= Rollbarkeit) (SEILACHER 1963): schon bei geringen Strömungen dürfte es hier zu Strömungsmarken und Einregelungen kommen. Physodoceraten bildeten hier eher die Ausnahme und sind nur mit wenigen Exemplaren nachgewiesen.

Insgesamt wurden 14 großwüchsigere und 53 klein- bis mittelwüchsige Orthosphincten teils vor Ort, teils per digitalisiertem Computerbild nach oben beschriebenem Schema eingemessen und analysiert. Die Werte bilden als „Flächen" im polständigen Schmidt'schen Netz eine „Kluftrose" mit hoher Auflösung. Dies erlaubt die Darstellung der relativen Häufigkeit bevorzugt bestehender Strömungsrichtungen (Abb. 12).

Im Bereich der „Ludwager Bucht" scheint es schwache, mit hoher Streubreite N-S gerichtete Strömungen gegeben zu haben (eingehendere Betrachtung unter Abschnitt 8). Weiterführende Analysen bieten die schlanken und strömungsgünstigen Rostren vom Belemnit *Hibolithes semisulcatus* MÜNSTER (Abb. 14).

Wie bei SEILACHER (1963) beschriebene Strömungsmarken sind nicht vorhanden.

f) Epökie: Hartsubstrat-Bewuchs – in der Unteren Ammonitenbank vornehmlich auf Windungen großwüchsiger Ammoniten – bietet einen wichtigen palökologischen Indikator hinsichtlich Sedimentations-Geschwindigkeit und Ablagerungs-milieu. Bei schneller Einbettung dürften sich verhältnismäßig wenige bis keine Epöken angesiedelt haben – etwa bei einer submarinen Rutschung. Im Falle einer Kondensation mit Sedimentauslösung über einem längeren Zeitraum sollte hingegen viel Bewuchs nachzuweisen sein. Bei ungünstigem Milieu dürften nur Spezialisten überleben.

Die Epizoen der Unt. Ammonitenbank bilden in seltenen Fällen großwüchsige Lithacosphincten und mittelwüchsige Ortho-sphincten. Der Bewuchs von fragmentierten Gehäuse-Resten oder kompletten Exemplaren beschränkt sich meist auf den äußersten Umgang - verstärkt im Bereich der Mündungsöffnung und wird von Serpuliden gebildet. Ihre fossilen „Hinterlassenschaften" sind eingerollte bis gestreckte, maximal 6cm lange kalzitische Wohnröhren (Taf. 18/2 , 3). Bei den Orthosphincten treten fadenförmige (Breite nicht mehr als 1mm), ebenfalls unregelmäßige, bis 5cm lange Wohnröhren auf.

Zur Lebensweise dieser Serpuliden wären drei Möglichkeiten zu nennen:
* a)*Epökie „syn vivo"* auf der aragonitischen Schale des Ammoniten (diese wird sekundär diagenetisch weggelöst): Die kalzitischen Wohnröhren werden

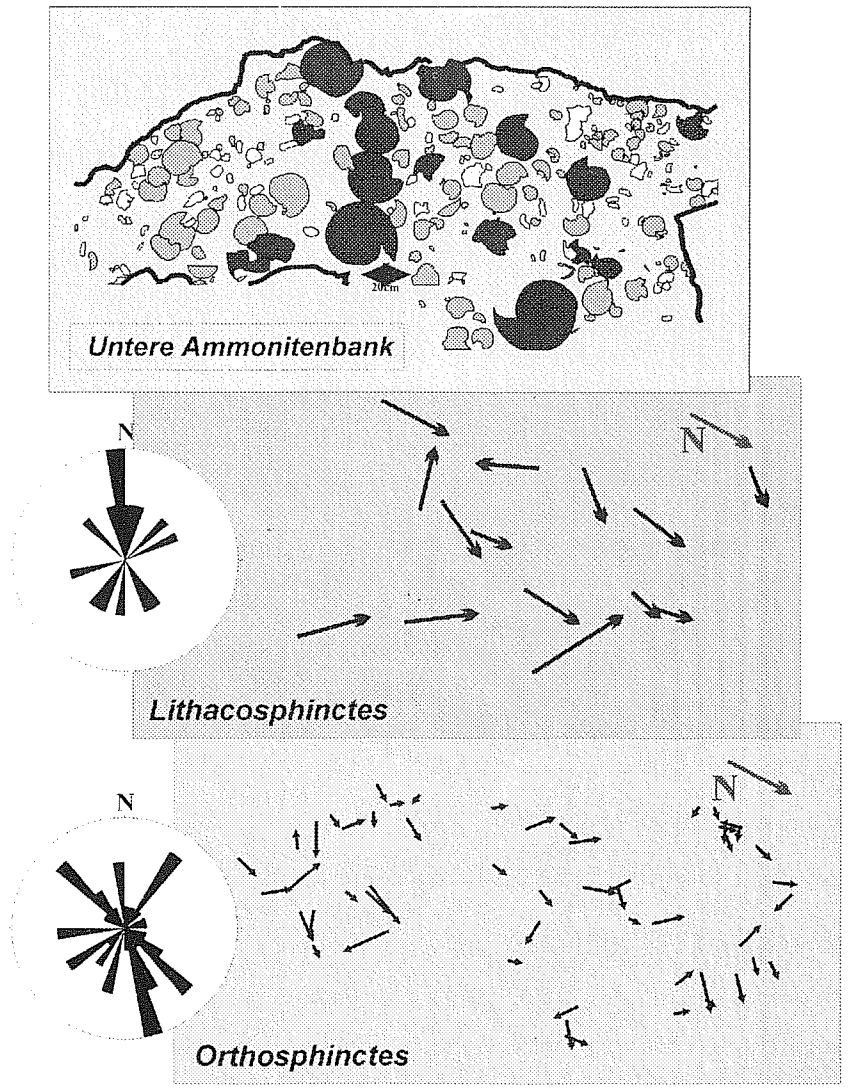


Abb. 12: Strömungseinregelung von Ammoniten: vom digitalisierten Computerbild – verknüpft mit nachgemessenen Daten – können „Strömungskarten" der einzelnen Ammoniten erstellt werden. Die Pfeillänge ist proportional zur Gehäusegröße. Nebenstehende Kreisdiagramme zeigen die Auswertung der „Strömungsrichtungen".

von außen auf den Steinkern geprägt und sitzen erhaben auf der Matrix. Sie befinden sich beidseitig sowohl auf den inneren Windungen, als auch auf der Wohnkammer.

* b) *äußerliche postmortale Epökie* – Wohnröhren werden **von außen** auf den Steinkern geprägt und sind über das gesamte Gehäuse (bei geringer Strömung und fehlender Umlagerung nur einseitig!) verteilt.

* c) *interne postmortale Epökie* nach Nekrose des Ammoniten: beidseitige Besiedlung der leeren, noch nicht mit Karbonatschlamm verfüllten Wohnkammer. Dies geschieht vorzugsweise in Mündungsnähe, um leichter an Nahrung zu kommen. Nach Ausfüllung mit Karbonatschlamm und diagenetisch bedingter Lösung der aragonitischen Schale werden die Wohnröhren **von innen** auf den Steinkern geprägt. Als Relikt bleibt ein Abdruck im Steinkern zurück, und zwar nur im Bereich der Wohnkammer, da die Serpuliden nicht in den Phragmokon vordringen konnten. Dieser Fall scheint zumindest bei den großwüchsigen Lithacosphincten vorzuliegen.

Andere aus dem Malm bekannte Epöken wie Ostreen (Cope 1968) oder Balaniden wurden nicht gefunden.

g) Kompaktion: Wie unter ***a)*** kurz angesprochen, kann der Windungsquerschnitt (WQ) aufgrund Kompaktion und entsprechender Deformation (Abb. 8) nicht zur Bestimmung herangezogen werden. Folgende Idee beschreibt den Zusammen-hang zwischen Kompaktionsdruck und den spezifischen und größenabhängigen WQ-Indexwerten: bei „hochmündigen" Ammoniten ist Q > 1, da h > b, bei „niedrigmündigen" Exemplaren entsprechend Q < 1, da h < b.

Nr.	Art	h'	b'	Q'	Q	Q' / Q
DH 50	***O. (O.) polygyratus***	25,48	14,38	1,77	1,37	0,77
DH 326	***O. (O.) polygyratus***	11,02	6,1	1,81	1,21	0,67
DH 54	***O. (O.) tizianiformis***	14,21	8,3	1,72	1,2	0,68
DH 333	***Lithacosphinctes.* sp.**	49,4	26,7	1,85	1,2	0,65
DH 56	***Lithacosp. evolutus***	32,44	25,65	1,26	1	0,79
DH 332	***Lithacosp. evolutus***	76,4	38,75	1,97	1,2	0,61
DH 288	***Lithacosp. pseudoachilles***	64,36	46,36	1,39	1,18	0,85
DH 60	***T. (?M.) kobyi wegeli***	17,4	7,89	2,21	1,75	0,79
DH 78	***Sutneria (S.) platynota***	6,86	6,2	1,11	0,7	0,63
Relative Kompaktionszahl Untere Ammonitenbank						**0,71**

Tab. 1: Kompaktion der Unteren Ammonitenbank. Bem.: DH entspricht „*Diplomarbeit Hornung*" – die Ammoniten liegen im Naturkunde-Museum Bamberg unter der Registrationsnummer P-2002/1 – P-2002/421.

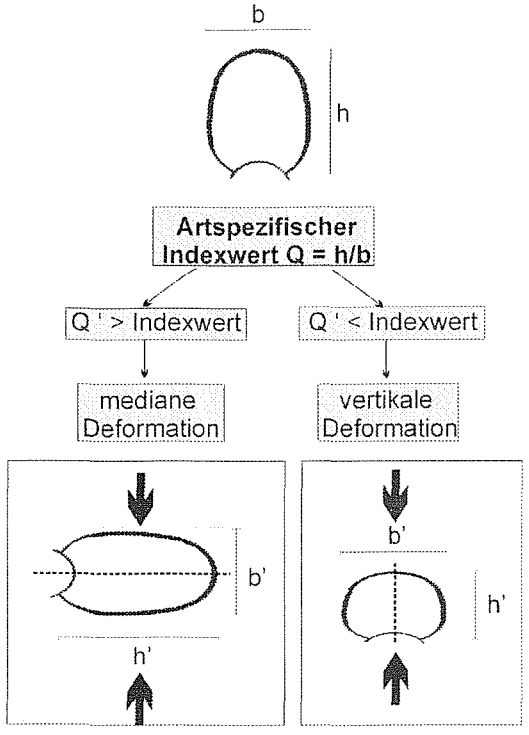


Abb. 13: Beziehung zwischen Kompaktion und Ammoniten-Windungsquerschnitts-Indexwerten

Eine Deformation verändert immer den Indexwert. Im Falle einer ***„medianen Deformation"*** (der Ammonit liegt plan auf der Sediment-Oberfläche und wird deformiert) wird Q' > Q, da h' > h und b' < b. Bei einer ***„vertikalen Deformation"*** (der Ammonit ist senkrecht einsedimentiert und wird deformiert) wird Q' < Q, da h' < h und b' > b (Abb. 13). Bei der viel öfter vorkommenden „schrägen Einbettung" wirken zwei Dimensionen – die Indexwerte werden schwer interpretierbar. Vertikal deformierte Exemplare wurden in der Oberen Ammonitenbank nicht gefunden. Aus diesen Gründen werden für die Untersuchungen im Liegenden (und nachfolgend auch in der Oberen Ammonitenbank)

nur die eindimensionalen medianen Druckrichtungen hinzugezogen. Aus dem Divisor Q / Q' ergibt sich eine Zahl < 1, die eine relative Kompaktionszahl angibt (Tab. 1).

Aus der angefügten Tabelle ergibt sich ein Wert von 0,72. Dieser kann lediglich als Richtwert genommen werden, da nicht sämtliche deformierte Ammoniten vor Ort nach der erforderlichen Parametern vermessen werden konnten.

II) Belemniten: Vertreter der Belemniten sind zu den Ammoniten in der Unteren Ammonitenbank vergleichsweise unterrepräsentiert und kommen monospezifisch (*Hibolithes semisulcatus* MÜNSTER [1830]) vor. Durch das robuste, primär kalzitische Endoskelett ist der überwiegende Anteil an fossilen Relikten körperlich und komplett überliefert. Die meisten Exemplare wurden horizontal einsedimentiert, nur wenige ohne Bezug zur Sedimentoberfläche. Entsprechende Deformationen wie bei Ammoniten sind nicht bekannt. Epökie in Form von kleinen Serpuliden und Ostreen konnten nicht nachgewiesen werden.

Die Rostren in der Unteren Ammonitenbank waren wie die übrigen Fossilien stark zerbrochen, wurden lediglich vermessen und anhand ihrer stromgünstigen Gestalt zur Rekonstruktion der Paläo-Strömung eingenordet (sensu SEILACHER 1959 & ULLRICHS 1971). Die Belemniten regeln sich – wie in Abb.

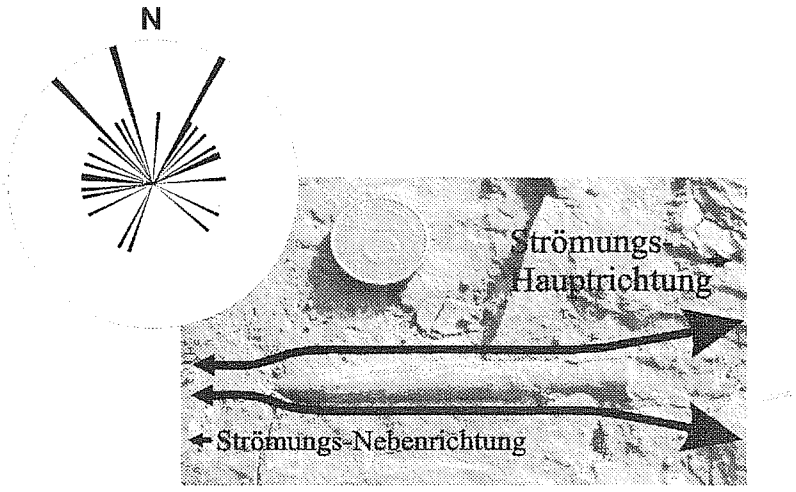


Abb. 14: Belemniten als Strömungsanzeiger und die dazugehörige Strömungsrose der in der Unteren Ammoniten aufgefundenen Belemniten

14 aufgezeigt – in den meisten Fällen mit der Spitze der Strömung entgegen. In selteneren Fällen können die kegelförmigen Rostren nach Abbruch des instabileren Proostrakums und Phragmokons auch in entgegengesetzter Lage eingesteuert werden.

28 Exemplare verschiedener Größe (5 bis 10 Zentimeter) ließen sich einmessen, wobei der Winkel der Spitze eingenordet wurde. Das Ergebnis ist in Abb. 14 dargestellt und kann als vermutlich schwache, von N nach S strömende Wasserbewegung verstanden werden, welche die Befunde der Ammoniten als „Strömungs-anzeiger" (streuende, schwache N-S Strömungen) zu untermauern scheint.

III) Nautiliden: Nur zwei Vertreter der zur Familie der Pseudonautilidae gehörenden Pseudoaganiden belegen das Vorkommen in der Unteren Ammonitenbank. Aufgrund der schlechten Erhaltung war keine artliche Klassifikation möglich.

C) Benthos

I) Gastropoden: *Conotomaria sp.* bleibt das einzige, spezifisch nicht bestimmtes, da stärker deformiertes Exemplar in der Unteren Ammonitenbank. Kleinere, v.a. turritellide Vertreter der Spirigeren sollten auch zum erwartenden Fossilspektrum gehören, konnten jedoch nicht nachgewiesen werden.

II) Bivalven: Rechnet man die Serpeln nur zu den Ammoniten-Epöken, bleiben Gastropoden und Bivalven die einzigen Vertreter des stark reduzierten Benthos. Nur ein einziges Exemplar (*Eopecten velatus*) wurde geborgen.

D) Ichnofauna

Die Spurenfossilien sind zwischen den zahlreichen Ammoniten recht selten, zumindest ein Typ sollte erwähnt werden: limonitisierte unregelmäßig geformte Grabgänge mit einer Länge von maximal 10 cm und einer Breite von 1-3 mm. Der ursprüngliche undeformierte Querschnitt ist meist nicht mehr vorhanden, dürfte jedoch rund bis oval gewesen sein. Als Erzeuger werden Vertreter der Annelida angenommen.

7 Obere Ammonitenbank

Lithologie: Mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von lediglich 5cm besitzt die Obere Ammonitenbank identische lithologische Eigenschaften wie das vorab besprochene liegende Gegenstück, ist allerdings anders als die Untere Ammonitenbank aufgrund des unterschiedlichen Tongehaltes gut vom Liegenden zu trennen.

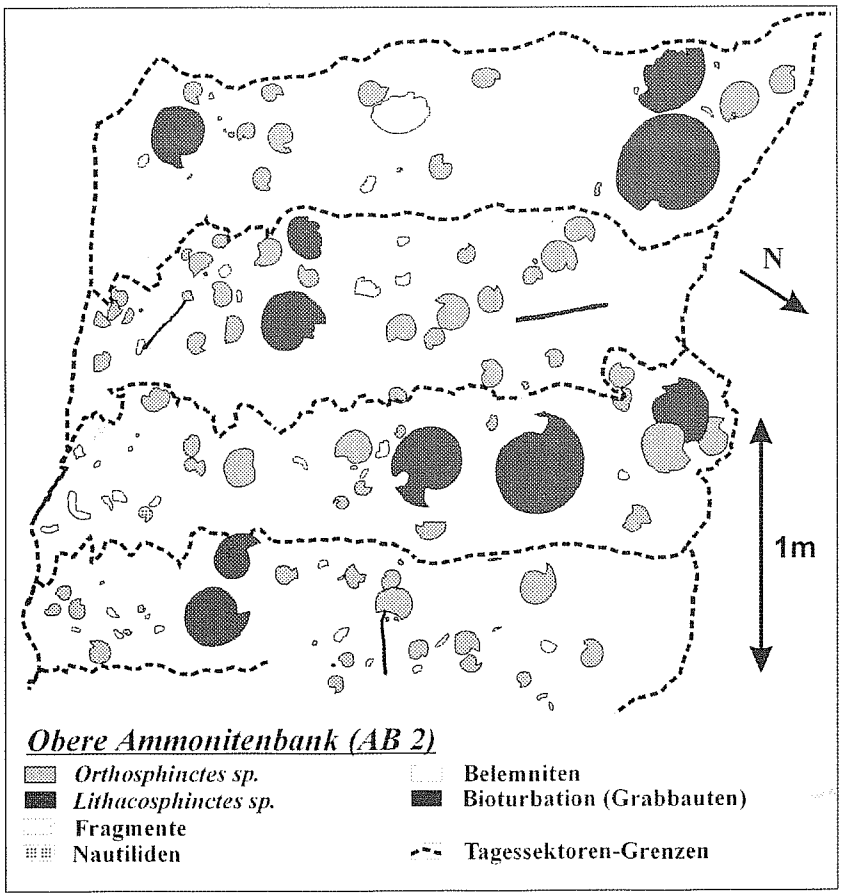


Abb. 15: Digitalisiertes Bild der Oberen Ammonitenbank. Die gestrichelten unregelmäßigen Linien sind die Tagessektoren-Grenzen.

FOSSILIEN

A) Vorbemerkungen

Ähnlich der Unteren Ammonitenbank mussten umfangreiche Vorarbeiten wie Zeichnungen, Fotographien und späteres Digitalisieren geleistet werden, um die Auswertung umfangreich und aussagekräftig zu gestalten. Die Vorgehensweise bleibt dieselbe. Um den Fortgang der Grabungstätigkeiten durch Fossiliensammler nicht zu gefährden, wurde die Gesamtfläche von ca. 6m_ in vier „Tagessektoren" aufgegliedert, deren Fossilien nach Zeichnen und Fotografieren – soweit möglich – geborgen wurden (Abb. 15 – Taf. 18/1).

Wie aus den beiden Abbildungen 16 und 17 ersichtlich, spielt auch hier das Benthos eine stark untergeordnete Rolle. Die allgemeine Fossilerhaltung ist der der Unteren Ammonitenbank sehr ähnlich, wenngleich weniger Glaukonitfärbung der Ammonitengehäuse beobachtet werden konnte.

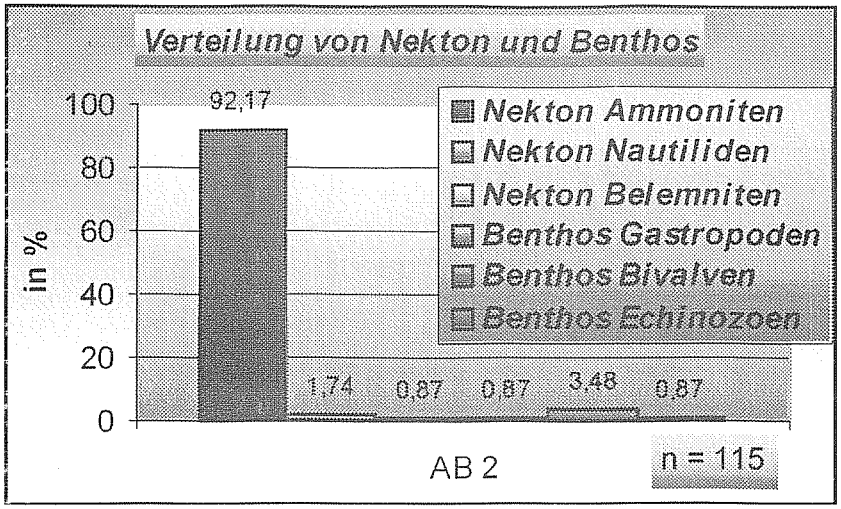
B) Nekton

I) Ammoniten:

a) Superfamilien: Die Häufigkeitsverteilung der Superfamilien ist mit der des liegenden Ammoniten-Horizontes beinahe identisch, von den Stephanoceratacea ist lediglich ein deformiertes, artlich nicht zuordbares Exemplar präpariert. Auch in der Oberen Ammonitenbank sind die perisphinctoiden Formen über alle Maße dominierend.

b) Gattungen: Die Obere Ammonitenbank weist zwar nicht eine derartige Dichte an Fossilien auf wie die Untere Ammonitenbank, aber wenn man die Verteilung der Ammonitengattungen in beiden Horizonten miteinander vergleicht, fällt die Ähnlichkeit der prozentualen Werte sofort ins Auge (Abb. 18 – Bezug auf alle in der Oberen Ammonitenbank gefundenen und registrierten [nicht geborgenen!] Exemplare): während das Leitfossil *Sutneria platynota* REINECKE abermals selten auftritt, bleibt die Gattung *Orthosphinctes* sehr häufig.

Neben median deformierten und sehr stark zerbrochenen, nicht bergungswürdigen mittelwüchsigen Orthosphincten konnten großwüchsige, ebenfalls deformierte Lithacosphincten geborgen werden, was im Liegenden nicht der Fall war. Der größte Ammonit der Oberen Ammonitenbank ist ein *Lithacosphinctes evolutus* QUENSTEDT mit einem Durchmesser von 386,5mm. Dieses Fundstück ist zumindest auf der Wohnkammer, ein vergleichbares Exemplar hingegen bis in die inneren Windungen körperlich überliefert (Taf. 18/1).



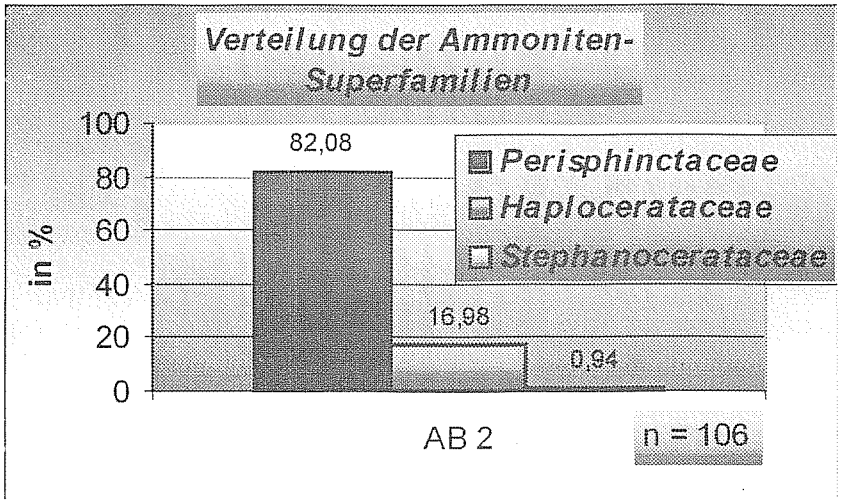


Fig. 16 / 17: Das Benthos / Nekton-Verhältnis bzw. das Verhältnis der Superfamilien in der Oberen Ammonitenbank.

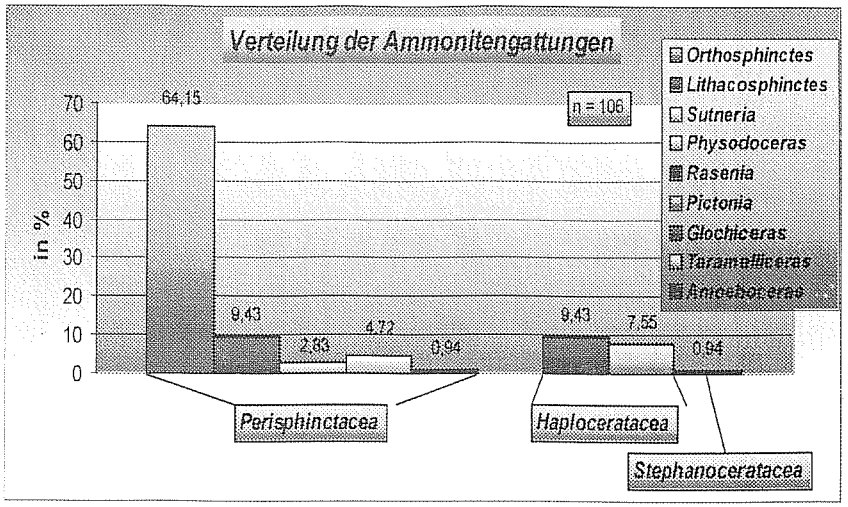


Abb. 18: Statistische Verteilung der Superfamilien mit den aufgefundenen Gattungen in der Unteren Ammonitenbank.

Geborgene und registrierte Exemplare	**Stück**
Orthosphinctes (O.) polygyratus REINECKE (1818)	**8** (2 cf.)
Orthosphinctes (O.) tizianiformis CHOFFAT (1893)	**2** (1 cf.)
Orthosphinctes (O.) freybergi GEYER (1961)	**2**
Lithacosphinctes evolutus QUENSTEDT (1888)	**5**
Sutneria (S.) platynota REINECKE (1818)	**3**
Physodoceras circumspinosum OPPEL (1863)	**2** (1 cf.)
Physodoceras altenense D'ORBIGNY (1848)	**3** (1 cf.)
Rasenia (P.) cf. heeri MOESCH (1867)	**1**
Glochiceras (Gl.) nimbatum OPPEL (1863)	**5**
Glochiceras (L.) lingulatum QUENSTEDT (1888)	**1**
Taramelliceras (M.) kobyi wegeli SCHAIRER (1972)	**2**
Taramelliceras (M.) kobyi quenstedti HÖLDER (1955)	**1**
Taramelliceras (M.) litocerum OPPEL (1863)	**2** (1 cf.)
Taramelliceras (M.) subnereus WEGELE (1929)	**2**
Taramelliceras (?M.) kobyi subsp.	**1**
Taramelliceras sp.	**1**
Amoeboceras sp.	**1**

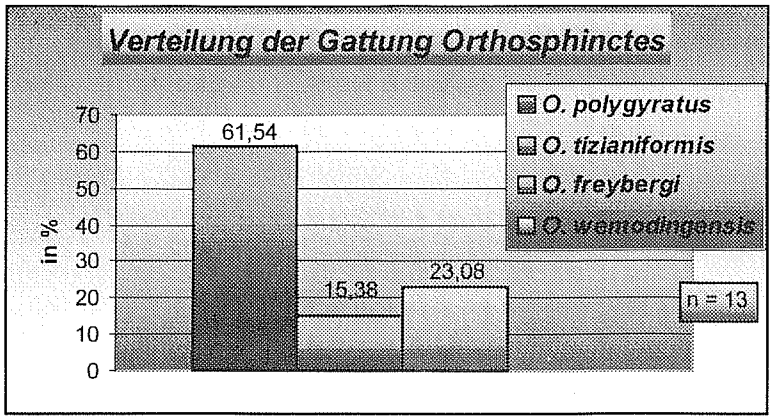


Abb. 19: Statistische Verteilung der Gattung *Orthosphinctes* in der Oberen Ammonitenbank

c) Gattung Orthosphinctes: Obgleich nur 13 Exemplare der Gattung *Orthosphinctes* geborgen wurden, soll die Aufspaltung in die einzelnen Arten der Vollständigkeit halber dargestellt werden, wenngleich das Ergebnis nicht unbedingt repräsentativ für die wahre Verteilung innerhalb des Horizontes sein darf (Abb. 19). Die Art *O. polygyratus* besitzt sehr wahrscheinlich den höchsten Prozentanteil neben *O. tizianiformis* und *O. freybergi.*

d) Ammoniteneinregelung / Strömung: Wie in der Unteren Ammonitenbank wurden auch hier teils vor Ort, teils am Computer Einmessungen vorgenommen und die Ergebnisse in Kluftrosen eingetragen (Abb. 20).

Während in der Unteren Ammonitenbank eine leichte N-S gerichtete und vermutlich in dieser Richtung wechselnde Strömung angenommen werden darf, zeigen die Auswertungen in der Oberen Ammonitenbank entgegen der Unteren Ammonitenbank offensichtlich eine E-W gerichtete, schwache und ebenfalls wechselnde Wasserbewegung. Wie im Liegenden wurden nach Möglichkeit alle entweder kompletten oder nahezu vollständigen Ammonitengehäuse der freigelegten Schichtfläche – 9 Lithaco-sphincten und 55 Orthosphincten - in die Beobachtungen miteinbezogen und gattungsabhängig voneinander betrachtet. Wie bei SEILACHER (1963) beschriebene Strömungsmarken wurden nicht gefunden.

e) Epökie: Analog zu Beobachtungen des liegenden Ammoniten-Horizontes wurden in der Oberen Ammonitenbank bevorzugt großwüchsige Lithaco-

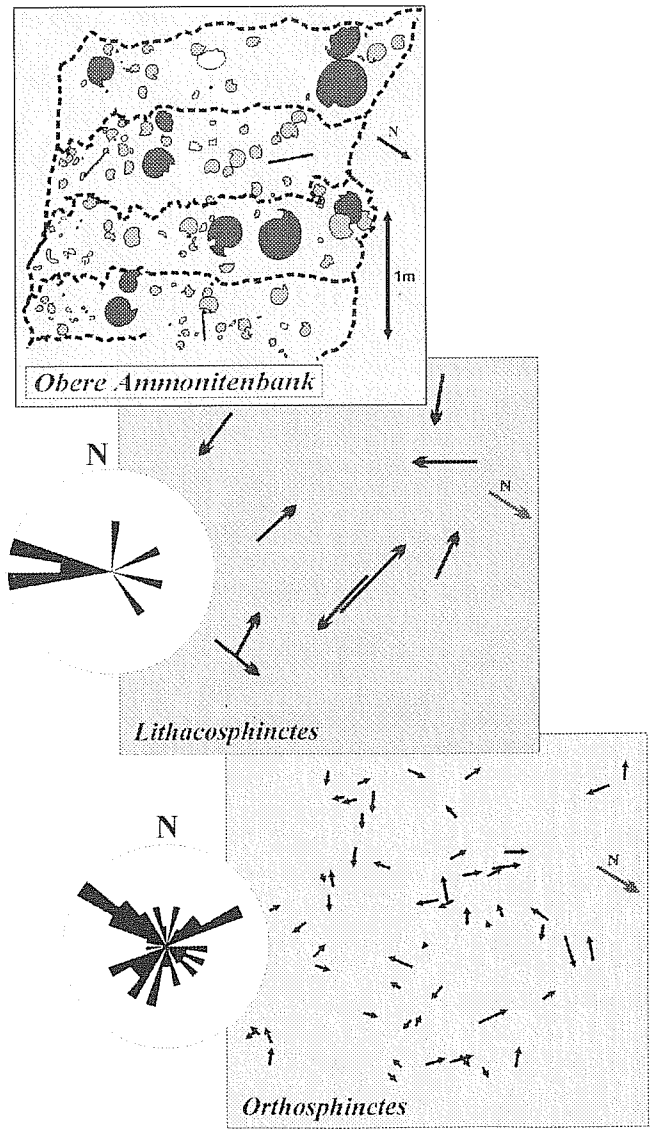


Abb. 20: „Strömungskarten" der Oberen Ammonitenbank. Nebenstehend die ausgewerteten Richtungspfeile.

sphincten als Hartsubstrat-Epizoen genutzt. Neben in Abschnitt 6 beschriebenen kalzitischen, teilweise eingerollten Serpelröhren fallen wenige Millimeter messende, hauchfeine runde bis ovale Vertiefungen an den Steinkernen auf. Diese können entweder von kleinwüchsigen Bivalven oder wahrscheinlicher von Seepocken (Balaniden) stammen und beschränken sich vorwiegend auf den Bereich der Mündungsöffnung.

Aufgrund der durchschnittlich besseren Überlieferung der großwüchsigen Ammoniten konnte der Frage nachgegangen werden, ob die Ammoniten einseitig oder beidseitig besiedelt wurden. Bei den beiden größten Lithacosphincten fällt eine einseitige Besiedlung auf. DH 290 (Taf. 18/1) ist von der Unterseite freigelegt – die unpräparierte Oberseite ist besiedelt. Die freigelegte Oberseite von DH 415 ist gleichfalls von Serpeln und ?Balaniden bewachsen, die Unterseite frei von Epöken. Ein Exemplar zeigt im Mündungsbereich beidseitig Epökenbewuchs.

Aus diesen Beobachtungen lässt sich folgern, dass DH 290 & DH 415 postmortal äußerlich besiedelt wurden, das Exemplar mit dem beiseitigen Aufwuchs hingegen postmortal intern. Eine Epökie „syn vivo" fand vermutlich nicht, höchstens in stark eingeschränktem Maße statt, da sich dann Epöken auf dem gesamten Gehäuse beidseitig verteilt finden müssten.

f) Kompaktion: Analog zu den Untersuchungen im Liegenden wurden nach dem unter Abb. 13 und Abschnitt 6g beschriebenen Schema auch in der Oberen Ammonitenbank entsprechende Untersuchungen gemacht.

Aus Tabelle 2 geht eine relative Kompaktionszahl von 0,75 hervor, also sehr ähnlich dem Wert 0,72 aus der Unteren Ammonitenbank (Tab. 2).

Nr.	Art	h'	B'	Q'	Q	Q' / Q
DH 281	***O. (O.) polygyratus***	20,04	9,95	2,01	1,37	0,77
DH 320	***O. (O.) cf. polygyratus***	6,64	4,19	1,58	1,21	0,77
DH 257	***O. (O.) tizianiformis***	32,37	13,89	2,33	1,2	0,52
DH 289	***Lithacosp. evolutus***	74,45	39,6	1,88	1,2	0,64
DH 290	***Lithacosp. evolutus***	97,86	63,4	1,54	1,2	0,78
DH 410	***Lithacosp. evolutus***	66,49	54,41	1,22	1,2	0,98
DH 415	***Lithacosp. evolutus***	85,51	64,21	1,33	1,2	0,9
DH 317	***Gl. (Gl.) nimbatum***	9,69	4,16	2,33	1,57	0,67
Relative Kompaktionszahl Obere Ammonitenbank						**0,75**

Tab. 2: Kompaktion der Oberen Ammonitenbank. Bem.: DH entspricht *„Diplomarbeit Hornung"*.

II) Belemniten: Mit nur einem horizontal gelagerten Exemplar (*Hibolithes semisulcatus* MÜNSTER) auf der gesamten Schichtfläche sind Belemniten für eine Paläo-Strömungs-rekonstruktion nicht zu gebrauchen.

C) Benthos

I) Gastropoden: Diese im Malm eigentlich nicht seltene Großgruppe ist in der oberen Ammonitenbank lediglich durch einen sehr kleinen, nicht auf Artebene bestimmbaren Steinkern vertreten.

Aporrhaides sp. **1**

II) Bivalven: Die gleichfalls dürftigen Bivalven-Funde gehören zwei unterscheidbaren Gattungen an. Sie liegen unvollständig, meist jedoch mit Schalenerhaltung vor – eine Klassifizierung auf Artniveau bleibt fraglich.

?Eopecten velatus GOLDFUSS **1**

Camptonectes sp. **3**

III) Echinozoen:

Collyrites sp. **1**

8 Genese der Ammonitenbänke

Die überregional nahe der Kimmeridge-Basis auftretenden „Ammonitenbreschen" (v. FREYBERG 1966) sind innerhalb der gesamten Frankenalb über das Ries hinweg bis in den Schwäbischen Jura („Arzberg-Formation" (ZEISS 1977) bzw. Lacunosa-Mergel) zu verfolgen. Ihr Vorkommen beschränkt sich auf geringmächtige Horizonte. Über die Genese besteht jedoch Uneinigkeit: Handelt es sich um allochthone Zusammenschwemmungen bzw. Taphozönosen, um ein Aussterbeereignis oder um einen Kondensationshorizont mit autochthon oder „parautochthon" eingebetteten Thanatozönosen?

Erstaunlicherweise gab es kaum Bemühungen, eine flächenhafte Grabung durchzuführen und die Ergebnisse entsprechend auszuwerten. Viele Autoren stellen die „Ammonitenseife" gleichbedeutend als Grenze zwischen Oxford und Kimmeridge, was für den Bereich Ludwags widerlegt werden konnte, da sich Sutneria platynota REINECKE unterhalb der Unteren Ammonitenbank fand.

Im Folgenden seien abermals die Meinungen einzelner Autoren wiedergegeben, anschließend werden eigene Beobachtungen erörtert:

a) BEURLEN (1927) diskutiert zwei Entstehungsmöglichkeiten der Ammo-

nitenbreschen: 1) Massensterben infolge eines plötzlichen Fazieswechsels oder 2) aufgrund einer Sedimentationsunterbrechung (Strömungen, Wirkung von Oberflächenwellen) als Kondensations-Horizont. Er bezieht sich in seinen Ausführungen jedoch verstärkt auf letzteren Grund, da die Fauna über dem Horizont nicht verarmt oder verändert ist.

b) Hölder (1942: 351) hält eine Genese durch Sedimentations-Stop für möglich: „Sie vermag die über größere Gebiete gleichmäßige Fossilanreicherung zwanglos zu erklären und braucht ja nicht notwendig zu einer Aufarbeitungsbreccie führen".

c) Schmidt-Kaler (1962) legt eine weitreichende, jedoch nicht sehr starke Aufarbeitung nahe, da der Horizont lokal fehle.

d) v. Freyberg (1966: 12 u. 42) vermutet an der Wende Oxford-Kimmeridge eine lokale Regression und führt die Bildung von Ammonitenbänken darauf zurück. Er beschreibt eine mögliche Aufarbeitung mehrerer Mergelbänke aufgrund eines „negativen Sedimentationsgefälles" und entsprechende Regressions-Schichtlücken.

e) Schairer (1967 bzw. 1972) hat sich eingehend mit dem Untersten Unterkimmeridge der Frankenalb beschäftigt, weswegen ein besonderer Augenmerk auf diesen beiden Arbeiten liegt. Die Fossilanreicherung beruhe auf einen wiederholbaren Prozess, da mehrere Ammoniten übereinander lägen. Als Grund für die Konzentration der Ammonitengehäuse werden ähnlich Beurlen (1927) Wasserbewegungen aufgeführt, die zu einer verringerten Sedimentzufuhr führten. Ob das auslösende Moment eine Regression im Sinne von v. Freyberg (1966) gewesen sein könnte, wird nicht angesprochen.

f) Lang (1989: 210) erwähnt zwei generelle Möglichkeiten zur Genese von Fossil-Konzentrationen wie der vorliegenden: einerseits die Aufarbeitung bei Regression und Verflachung, andererseits Mangelsedimentation in einem von einer Transgression betroffenen Schelfbereich.

Eigene Betrachtungen: Obgleich unter Abschnitt 6 & 7 bereits eingehender beschrieben, sollen hier die wesentlichen Beobachtungen der Geländearbeit zusammenfassend nochmals wiedergegeben werden:

1) Die Fossilanreicherung bleibt im Beckenbereich des Ludwager Steinbruches strikt auf beide beschriebenen Lagen beschränkt, konnte jedoch im riffnahen Bereich nicht mehr aufgefunden werden.

2) Die Mächtigkeit der Unteren Ammonitenbank übersteigt niemals 13 Zentimeter, die der Oberen Ammonitenbank niemals 10 Zentimeter.

3) Beinahe alle Ammoniten sind mehr oder minder horizontal oder leicht

schräg eingebettet. Großwüchsige Lithacosphincten liegen durchweg median, mittelwüchsige Orthosphincten häufiger schräg im Sediment. Kleinwüchsige Formen wie juvenile Orthosphincten oder Glochiceraten können im Extremfall nahezu senkrecht einsedimentiert sein.

4) Alle Ammoniten sind geringer oder stärker median deformiert (Abb. 13). Jedoch fielen innerhalb der Schichtlage linsenartige Bereiche mit erhöhtem Kalkgehalt auf, die Körperfossilien enthielten.

5) Ein großer Teil groß- bis mittelwüchsiger Ammoniten ist unvollständig erhalten. Die Mündung ist oft ausgebrochen und entsprechende artspezifische Merkmale wie Mündungssaum oder Apophysen fehlen. Häufig sind Windungsbereiche fragmentiert, auffällig oft am letzten Umgang gegenüber der Mündung. Kleinwüchsigere Exemplare sind dagegen meist vollständig überliefert.

6) Im Beckenbereich sind Lithoklasten wie abgerundete Glaukonit-Körner auszuschließen.

7) Ammonitenschalen groß- und mittelwüchsiger Formen weisen häufig einen schwachen Bewuchs von Ostreen und Serpeln auf – beidseitiger Bewuchs ist sehr selten.

8) Im Bereich der Innenwindungen von vielen Ammonitengehäusen konnten kleine Pyrit-Kristalle beobachtet werden.

9) Bioturbation bleibt gegenüber dem Liegenden und Hangenden die Ausnahme.

Um sich über eine mögliche Entstehung der Ammonitenbänke genauere Gedanken machen zu können, muss man den Faziesraum betrachten, in dem diese zur Ablagerung kamen. Es gibt durchaus konträre Ansätze: v. Freyberg (1966) führt an der Grenze Oxford-Kimmeridge eine Regression an, die sich seinen Ansichten nach in morphologisch erhabenen Riffkomplexen verstärkt auswirken sollte (Ludwag liegt im Bereich des Würgau-Görauer Riffzuges). Bodenströmungen konnten bestehende Ablagerungen aufarbeiten und halbverfestigtes Sediment zwischen bereits einsedimentierten Ammoniten auslösen.

Zwei zu v. Freyberg (1966) anders geartete Theorien beschreiben Vail et al. (1984) bzw. Lang (1989). Vail beschreibt an der Oxford-Kimmeridge-Grenze ein weltweites Transgressions-Maximum, Lang (1989) führt an dieser Grenze entgegen den Interpretationen von Ricken (1986) ein lokales geringerdimensioniertes eustatisches Transgressions-Maximum an. Der Eintrag von Detritus wurde in Küstennähe zurückgehalten – die Folge war eine signifikante Mangel-Sedimentation mit einer Sedimentationsrate von unter 1cm / 1000a (Vail

et al. 1984). Der markante lithologische Wechsel zwischen Werkkalken und Mergelkalken bedingte nach dem „Plattform-Modell" von TARASCONI (1996) einen transgressiven Faziesraum mit plötzlich herabgesetzter Wasserenergie, in dem sich nun trüb-tonige Suspensionen absaigern konnten.
In beiden Ammonitenbänken wurden keine Aufarbeitungsprodukte wie größere Lithoklasten oder abgerollte biogene Komponenten (etwa Crinoiden-Reste) gefunden, sondern lediglich homogene Mudstones. Beides spricht für einen Ablagerungsraum in „mittlerer" Wassertiefe mit allenfalls geringen Bodenströmungen.

Weitere Hinweise auf eine niedrige Wasserenergetik ergeben sich aus den vorgenommenen Strömungsmessungen an Ammoniten (Lithacosphincten und Orthosphincten) sowie Belemniten. Alle drei „Strömungsrosen" zeigen eine breite Streuung, lässt die Untere Ammonitenbank ein Maximum in N-S-Richtung erkennen (Abb. 12), die Obere Ammonitenbank jedoch um 90° verdreht in E-W-Richtung (Abb. 21). Falls eine Strömung vorhanden war, kann diese aufgrund der stark variierenden Messwerte nicht sehr bedeutend gewesen sein, auf keinen Fall derart, um Sediment zwischen den Gehäusen auszuschwemmen. Diese bimodalen Verteilungen (Abb. 22) sowohl in der Unteren, als auch in der Oberen Ammonitenbank sprächen für typische Wasserbewegungen, wie sie bei Ebbe und Flut auftreten. Da man nach den neuesten Erkenntnissen für den Mittleren Malm geringere Wassertiefen als früher angenommen erwägen darf, könnten Tiden-Bewegungen durchaus eine Rolle gespielt haben. Einige Ammoniten zeigen meist einseitigen (also postmortalen) Bewuchs durch Serpeln – die Gehäuse wurden demnach strömungsbedingt nicht umgedreht, so dass auch die andere Seite besiedelt werden konnte.

Die geringe Dichte an Epöken spricht für zwei Punkte: **a)** entweder blieb der Bereich der Ammonitenbank nur kurze Zeit frei von Sediment – zu schnell für sich ansiedelnde Epöken, oder **b)** der Horizont lag in einem ungünstigen, womöglich leicht reduzierenden Lebensbereich mit stark herabgesetzter Sedimen-tationsrate, in dem nur wenige Spezialisten oder anpassungsfähige Formen wie Serpuliden gedeihen konnten.

Die Beobachtungen vor Ort und an den präparierten Fossilien deuten auf letztere Annahme hin:
* viele auf Ammonitengehäusen sitzende sowie isoliert im Mergelkalk aufgefundene Pyrit-Aggregationen, mit feinsten Pyrit-Kristallen überzogene Ammoniten-Innenwindungen, orangene Limonit-Färbung von Ammoniten oder Grabgängen und isolierte orangene bis ockerfarbene Schlieren sprechen für einen

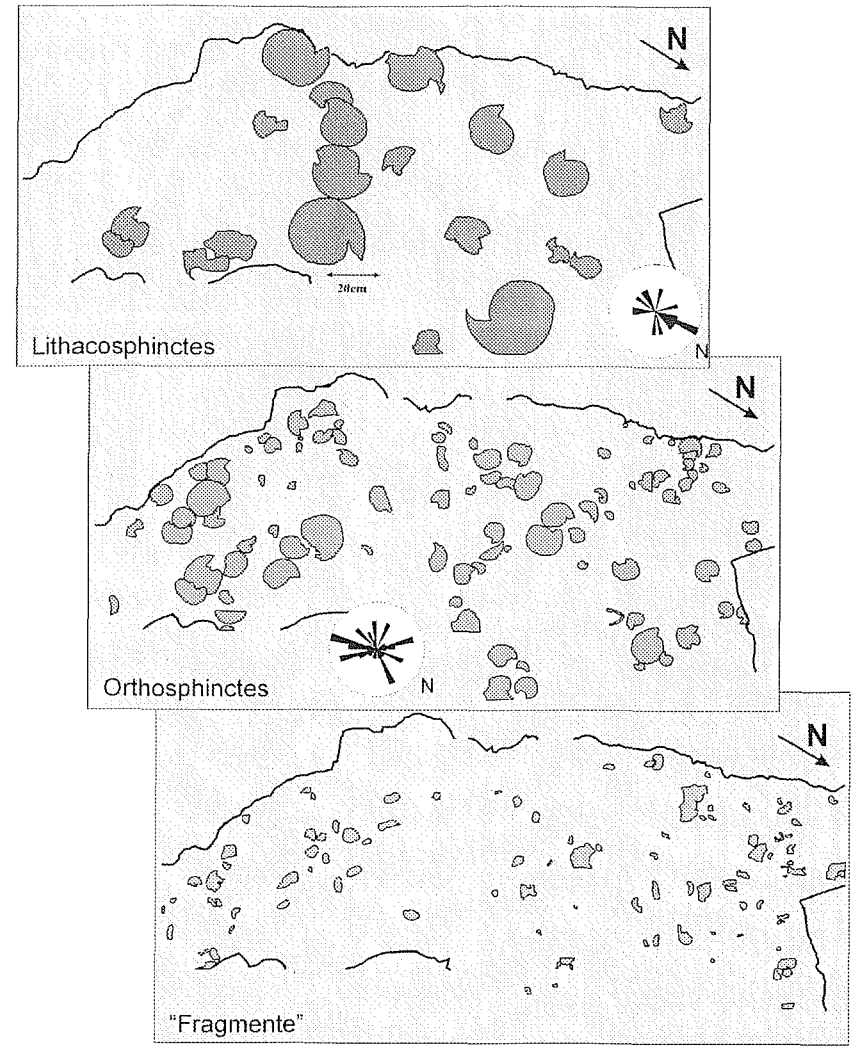


Abb. 21: Mengenmäßige Verteilung der wichtigsten Ammonitengattungen und der bestimmbaren Ammonitenfragmente. Integriert sind die „Strömungsrosen" der jeweiligen Gattungen.

leicht erhöhten organischen Gehalt innerhalb des Horizontes. Vereinzelt auftretender Glaukonit spräche nach TUCKER (1981) für ein lokal reduzierendes Milieu in einem allgemein oxidierenden, also sauerstofffführenden und nicht zu warmen marinen Lebensraum. Glaukonit tritt häufig in Verbindung mit Organik auf – im Beckenbereich der „Ludwager Wanne" wurde dieser lediglich in Verbindung mit Ammoniten (grünliche Färbung der Steinkerne) und nicht fein verteilt im Sediment gefunden. Die Pyrit-Kristalle der Ammoniten-Innenwindungen (meist vorderer Phragmokon) sind Ausdruck bzw. Relikt eines „Mikro-Milieus" im Schaleninneren des Tieres. In diesem reduzierenden Bereich war die Organik aufgrund von Verwesungsvorgängen lokal so stark angereichert, dass sich Kristalle und ein Glaukonit-Steinkern-Überzug bilden konnten.

* Als Epöken wurden lediglich Serpeln, keine Ostreen oder etwa Balaniden festgestellt. Bei den Serpeln könnte es sich um an den lokalen Lebensraum angepasste Formen handeln.
* In der Unteren und Oberen Ammonitenbank fand sich im Gegensatz zu anderen Horizonten aus der mächtigen fünften Mergellage relativ wenig Bioturbation.
* Anzumerken wäre noch ungewöhnlich wenig Benthos mit etwa 1% der Gesamtfauna-Anteil.

Die Widersprüchlichkeit zwischen oxidierendem Lebensraum einerseits und stark reduziert auftretendem Benthos andererseits kann man darauf zurückführen, dass durch das einstweilen gehäufte Vorkommen verwesender Ammoniten sowie fehlender Sedimentation im Beckentiefsten der „Ludwager Bucht" eine Art „Sprungschicht" zwischen sauerstoffhaltigem Bereich der freien Wassersäule und bodennah reduzierenden Partien geschaffen wurde (Abb. 23). Dieser Bereich mag sich lediglich in kleinen Sekundärwannen wenige Zentimeter über dem Substrat gebildet haben, zu den gering erhöhten Becken-Flanken besserten sich die Bedingungen – Profil 4 im riffnahen Bereich zeigt einen erhöhten Benthos-Anteil bei gleichzeitigem Fehlen der Ammoniten-Horizonte. Das lokal durch Nekrose hervorgerufene reduzierende Milieu könnte ein kontrollierender Faktor der Ammonitenbank-Genese gewesen sein.

BEURLEN (1929) bringt mit einem Massensterben als Ursache der Ammoniten-Anreicherung einen weiteren Diskussionspunkt vor. In einem solchen Fall sollte eine bestimmte Konzentrat-Schichtlage zumindest überregional unabhängig von unterschiedlichen Bereichen wie Becken- oder Riff-Fazies sehr gut als Leithorizont verwendbar sein. Da jedoch weder in riffnaher Fazies, noch bei einer halbtägigen Untersuchung der *platynota*-Zone im Biostrombereich des

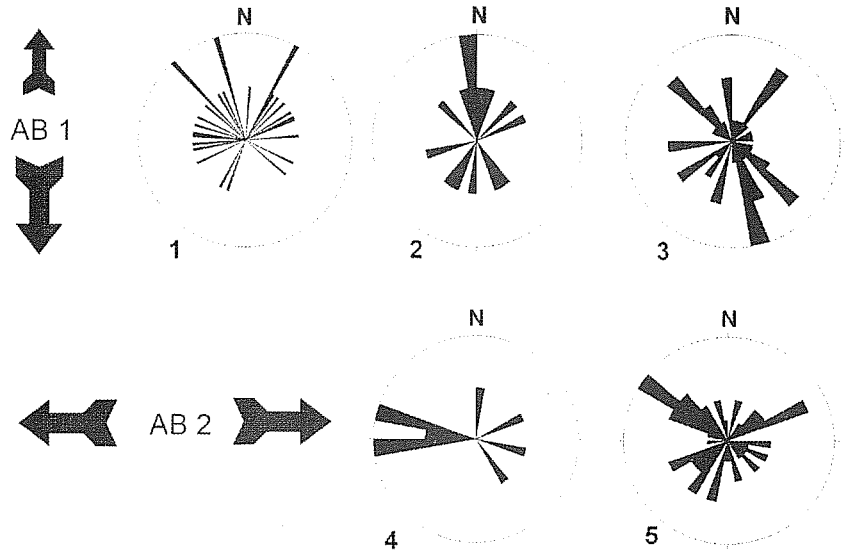


Abb. 22: Strömungsrosen: Fig. 1: Belemniten Untere Ammonitenbank, Fig. 2: Lithacosphinctes sp. Untere Ammonitenbank, Fig. 3: Orthosphinctes sp. Untere Ammonitenbank, Fig. 4: Lithacosphinctes sp. Obere Ammonitenbank, Fig. 5: Orthosphinctes sp. Obere Ammonitenbank.

Hinteren Steinbruches Ludwag korrelierbare Äquivalente gefunden wurden, ist von dieser möglichen Bildungs-Ursache abzusehen. Auch ein „selektives" Massensterben von einzelnen Ammonitenarten ohne betroffenes Benthos wäre somit auszuschließen.

Die Frage, ob es sich in den untersuchten Horizonten um eine autochthone Thanatozönose (auch Oryktozönose oder „Paleocommunity" – siehe ETTER 1994) oder eine allochthone Taphozönose („fossil assemblage") handelt, kann nicht hinreichend geklärt werden. SCHAIRER (1972) führt das starke Überwiegen der Cephalopoden in der Fauna daraufhin zurück, dass die Schalen zusammengeschwemmt sein könnten. Das dürfte im Bereich des Ludwager Steinbruches aufgrund der eventuell gezeitenbeeinflussten wechselnden Strömung (Abb. 22) auch bei geringer Wasserenergetik durchaus der Fall gewesen sein.

Einen weiteren Grund der Ammoniten-Dominanz kann in der Lebensweise von diesen Individuen gesehen werden. Wie viele Cephalopoden-Gruppen lebten Ammoniten vermutlich in Schwärmen, die womöglich einen bestimmten Nahrungsraum bevorzugten und immer wieder aufsuchten. Starben einige der

Tiere (sowohl „Mikrokonche“ als auch „Makrokonche“), sanken sie ab und gelangten in jenem zuvor beschriebenen eventuell reduzierenden Milieu am Beckentiefsten der Ludwager Bucht (Abb. 23). Fehlende Aasfresser, nur geringe Strömungen sowie Mangelsedimentation ließen in diesem Bereich eine gute Erhaltung mit relativ wenigen Schalenfraktionen zu. Eine Besiedlung durch Epöken erfolgte durch einige wenige Spezialisten postmortal.

Da sich ein einzelner Ammoniten-Horizont nicht aus einer singulären Lage von Ammoniten zusammensetzt, sondern mehrere Individuen dicht übereinander gelagert sind, sollte es sich bei beiden Ammoniten-Horizonten um kein Einzelereignis handeln, sondern um einen sich mehrmals wiederholenden Prozess. Die aufgeführten Häufigkeitsverteilungen (Gattungen bzw. Nekton – Benthos) sind sehr ähnlich und deuten auf gleichartige Bildungsbedingungen hin. Weil die Verbreitung der Horizonte selbst auf geringen lateralen Entfernungen innerhalb des Ludwager Bruches nicht konstant bleibt, sind beide Ammonitenlagen für sich eng begrenzte lokale Erscheinungen und waren vermutlich stark von regionalen ökologischen Faktoren abhängig. Die Fossilbänke – über das ganze Verbreitungsgebiet der Frankenalb gesehen – sollten demzufolge ein unterschiedliches Bildungsalter haben und können somit schwierig exakt miteinander korreliert werden. Trafen die zur Genese benötigten äußeren Faktoren – etwa reduzierende Bedingungen und damit nicht bzw. stark eingeschränkt vorkommende Aas-Fresser, wechselnde Strömungen in einem ruhigen Sedimentations-Bereich nicht zusammen, können diese Horizonte – wie etwa in Tiefenhöchstadt am NW-Rand des Ebermannstadter Beckens – komplett fehlen.

Die Obere Fossilbank (siehe Hornung 2002b) des riffnahen Bereiches zeigt scharf abgegrenzte grünliche und beige-orangene Bereiche. Unter dem Mikroskop lassen sie sich in limonitische und glaukonitische Tuberoide oder Algen-Peloide unterscheiden. Da sie meistens im Mündungsbereich großwüchsiger Ammoniten auftreten, sieht man auch hier die enge Verknüpfung von Glaukonit mit Organik bestätigt. Die verwesenden Weichteile des Ammoniten erzeugten ein lokal reduzierendes Mikro-Milieu, während hier sowohl am Boden als auch in freier Wassersäule oxidierende Bedingungen herrschen.

Für den Bereich Ludwag kann zusammenfassend folgendes Bild angenommen werden: Die Ludwager Wanne war mit Sicherheit sehr flach und hatte eine gering ausgeprägte Morphologie, die zumindest zu drei Seiten (N, E und S) mit flachen Hängen zum Würgau-Görauer Riff anstieg. Während für das Beckentiefste wenige Zentimeter über dem Boden reduzierende Bedingungen ange-

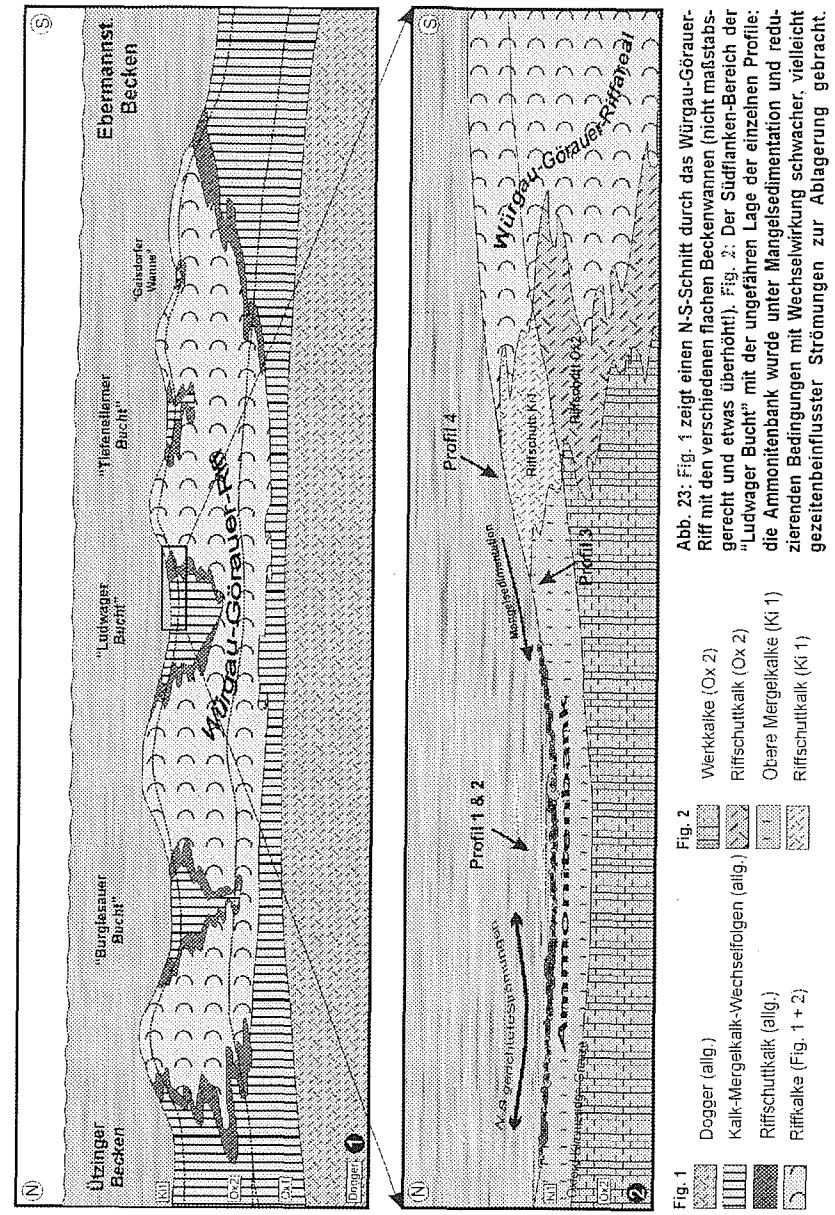


Abb. 23: Fig. 1 zeigt einen N-S-Schnitt durch das Würgau-Görauer-Riff mit den verschiedenen flachen Beckenwannen (nicht maßstabsgerecht und etwas überhöht!). Fig. 2: Der Südflanken-Bereich der "Ludwager Bucht" mit der ungefähren Lage der einzelnen Profile; die Ammonitenbank wurde unter Mangelsedimentation und reduzierenden Bedingungen mit Wechselwirkung schwacher, vielleicht gezeitenbeinflusster Strömungen zur Ablagerung gebracht.

nommen werden, sollte es sich im übrigen Lebensbereich um ein gut durchlüftetes, gezeitenbeeinflusstes flachmarines Ökosystem gehandelt haben.

Die Ammonitenbänke finden sich lediglich im tiefsten Bereich der Wanne – die an Benthos stark verarmte Fauna war zum überwiegenden Teil autochthon, wie wenige Gehäusebeschä-digungen (vor allem die bisweilen erhaltenen äußerst fragilen Apophysen des kleinen Leitammoniten *Sutneria (S.) platynota* und die überlieferten Mündungssäume großwüchsiger Lithacosphincten) zeigen, nur stark untergeordnet allochthon, da keine starken Strömungen geherrscht haben konnten. Die Sedimentationsrate war aufgrund Küstenferne stark herabgesetzt, so dass man von bei beiden Ammonitenbänken von kondensierten Horizonten sprechen kann. Zu den „Riff-Flanken" hin besserten sich die benthalen Lebensbedingungen, wie verstärkt auftretendes Benthos in riffnaher Fazies zeigt.

9 Literatur

ANTONADIS, P., FYTROLAKIS, N., HEGENBERGER, W. & STRASSNER-MUNK, C. (1972): Erläuterungen zum Blatt Scheßlitz (Nördliche Frankenalb). – 204 S., 20 Abb., 6 Taf., 8 Beil.; München.

BEURLEN, K (1927): Stratigraphische Untersuchungen im Weißen Jura Schwabens. Ein Beitrag zur Kenntnis der epirogenen Bodenbewegungen und der paläogeographischen Entwicklung des Weißen Jura. – N. Jb. Min. Geol. Paläont., Beil. – **56**/B: 78-124, 161-229, 2 Tab.; Stuttgart.

BRACHERT, T. (1986): Eine Mikrofaziesanalyse im Neuen Steinbruch Ludwag / Ofr. (Unteres Kimmeridge) mit Betrachtungen zur Morphologie von Biohermen (Oberes Oxford). – unveröff. Dipl. Arb., 125 S.; Erlangen.

BRUSS, D. (1992): Schicht-, Biostrom und Biohermfazieszuordnung von Malm-Pulverbohrproben im Neuen Steinbruch Ludwag (Oberfranken, Nördliche Frankenalb) anhand röntgenographischer Verfahren. – 68 S., 35 Abb., 15 Tab.; Erlangen.

CHOFFAT, P. (1893): Description de la faune jurassique du Portugal. Classe des Cephalopodes. Première série : Ammonites du Lusitanien de la contrée de Torres-Vedras. – Dir. Trav. Geol. Portugal, 1-82, Taf. 1 – 19; Lisbonne.

COPE J.C.W. (1968): Epizoic oysters on Kimmeridgian ammonites. – Paleontology 11 / 1: 19-20.

D'ORBIGNY, A (1848): Paléontologie Francaise, Terrains Jurassique, I. Céphalopodes; . – 642 S., 234 Taf.; Paris (Masson).

ETTER, W. (1994): Palökologie – eine methodische Einführung. – 294 S.; Berlin (Birkhäuser).

FISCHER, E. (1913): Über einige neue oder in Schwaben bisher unbekannte Versteinerungen des Braunen und Weißen Jura. – Jh. Ver. Vaterl. Naturk. Württ., **69**: 31-59, 5 Taf.; Stuttgart.

FREYBERG, B. v. (1966): Der Faziesverband im unteren Malm Frankens: Ergebnisse der Stromatometrie. – Erlanger Geol. Abh. **62**: 112 S., 8 Taf., Erlangen.

FYTROLAKIS, N. (1965): Geologie des Malm auf Blatt Scheßlitz und das Basaltvorkommen bei Hohenpölz (Nördliche Frankenalb). – Unveröffentl. Diplomarbeit, 56 S., 8 Tab.; Erlangen.

GEYER, O.F. (1961): Monographie der Perisphinctidae des Unteren Unterkimmeridgium (Weisser Jura gamma, Badenerschichten) im süddeutschen Jura. – Palaeontographica, Abt. A, **117**: 1-157; Stuttgart.

HÖLDER, H. (1942): Geologische Untersuchungen in der Umgebung von Lauchheim (Ostalb). – N. Jb. Min. Geol. Paläont., Beil.-Bd., **86**/B: 315-398, 11 Abb., Taf. 21-25, 1 geol. Karte (= Taf. 21); Stuttgart.

HÖLDER, H. (1955): Die Ammonitengattung *Taramelliceras* im südwest-deutschen Unter- und Mittelmalm. – Palaeontographica, Abt. A., **106**: 37-153, Taf. 16-19; Stuttgart

HORNUNG, T. (2002a): „Die *polygratus*-Subzone (Unterstes Unterkimmeridge) in eng verzahnten Faziesbereichen der „Ludwager Bucht" unter besonderer Berücksichtigung der Genese und Taphonomie zweier Ammonitenbänke (Alter Steinbruch Ludwag / Ofr. / Nördliche Frankenalb). – 122 S., 88 Abb., 2 Tab., Anh.: Taf. I-XIV, unveröffentl. Dipl. Arb., Erlangen.

HORNUNG, T. (2002b): „Eine Fossilbank innerhalb der Riffschuttfazies des Untersten Unterkimmeridge Ludwags (OFr.) - ein Zwischenbericht. – Geol. Bl. NO-Bayern, **52**/1-4: 69-84, 3 Abb., 3 Taf.; Erlangen.

KRISL, P. (1971): Juraprofile der Bundesstraße B 505 am Westrand der nördlichen Frankenalb. – Erl. Geol. Abh., **86**, 20 S., 1 Abb.; Erlangen.

MEYER & SCHMIDT-KALER (1989): Paläogeographischer Atlas des süddeutschen Oberjura (Malm). – Geologisches Jahrbuch, Reihe A, **115**: Hannover (Schweizerbart).

MOESCH, C. (1867): Geologische Beschreibung des Aargauer Juras und der nördlichen Gebiete des Kanton Zürichs. – Beitr. Geol. Karte Schweiz, 4. Lieferg., 319 S, 13 Tafeln.

LANG, B (1989): Die Schwamm-Biohermfazies der Nördlichen Frankenalb (Urspring;

Oxford, Malm): Mikrofazies, Palökologie Paläontologie. – Facies, **20**: 199 – 275, 9 Taf., 26 Abb., 3 Tab.; Erlangen.

MÜLLER, K. (1958): Stratigraphische und tektonische Spezialaufnahmen im Jura südlich von Ebermannstadt (Fränkische Alb). – Erl. Geol. Abh. **25**: 18S., 4 Abb., 1 Taf.; Erlangen.

MÜNSTER, G., Graf zu (1830): Bemerkungen zur näheren Kenntnis der Belemniten. – 18 S., 2 Taf., Bayreuth (Birner).

OPPEL, A. (1857): Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands. – Württ. Naturw. Jh. **12-14**: 857 S., Stuttgart.

OPPEL, A. (1863): Über jurassische Cephalopoden. – Paläont. Mitt. Mus. Königl. Bayer. Staat, **3**: 127-162 und 163-266, Taf. 40-74.

QUENSTEDT, F. A. (1888): Die Ammoniten des Schwäbischen Jura. III. Der Weiße Jura – Text + Atlas. – 817-1140, Taf. 91 – 126; Stuttgart (Schweizernbart.

REINECKE, I.C.M. (1818): Maris protogaei Nautilos et Argonautas vulgo Cornua Ammonis in Agro Coburgico et vicino reperiundos, descripsit et delineavit, simul Observationes de Fossilium Protypis. – 90 S., 13 Taf.; Coburg.

RICKEN, W. (1986): Diagenetic bedding. A model for marl-limestone alternations. – Lecture Notes Earth Sci., **6**: 1-210, 93 Abb., 19 Tab.; Berlin.

SCHAIRER, G. (1967): Biometrische Untersuchungen an *Perisphinctes, Ataxioceras, Lithacoceras* der Zone der *Sutneria platynota* (REINECKE) (unterstes Unterkimmeridgium) der Fränkischen Alb. – Diss. (Fotodruck), 131 S., 18 Taf., 61 Abb., 37 Tab.; München.

SCHAIRER, G. (1972): *Taramelliceras, Glochiceras, Ochetoceras* (Haploceratacea, Ammonoidea) aus der *platynota*-Zone (unterstes Unterkimmeridgium) der fränkischen Alb (Bayern). – Mitt. Bayer. Staatssammlung Paläont. hist. Geol., **12**: 33-56; München.

SCHAIRER, G. (1974): Quantitative Untersuchungen an Perisphinctidae (Ammonoidea) des untersten Unterkimmeridgium der Fränkischen Alb (Bayern). – Zitteliana **3**: 37-124; München.

SCHMIDT-KALER, H. (1962): Stratigraphische und tektonische Untersuchungen im Malm des nordöstlichen Riesrahmens. Nebst Parallelisierung des Malm Alpha bis Delta der Südlichen Frankenalb über das Riesgebiet der schwäbischen Ostalb. – Erlanger geol. Abh., **44**: 1-51, 16 Abb., 1 Texttaf., Taf. 1-4 (darunter 2 geol. Spezialkarten); Erlangen.

SCHNEID, TH. (1939): Über Raseniiden, Ringsteadiiden und Pictoniiden des nördlichen Frankenjura. – Paläontographica, Abt. A, **89**: 117-184, Taf. 1-14 (5-18) und **91**, 79-119, Taf. 5-18 (1-14); Stuttgart.

SEILACHER, A. (1963): Umlagerung und Rolltransport von Cephalopoden-Gehäusen. – N. Jb. Geol. Paläont., Monatshefte, **1963**/11: 593 – 615; Stuttgart.

SEILACHER, A. (1959): Fossilien als Strömungsanzeiger. – Aus der Heimat **67**, 170-177, 8 Abb., Taf. 37; Öhringen.

TARASCONI, M. (1996): Lithologische Entwicklung, Stratigraphie und Diagenese des Profils „Schießfels" bei Unterzaunsbach / Oberfranken. – Unveröff. Diplomarbeit,115 S., 18 Abb., 5 Tab., 15 Taf., 1 Anl.; Erlangen.

TUCKER, M. (1981): Einführung in die Sedimentpetrologie. – Übersetzung von Manfred SCHÖTTLE. – 265 S., Stuttgart (Enke).

ULLRICHS, M. (1971): Alter und Genese des Belemnitenschlachtfeldes im Toarcien von Franken. – Geol. Bl. NO-Bayern, 65 - 83; Erlangen.

VAIL, P.R., HARDENBOL, J. & TODD, R.G. (1984): Jurassic unconformities, chronostratigraphy an sea-level changes from seismic stratigraphy an biostratigraphy. – Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem., **36**: 129-144, 12 Abb.; Tulsa.

WEGELE, L. (1929): Stratigraphische und faunistische Untersuchungen im Oberoxford und Unterkimmeridge Mittelfrankens. – Palaeontographica, Serie A, Nr. **71/72**, 119-193, 1-94.

ZEISS, A. (1968): Über Stratigraphie und Faziesräume des Malms der Frankenalb. – Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N.F. **50**: 101-114, 2 Abb.; Stuttgart.

ZEISS, A. (1977): Jurassic stratigraphy of Franconia. – Stuttgarter Beitr. z. Naturk., Serie B, **31**, Stuttgart.

Tafel 16 Geländearbeiten – Untere Ammonitenbank

Fig. 1: Untere Ammonitenbank: Die nach einer knappen Grabungswoche mühsam freigelegte Fläche mit zahlreichen Ammoniten (vgl. Abb. 5). Jeder Ammonit wurde vor Ort grob bestimmt und vermessen, im Gegensatz zur Oberen Ammonitenbank jedoch nicht gezeichnet.
Fig. 2: Detailaufnahme: Das knapp rechts der Bildmitte sichtbare, etwa 22cm große *Lithacosphinctes pseudoachilles* WEGELE (DH 288) konnte als einziger größerer Ammonit aus der Unteren Ammonitenbank geborgen werden. In einer etwas „kalkreicheren" Linse eingebettet, ist er nahezu körperlich erhalten.

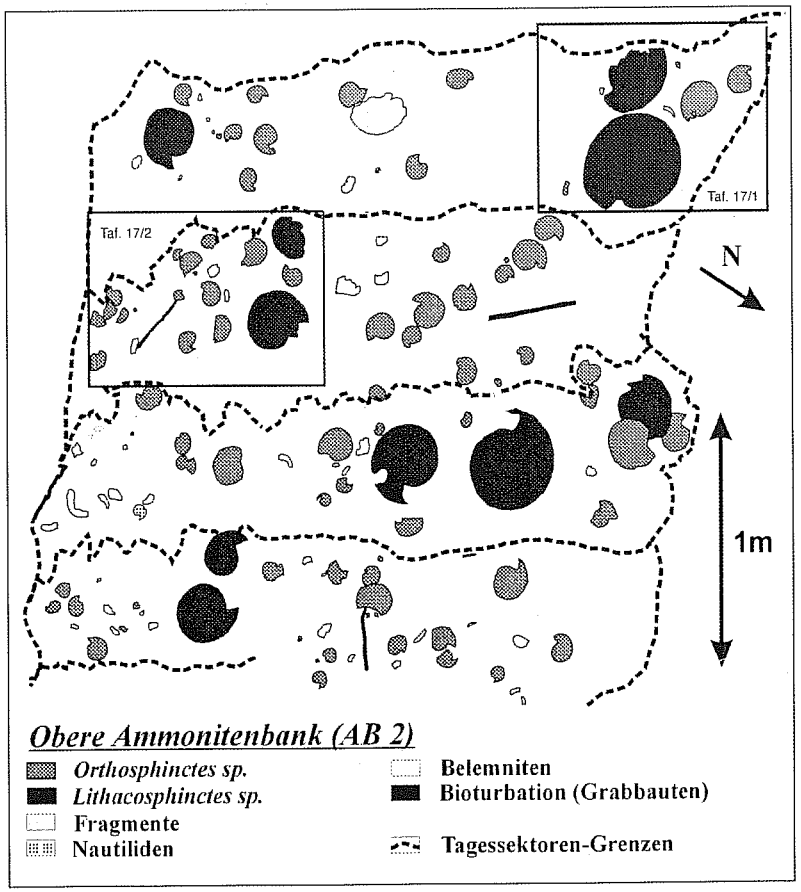




Tafel 17 Geländearbeiten – Obere Ammonitenbank

Fig. 1: *Sektor 1, Abschnitt 3:* großwüchsiges, körperlich überliefertes *Lithacosphinctes evolutus* QUENSTEDT (DH 415).

Fig. 2: *Sektor 2, Abschnitt 1:* Der Bildausschnitt zeigt neben einem gut erhaltenen *Lithacosphinctes evolutus* QUENSTEDT und einigen kleineren Orthosphincten auch einen etwa 30 cm messenden, gestreckten Grabgang.







Tafel 18 *Lithacosphinctes* + Epöken

Fig. 1: *Lithacosphinctes evolutus* QUENSTEDT (DH 290), Profil 2 / AB 2, (x 0,29)

Fig. 2: Bewuchs in Form von unregelmäßigen, eingerollten bis gestreckten kalzitischen Wohnröhren von Vertretern der Serpulidae. Größe etwa 5 cm.



