©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Osnabrücker naturwiss. Mitt.	13	S. 7–22	4 Abb.	Osnabrück, März 1987

Ein hardground am Top eines kalkigen Tempestits im Mittleren Kimmeridge auf dem Kalkrieser Berg (Nordwestdeutschland)

mit 4 Abbildungen

Markus Bertling*

Abstract: The tempestite origin of the upper part of the Zwischenbank (Mittelkimmeridge VII, Upper Jurassic) in the Kalkrieser Berg (Southwestern Lower Saxony) is explained by means of microfacial, paleontological and sedimentological analyses. At the top of the limestone, a hard ground was formed and, at a later stage, exposed by erosion and then colonized; its environment was shallow marine nearshore.
This is the first description of the origin of a German Jurassic hard ground s. s. and an Upper Jurassic calcareous tempestite.

Kurzfassung: Anhand mikrofazieller, paläontologischer und sedimentologischer Untersuchungen wird die tempestitische Natur des oberen Teils der Zwischenbank (Mittelkimmeridge VII, Oberer Jura) am Kalkrieser Berg (SW-Niedersachsen) dargelegt. An der Oberkante der Kalkbank ist ein hardground ausgebildet, der erosiv freigelegt und anschließend besiedelt wurde. Das Milieu stellt sich als flachmarin und küstennah dar.
Die Arbeit ist die erste Beschreibung der Genese eines deutschen jurassischen hardgrounds s. s. und der erste Nachweis eines kalkigen oberjurassischen Tempestits.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 8
2 Geologische und geographische Übersicht 8
2.1 Aufschlüsse 8
2.2 Horizontale Variation der Zwischenbank 9
3 Genese des Tops der Zwischenbank 10
3.1 Makroskopische Beschreibung 10
3.2 Lithologie 10
3.3 Sedimentologische Merkmale 10
3.4 Fauna 12
3.5 Deutung der Befunde 12
3.5.1 Paläontologie 12
3.5.2 Sedimentologie 13
3.5.2.1 Mikrofazies 13
3.5.2.2 Die Zwischenbank als Tempestit 14
4 Weichsubstratfauna 15
4.1 Befunde 15
4.2 Deutung 16

* Markus Bertling, Geologisch-Paläontologisches Institut der Westf. Wilhelms-Universität, Corrensstr. 24, D-4400 Münster

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

5 Bildung des hardground 16
5.1 Lithifikation 16
5.2 Erosive Freilegung und Besiedlung 17
5.3 Sedimentologische Charakterisierung 18
5.3.1 hardground-Kriterien 18
5.3.2 Typisierung des hardground 18
6 Schlußfolgerungen 20
Schriftenverzeichnis 20

1 Einleitung

In den letzten zwanzig Jahren hat sich allgemein die Erkenntnis der großen geologischen Bedeutung von Stürmen für die Sedimentation durchgesetzt. Nach der zur Verfügung stehenden Literatur stammt die früheste Beschreibung eines Sturmsediments von STRAUCH (1962), der verschiedene Schilltypen miteinander verglich. Erst AGER (1973) führte den Begriff Tempestit (von lat. tempestas – Sturm) ein. Obwohl in letzter Zeit vermehrt über das Thema veröffentlicht wird, sind bislang weltweit aus dem Oberen Jura erst vier Tempestite bekannt. Dabei handelt es sich ausnahmslos um Sedimente klastischer Milieus.
Als hardgrounds werden synsedimentär lithifizierte Meeresböden bezeichnet, während unter dem deutschen Wort „Hartgrund" auch Felsböden verstanden werden. Dabei war lange Zeit unbekannt, daß eine Verfestigung von Carbonatschlämmen auch unter Wasserbedeckung stattfinden kann, wenn der Chemismus der Porenlösung bestimmte Bedingungen erfüllt.

2 Geologische und geographische Übersicht

2.1 Aufschlüsse

Das studierte Material stammt aus dem Steinbruch Groß Klusmann 2 km E Engter (Kalkrieser Berg), einer zur Stadt Bramsche gehörenden Gemeinde des Landkreises Osnabrück/Niedersachsen. Die genaue Position der Probenahmestelle ist R 3438140, H 5806470 auf MTB Nr. 3614 (Wallenhorst) in 127 m über NN (Abb. 1). Vereinzelt konnten im gleichen Steinbruch-Areal an anderen Stellen ebenfalls Stücke gewonnen werden.
Im angeführten Aufschluß stehen oberjurassische Gesteine an, und zwar des Mittleren Kimmeridge VII (Zwischenbank) und VIII (Hauptton). Die Zwischenbank ist der oberste von drei schwach oolithischen Kalksteinen (Oolithbank c nach HINZE 1979), die das Mittlere Kimmeridge am Kalkrieser Berg kennzeichnen; er ist im Liegenden und Hangenden von klastischen Sedimenten umgeben. An der Oberkante des Kalkes ist ein korallenführender hardground entwickelt.

Weitere Aufschlüsse im fraglichen Niveau existieren am Kalkrieser Berg nicht, abgesehen von kleinen bewachsenen Aushebungen, in denen sich jedoch kein vergleichbares Material gewinnen ließ.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

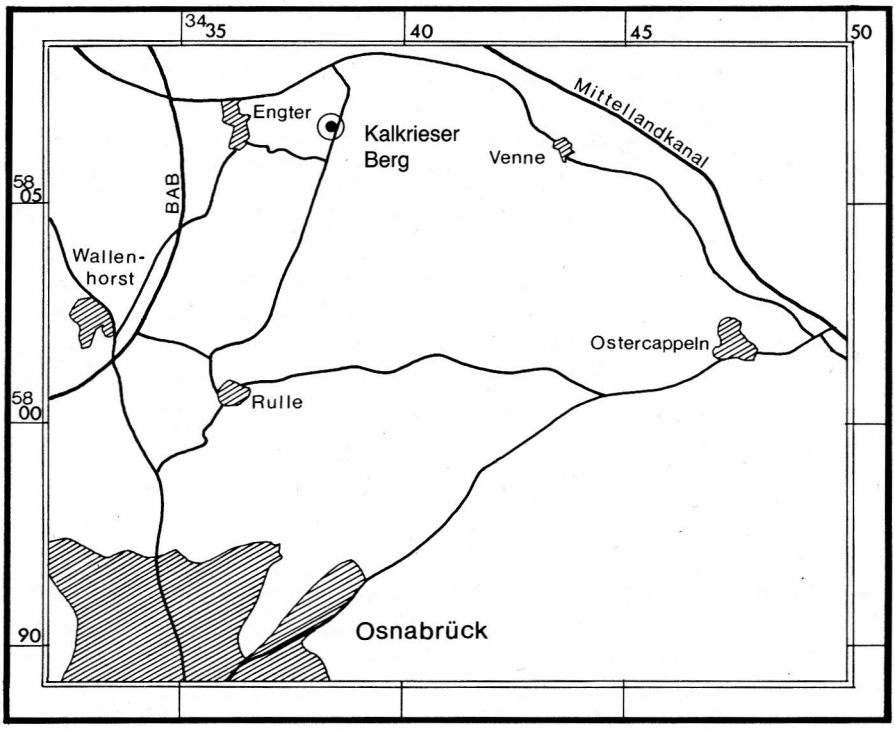


Abb. 1. Lage des Probenpunktes Steinbruch Groß Klusmann, auf dem Kalkrieser Berg, östlich Engter.

2.2 Horizontale Variation der Zwischenbank

Aus den Beschreibungen von KLASSEN (1966), HINZE (1979), ALLAM (1979) und der eigenen Kartierung (BERTLING 1985) wird eine starke laterale Variabilität der Zwischenbank hinsichtlich Mächtigkeit und fazieller Ausbildung deutlich. Allein im Steinbruch Auf dem Berge/Groß Klusmann schwankt die Bankdicke um 1–2 m auf nur wenige Dekameter Entfernung, 2–3 km östlich wird maximal 1 m Gesamtmächtigkeit erreicht. In Bohrungen „etwa 3 km südöstlich der Steinbrüche ist die Bank sowohl in den Spülproben wie auch im Widerstandslog unauffällig und auf 2–3 m Mächtigkeit beschränkt" (HINZE 1979), wobei sich ein Fazieswechsel anzudeuten scheint. Diese Vermutung deckt sich mit Feststellungen KLASSENS (1966), der an der Borgwedder Egge (R 3440300, H 5803500) unter dem hardground „nur Tone ausgebildet" fand. Weiter westlich im Gehn treten vergleichbare Bänke nicht mehr auf (IMEYER 1927).

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

3 Genese des Tops der Zwischenbank

3.1 Makroskopische Beschreibung

Im Rahmen dieser Arbeit wird lediglich auf die oberen Dezimeter der Zwischenbank eingegangen. Da diese Einheit im untersuchten Aufschluß bis zu 5 m mächtig ist, muß ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß sich die hier geschilderten Phänomene nur mit Vorbehalt auf den ganzen Komplex übertragen lassen. Die Gesteinsausbildung weicht teilweise erheblich von der im folgenden beschriebenen ab.

Es handelt sich um einen bankig absondernden, mittelkörnigen Kalkstein von dunkelgrauer, zum Teil etwas bläulicher Farbe. Das Erscheinungsbild ist kompakt trotz einiger dünner eingelagerter klastisch betonter Bereiche; Schrägschichtung war in diesem Teil der Bank nicht festzustellen. Der Kalkstein fällt durch seinen hohen Schillanteil auf, wobei die Schalen wirr gelagert sind.

3.2 Lithologie

Der Kalkstein ist sehr matrixarm, so daß sich die überwiegend mehr als 2 mm großen Komponenten gegenseitig berühren. Dabei handelt es sich meist um Fossilbruchstücke (im Sprachgebrauch der Mikrofaziesanalyse: Biomorpha) neben Ooiden, Kotpillen und anorganischem Detritus. Gemäß der Carbonatklassifikation von FOLK ist das Gestein wegen der feinkörnigen Grundmasse als Biomikrit bzw. Biomikrudit zu bezeichnen.
Als Biomorpha treten überwiegend leicht zugerundete, aber auch eckig zerbrochene Austernschalen auf, die häufig Anbohrungen durch Algen, Polychaeten und Phoroniden zeigen. Außerdem konnten verschiedene Scleractinien, Crinoiden-Columnaria, Echinoidenstacheln, Serpuliden und Gastropoden erkannt werden. Vereinzelt kommen noch andere Bivalven vor, die sich auf Schichtflächen identifizieren ließen (Liste siehe 3.4.1). Auffällig ist neben der variablen Abrollung die unterschiedliche Erhaltung (Umkristallisation) der Schalenreste. Diese weisen zudem manchmal im Inneren ein anderes Sediment (meist Mikrit) auf als ihre Umgebung; vereinzelt sind Mikrit-Rinden festzustellen.
Eine Sortierung der Fossilien nach Form oder Größe hat nicht stattgefunden: dünne, langgestreckte und massive, rundliche Schalen liegen wirr durcheinander direkt neben massigen, offenbar isotop-allochthonen Korallenkolonien (Abb. 2).

3.3 Sedimentologische Merkmale

Bezeichnend ist die ungeregelte Einbettung der Komponenten: Fossilien und Intraklasten stehen oft senkrecht im Sediment, und bei den Muschelschalen läßt sich kein Überwiegen der Einbettung konvex-oben oder konvex-unten erkennen (Abb. 3). Angebohrte Korallenkolonien stehen aufrecht, liegen auf der Seite oder sind umgedreht und sind in einem Falle dicht zusammengelagert mit Silt und Bioklasten als Füllmaterial zwischen größeren Stöcken.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

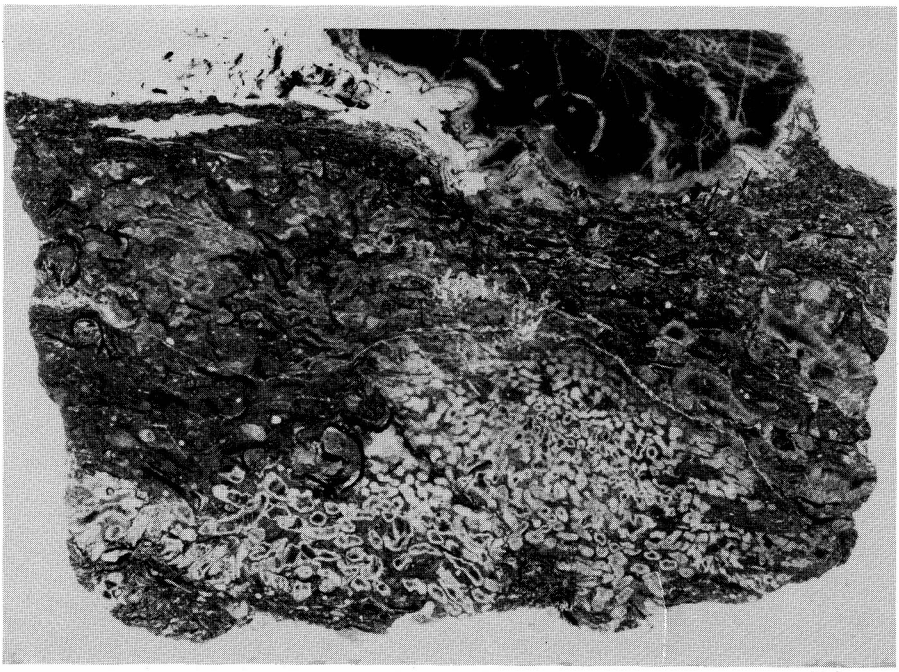


Abb. 2. Oberkante der Zwischenbank (Pfeil): große Korallenkolonien (Bildmitte unten) neben feinstem Schalendetritus, oben rechts angebohrter Korallenstock (Breite des Stücks 28 cm, phot. H. RICHTER).

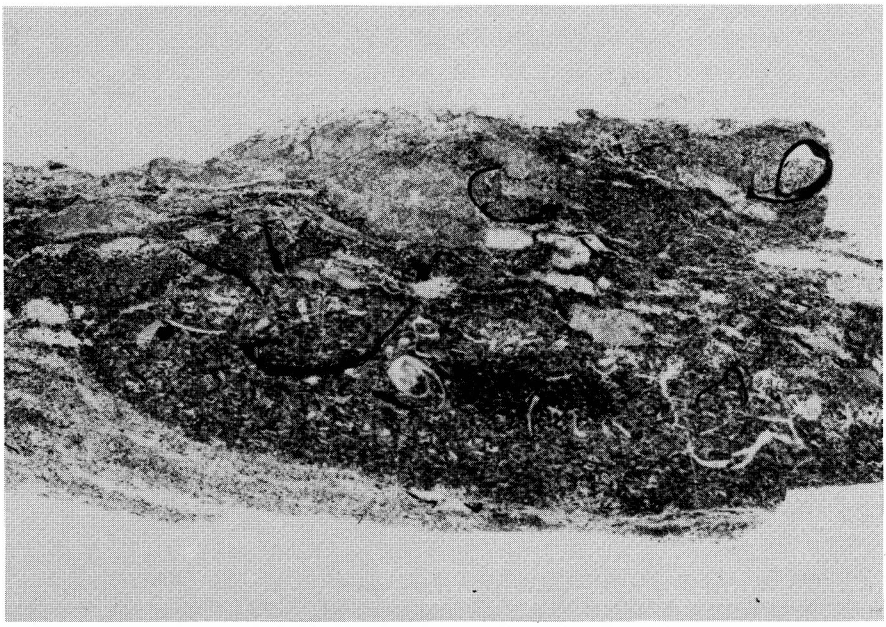


Abb. 3. Oberer Teil der Zwischenbank: Gastropoden- und Bivalvenschalen variabler Größe sind völlig ungeregelt eingebettet (Bildbreite 19 cm, phot. H. RICHTER).

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Lagenweise sind Austernschalen derart angehäuft, daß man von „Nanogyrenkalk" sprechen könnte. In manchen Arealen hat man den Eindruck einer etwas besser ausgebildeten Schichtung, aber schon wenige Dezimeter seitwärts ist diese völlig verwischt. Nahe der Oberkante der Bank tritt eine unregelmäßige Lage graubraunen Siltes auf, der lokal Schrägschichtung oder Gradierung zeigt, aber nicht frei ist von grobem Detritus. Diese Siltlage bildet örtlich die Oberfläche der Zwischenbank, meistens ist sie jedoch von einer Schill-Lage bedeckt. Etwa 10 cm tiefer sind Löcher von Bohrmuscheln festzustellen, die Austernschalen durchschlagen; das Sediment muß zu diesem Zeitpunkt also bereits erhärtet gewesen sein.

3.4 Fauna

Folgende Fossilien konnten auf Schichtflächen oder im Anschliff des obersten Teils der Zwischenbank bestimmt werden:

Cnidaria:	*Thamnasteria gracilis* (MÜNSTER)
	Calamophyllia flabella (BLAINVILLE)
	Ovalastraea sp.
	Synastraea concinna (GOLDFUSS)
	Montlivaltia sp.
	Cladophyllia dichotoma (GOLDFUSS)
Mollusca:	*Barbatia (Barbatia)* sp.
	Lithophaga sp.
	Lima (Lima) sp.
	Nanogyra striata (SMITH)
	Nanogyra nana (SOWERBY)
	Deltoideum delta (SMITH)
	Liostrea rugosa (MÜNSTER)
	Myophorella perlata (AGASSIZ)
Echinodermata:	Crinoidea gen. et sp. indet. (Columnaria)
	Echinoidea gen. et sp. indet. (Stacheln)
Annelida:	Serpulidae gen. et sp. indet.
	Serpula („Tetraserpula") quinqangularis (GOLDFUSS)
Ichnogenera:	*Palaeachlya* cf. *perforans* DUNCAN
	Nygmites solitarius (HAGENOW)
	Trypanites weisei MÄGDEFRAU
	Talpina eduliformis QUENSTEDT

3.5 Deutung der Befunde

3.5.1 Paläontologie

Die unter 3.4 aufgeführten Organismen benötigen harten oder zumindest festen Untergrund; einzige Ausnahme ist *Myophorella* (STANLEY 1977). Schon wegen dieser deutlichen Tendenz ist das Vorhandensein eines hardgrounds zu fordern. Tatsächlich können stellenweise dicht unter der Oberfläche der Zwischenbank Anbohrungen

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

beobachtet werden (siehe oben); im gleichen Niveau liegt die Basis aufrecht stehender Kolonien der Korallen *Cladophyllia, Calamophyllia* und *Thamnasteria* (Abb. 2). Auch ohne deutliche mineralische Inkrustierungen muß man deshalb einen zumindest örtlichen hardground annehmen.
Volumenmäßig am bedeutendsten ist *Thamnasteria gracilis* (MÜNSTER), deren knollige Kolonien Siedlungsgrundlage für andere Organismen waren, z. B. die folios-krustenden Scleractinia *Ovalastraea* und *Synastraea,* die Ostreaceen *Nanogyra* und *Liostrea* und mäandrierende Serpuliden. Kennzeichnend ist die starke Anbohrung der Kolonien durch Vertreter verschiedener Gruppen: ?Algen (Ichnogenus *Palaeachlya*) waren wohl wie in der rezenten Situation bedeutende Substrat-Abbauer, außerdem Bivalven *(Lithophaga)* und Polychaeten (Ichnogenus *Trypanites*). Dabei sind auch angebohrte Bohrungen zu beobachten, und zwar sowohl innerartlich als zwischenartlich:?Algen und Bivalven durchschneiden ältere Bohrungen des gleichen Typs, Polychaeten und ?Algen integrieren vorhandene Hohlräume in ihre Gänge oder siedeln in ihrer Wand. Die größeren Bivalvenbohrungen boten Schutz für nachfolgende Formen wie die nestelnde Arcoide *Barbatia* und die Serpuliden ?*Glomerula* und *Serpula („Tetraserpula").*
Neben dieser an Thamnasteria gebundenen Gemeinschaft wuchsen ästig verzweigte Scleractinia *(Cladophyllia, Calamophyllia)* und solitäre Formen wie *Montlivaltia,* die offensichtlich für Epizoen weniger geeignete Substrate darstellten. Die Bivalve *Lima,* nach KAUFFMANN (1969: N 151) ein byssater Spaltenbewohner, dürfte ebenso wie die angeführten Echinodermen im Schutz der Korallen gelebt haben.
Das Milieu der beschriebenen Fauna muß wegen des Vorkommens der Korallen gut durchlüftet und durchlichtet gewesen sein. Nach der Form der beteiligten Scleractinia dürfte es sich um sehr flaches, aber nur mäßig turbulentes Wasser gehandelt haben, physikalisch vergleichbar dem back reef-Bereich.
Aus entfernteren Gegenden stammen *Myophorella perlata* (AGASSIZ), ein flach grabender Weichbodenbewohner, und angebohrte Bivalvenschalen. Die bohrenden Algen (Ichnogenus *Nygmites*) und Phoroniden (Ichnogenus *Talpina*) benötigten für ihre Tätigkeit sicherlich ruhiges und flaches Wasser, was neben der Zurundung der von ihnen durchsetzten Bruchstücke für eine Herkunft aus einem anderen Milieu spricht.

3.5.2 Sedimentologie

3.5.2.1 Mikrofazies

Die Vermischung allochthoner und autochthoner Fossilien in der Zwischenbank wurde oben geschildert. Die Komponenten weisen ebenfalls stark auf ein teilweise nicht autochthones Sediment, da die beobachteten Partikel aus unterschiedlichen Bereichen hinsichtlich Tiefe, Küstennähe und Turbulenz stammen. So gibt es zahlreiche Indikatoren für Wassertiefen von 5–20 m (Subtidal), aber auch den direkten Strandbereich (Intertidal), wobei manches auf Ruhigwasser hinweist. Dagegen erfordert die manchmal vorhandene sparitische Matrix ein höherenergetisches Milieu, ohne das auch das Überwiegen großer Bioklasten nicht denkbar wäre. Senkrecht stehende und konkav-oben liegende Fossilschalen schließen deutlichen Strömungseinfluß ebenso

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

aus wie die völlig fehlende Form- und Größensortierung der Komponenten. Abweichende Internsedimente in manchen Bioklasten und die sehr verschiedene Zurundung der Fossilien macht den Antransport einzelner Komponenten aus entfernteren Gebieten wahrscheinlich; genauso deutlich zeigt dies das reiche Auftreten von Extraklasten.
Das beschriebene Gestein ist dem Standard-Mikrofaziestyp 12 der Fazieszone 6 (WILSON 1975) zuzuordnen, wodurch sein Hochenergie-Charakter auch formal deutlich wird.

3.5.2.2 Die Zwischenbank als Tempestit

Die Anwendung der in der Literatur genannten Kriterien für die Sturmgenese eines Sediments auf die Zwischenbank spricht sehr deutlich für eine solche Entstehung; manche Hinweise belegen hohes Energiemilieu (Aufarbeitung des Liegenden in Form von Intraklasten), manche fehlenden Strömungseinfluß bzw. starke Turbulenz (keine Form- oder Größensortierung der Komponenten, fehlende Korn-Orientierung), andere sind mehr paläogeographischer Natur (Mischung verschiedener Faunen, Verfrachtung von Fossilien mit abweichendem Internsediment, hoher Prozentsatz harter Extraklasten in Kalksteinen).
Beim Studium komplett entwickelter Tempestite wird oft eine der turbiditischen BOUMA-Sequenz ähnliche Abfolge beobachtet (BALL 1971; AIGNER 1982a). Dies ist begründet durch eine seitliche Proximalitätsabstufung hinsichtlich Korngröße, Textur und Schichtdicke: vergleichbar den Turbiditen nimmt mit zunehmender Entfernung vom direkt betroffenen (Herkunfts-) Gebiet der feine Sedimentanteil zu und die Bankdicke ab, und typische Schrägschichtungsformen sind entwickelt. Offenbar handelt es sich beim Top der Zwischenbank um einen recht proximalen Tempestit, der infolgedessen kaum Gradierung zeigt und dem typische Mikro-Infiltrationsgefüge (KREISA & BAMBACH 1982) fehlen.
Da das Top der Zwischenbank offensichtlich ein Tempestit ist, muß nun die Frage nach dem Milieu gestellt werden, das der Sturm getroffen hat. Zunächst ist die geringe Entfernung vom Zentrum des Geschehens (Proximalität) festzuhalten, denn die für distale Tempestite typische Gradierung und eine Kappe von schräg- und parallelgeschichtetem Feinsand oder Silt (AIGNER 1982a, 1984) fehlen. Zudem entwickeln Stürme ihre stärkste Wirkung in Küstennähe, wo durch die erhöhte Wellenlänge und damit tiefere Wellenbasis der Seegang grundberührend wird. Das bedeutet für die Paläogeographie des betrachteten Kalkes, daß auch die für die Sedimentation zu fordernden hydrodynamischen Bedingungen Küstennähe belegen. Die Hinweise auf flachmarines Milieu, die Komponenten (3.5.2.1) und Korallen geben, passen gut ins Bild.
Somit läßt sich folgendes Modell entwickeln: in der Nähe eines Festlandes, von dem wechselnde terrigene Schüttungen ausgingen, fand lokal Kalksedimentation statt. Dies geschah in vermutlich gezeitenbeeinflußten Bereichen als oolithische Barren (HECKEL 1972), ähnlich den rezenten Verhältnissen der Bahamas-Plattform. Anderenorts war die Strömung sogar stark genug, die Nettosedimentation so gering zu halten, daß sich ein hardground bilden konnte. In diesem Faziesbereich sind auch Fleckenriffe (patch reefs) wie das behandelte eine häufige Erscheinung.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Das geschilderte, durch recht grobe Komponenten, insbesondere Schalenreste, dominierte Milieu wurde von einem oder mehreren kurz aufeinanderfolgenden Stürmen betroffen. Dabei wurde allochthones feines Material aus tieferen Beckenbereichen importiert und mit autochthonem vermischt. Landwärtiger Transport führte so zur Ansammlung gemischter Sedimente und gemischter Faunen in Küstennähe (AIGNER 1979; KIDWELL & JABLONSKI 1983). Gleichzeitig hat anderenorts und mit Nachlassen des Sturmes sicher auch im fraglichen Gebiet Erosion stattgefunden, wodurch die hohe Schalenkonzentration erklärt wird.
Die oben (2.2) geschilderte Geometrie der Zwischenbank, speziell die sonst nicht festgestellte hohe Mächtigkeit im beprobten Bereich, geht auf nicht näher bestimmbare Bedingungen (Kanäle, geschützte Zonen?) zurück, die die Anhäufung von Sediment hier favorisierten. Würde es sich um Autochthonschille handeln, wären solche Schwankungen sehr unwahrscheinlich. Auch der von BLOOS (1982) diskutierten Möglichkeit einer Sturmüberprägung autochthoner Schillbänke kann nicht gefolgt werden. Das erforderliche Hochenergiemilieu zur Schaffung ausgedehnter Fossilkonzentrationen wird im flachmarinen Bereich wohl nur durch Stürme bereitgestellt, die dort häufige und wahrscheinliche Ereignisse sind.

4 Weichsubstrat-Fauna

4.1 Befunde

Auf der Oberfläche der Zwischenbank sind neben den überwiegenden hardground-Organismen vereinzelt Fossilien anzutreffen, die nicht deren Gemeinschaft angehört haben können. Es handelt sich um:

Trigonia (Trigonia) papillata AGASSIZ
Trigonia (Frengueliella) concinna (ROEMER)
Myophorella perlata (AGASSIZ)
Eocallista (Eocallista) brongniarti (ROEMER)
Pleuromya sp.
cf. *Thalassinoides*

Die drei erstgenannten Trigoniiden sind als Infauna-Elemente an nicht notwendigerweise feinkörnige, aber weiche Substrate gebunden. Nach Experimenten STANLEYS (1977) war *Myophorella* als flach grabender Suspensionsfresser an feste tonige Meeresböden angepaßt. *Eocallista* benötigt ebenfalls Weichsubstrate (KAUFFMANN 1969: 166); besonders trifft dies für *Pleuromya* zu, da diese Muschel tiefer gräbt (FÜRSICH 1976). Bezeichnend ist das Auftreten eines als „Wall" erhaltenen Grabganges, der sich vielleicht dem Ichnogenus *Thalassinoides* zuordnen läßt. Diese Spur tritt häufig im Zusammenhang mit hardgrounds auf und ist in großem Maße verantwortlich für die Bioturbation vor der Omission bzw. Zementation (BROMLEY 1968, 1975). Dabei ist allerdings keine Bindung an eine bestimmte Sediment-Korngröße erkennbar.
Die Bivalven liegen als Einzelklappen vor, ohne besonders schlecht erhalten zu sein; längerer Transport scheidet somit aus. Auch wenn diese nicht autochthon sein sollten, besteht für den Grabgang keine andere Möglichkeit als Autochthonie.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

4.2 Deutung

Das Vorkommen von auf Weichsubstrate beschränkten Faunen-Elementen im Verband mit typischen Hartsubstrat-Epizoen stellt eine (par-)autochthone Faunenmischung dar, die im Ansatz eine Kondensation beinhaltet (FÜRSICH1978; AIGNER 1979; HAGDORN & SIMON 1983). Das Problem liegt dabei im offensichtlichen Fehlen eines für eine Infauna geeigneten Sedimentes, da die oben (4.1.) erwähnten Fossilien regelrecht in den hardground einzementiert sind. Nur vereinzelt lassen sich an der Oberkante der Zwischenbank Flecken von Mergelstein erkennen, die teilweise die Weichsubstratbewohner unterlagern. Höchstwahrscheinlich hat dieser Mergelstein ursprünglich den Schillkalk in größerer Mächtigkeit bedeckt und wurde später erodiert. In diesem Zusammenhang muß das völlige Fehlen von Schillbewohnern erwähnt werden: zwar bieten derart grobe Sedimente schlechte Bedingungen, aber weder Bioturbation noch eine typische Epifauna ist nachzuweisen. Dabei hat vermutlich die Oberfläche des sturmakkumulierten Schilles nie freigelegen, sondern war von vornherein mit feinerem Sediment bedeckt. Diese Verhüllung läßt sich zwanglos dem oben beschriebenen Sturmereignis zuordnen: das Zwischenbank-Top ist bereits als proximaler Tempestit charakterisiert worden (3.5.2.2), womit eine „Kappe" aus siltig-sandigem Sediment wahrscheinlich ist. HAYES (1967) erwähnt eine „sandige Lage" über durch Stürme landwärts transportiertem grobem Detritus, und KELLING & MULLIN (1975) beschreiben klastisch-carbonatische Mischgesteine, die sich bei der Resedimentation der entsprechenden Suspension entmischt haben.
Danach ist das Top der Zwischenbank als der erhaltene basale Teil eines solchen sturmaufgewühlten Gemisches zu betrachten, das etwas gradiert resedimentiert wurde. Im oberen, feinkörnigen Bereich des Resedimentes konnte sich eine Weichboden-Infauna-Gemeinschaft aufbauen, die nach der Größe der Fossilien einige Zeit Bestand hatte.
Abstrahiert ist darin eine biologische Antwort auf einen physikalischen Prozeß zu sehen, da mit der Verschüttung eines hardgrounds durch dasselbe Ereignis besiedelbare Weichsubstrate geschaffen wurden.

5 Bildung des hardgrounds

5.1 Lithifikation

Über den Zeitpunkt der Zementierung des Schills lassen sich keine genauen Angaben machen. Trotz der teilweise sehr schnell erfolgenden Verfestigung war der Prozeß sicherlich von einiger Dauer, da der überlagernde Mergelstein nur eine geringe Porosität besaß. Diese ist jedoch erforderlich und ihr Grad entscheidend für die Geschwindigkeit der Lithifikation unter Sedimentbedeckung; trotzdem sind sogar Tone kein Hindernis für die Erhärtung unterlagernder Kalke (HALLAM 1969). Da der Sturmschill nur sehr geringe Feinkornanteile besaß, die eine Zementierung beeinträchtigt hätten, und zudem seine Porosität hoch war, könnte durch die frühdiagenetischen Porenwässer schnell eine Lithifikation herbeigeführt worden sein. Zum Zeitpunkt der Erosion war

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

sie jedoch noch nicht vollendet, wie der Einschluß der Weichsubstratbewohner in die hardground-Oberfläche belegt. Die Verfestigung blieb nicht auf den Schill begrenzt, sondern betraf auch die untersten Millimeter bis Zentimeter des Hangenden. Daraus läßt sich eine hohe Übersättigung der Porenwässer ablesen, denn vermutlich hat die bindende Calcitfällung zuerst das kalkige Sediment betroffen. Ob der Nachschub der erforderlichen Ionen aus dem Meerwasser und damit deszendent oder durch frühdiagenetische Mobilisierung aus dem Liegenden und damit aszendent erfolgte, kann nicht geklärt werden.

5.2 Erosive Freilegung und Besiedlung

Nachdem das Milieu einige Zeit stabil geblieben war, sich eine Weichbodenfauna etablieren konnte, und die Lithifikation des Sturmschilles in etwa abgeschlossen war, trat erneut eine katastrophale Änderung der Lebensbedingungen ein. Bis auf dünne Lagen, die mitlithifiziert worden waren, wurde der gesamte Silt erodiert und dadurch die verfestigte Gesteinsschicht freigelegt. Die entstandene Oberfläche war glatt, wo der Silt Unebenheiten ausgeglichen hatte oder unregelmäßig, wo größere Korallenkolonien aus dem groben Schill herausragten. Die Morphologie des hardgrounds ist somit kombiniert zementativ und erosiv geprägt.
Als Erosionsauslöser kommt kaum ein anderer Prozeß als ein starker Sturm in Frage. Wenn mehrere Stürme kurz (etwa alle 10 Jahre) aufeinanderfolgen, bleiben die späteren fast ohne sedimentierende Wirkung (PERKINS & ENOS 1968), so daß sie allein durch eine Erosionsphase nachgewiesen werden können. Hardgrounds befinden sich vielfach am Top von Tempestiten (AIGNER 1979; HAGDORN & MUNDLOS 1982; SEILACHER 1982). Im Sinne der modischen „event-Geologie" kann man die bioturbierenden Organismen als pre-event-Fauna, die hardground-Gemeinschaft als post-event-Fauna bezeichnen. Dabei handelt es sich in der historischen Aufeinanderfolge um eine Pseudosukzession, weil keine biologische Entwicklung zugrunde liegt, sondern die Faunen auf einen physikalischen Prozeß reagieren, der zu einer Änderung des Substrates führte. Daneben können starke Stürme das Milieu weitergehend beeinflussen, indem sich Strömungen und Nährstoffbedingungen ändern. Vielleicht wird damit auch ein schneller Antransport von Larven typischer Hartsubstrat-Organismen ermöglicht.
Die Besiedlung erfolgte demnach durch opportunistische Arten, die sich als erste den zur Verfügung stehenden Raum sichern und ihn bedecken können (HAGDORN & MUNDLOS 1982). Bohrorganismen haben den Schillkalk oder freiliegende Schalen angebohrt, bevor besser angepaßte Taxa mit ihnen konkurrieren konnten. Dabei handelte es sich neben den zu postulierenden, aber nicht direkt nachweisbaren Weichkörperorganismen (vor allem Algen, vielleicht Schwämme) um Korallen. Diese benötigen einen harten Untergrund wie groben Detritus, zementierte Kalke oder den Schutt zerbrochener Vorgänger, auf dem sie anfangs als isolierte Kolonien wachsen, sich aber später zu Biostromen und Biohermen zusammenschließen können. Im fraglichen Fall kam es nur zur Bildung eines Fleckenriffs, da die Einzelkolonien fast nicht miteinander in Kontakt kommen.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

5.3 Sedimentologische Charakterisierung

5.3.1 hardground-Kriterien

Die wichtigsten der in der Literatur aufgeführten Kriterien für die Erkennung eines hardgrounds werden vom untersuchten Beispiel erfüllt.

Eine Hartsubstratfauna ist ausgeprägt durch den Korallenbewuchs, und auch Sedimentpartikel durchschneidende Bohrungen sind vorhanden. Die charakteristische scharfe Obergrenze bei undeutlicher Liegendgrenze ist modellhaft ausgebildet und die erosive Aufarbeitung des Liegenden ist deutlich (siehe 5.2).
Die Mineralisierung des untersuchten hardgrounds ist relativ schwach, verglichen mit der intensiven Überkrustung oder Imprägnierung mit Limonit, Mn-Mineralien, Glaukonit oder Apatit, die zahlreiche Beispiele aufweisen (VOIGT 1959; JAANUSSON 1961 u. v. a. m.). Sehr wahrscheinlich ist ein Großteil derartiger Krusten der herrschenden Erosion zum Opfer gefallen, die in den stark mineralisierten, tiefer marinen hardgrounds unbedeutend ist.

5.3.2 Typisierung des hardgrounds

Hardgrounds lassen sich genetisch, morphologisch oder durch eine Kombination beider Kriterien klassifizieren. Über die Künstlichkeit der Einteilung sind sich die jeweiligen Verfasser im klaren, dementsprechend bereitet die Zuordnung mancher Beispiele Schwierigkeiten.

GOLDRING & KAZMIERCZAK (1974) schufen eine auf dem Substrat basierende Einteilung. Ihr Typ 2 (Calcirudit) läßt sich in der Abfolge der grabenden, bohrenden und inkrustierenden Organismen vollständig mit dem untersuchten Beispiel identifizieren. Das Fehlen von Bioturbation im Substrat des hardgrounds kann eine sekundäre Erscheinung sein wegen der schlechten Erhaltungsfähigkeit im groben Sediment, hat aber im Top der Zwischenbank andere Gründe (siehe 4.2).
FÜRSICH (1979) stellte sowohl eine morphologische als eine genetische Klassifikation jurassischer hardgrounds auf. Das untersuchte Beispiel fällt in die morphologische Kategorie II als Übergangstyp zwischen kaum und stark mechanisch-erosiv beeinflußten Formen, die als Extreme sehr unruhige und glatte Oberflächen aufweisen. Da die Zwischenbank im typischen hardground-Bildungsmilieu, dem Hochenergieschelf, liegt und keine Anzeichen von Festsubstratbewohnern aufweist, ist der hardground ein Vertreter der genetischen Sequenz II. FÜRSICH (1979) vermutet, daß (wie im vorliegenden Fall nachgewiesen) das Fehlen von Grabgängen auf die relativ langdauernde Überdeckung mit unverfestigtem Sediment bis zur völligen Erhärtung des hardgroundtragenden Gesteins zurückgeht. BRETT & BROOKFIELD (1984) klassifizierten ordovizische hardgrounds auf der Basis der morphologischen Gliederung von FÜRSICH (1979). Das Top der Zwischenbank ist demnach ein rolling hardground, bei dem Erosion eine leicht wellige Oberfläche schuf. Allerdings sind derartige Typen im kanadischen Ordovicium auf die Oberkante distaler Tempestite beschränkt, was in krassem Gegensatz zu den paläogeographischen Verhältnissen im untersuchten Fall steht. Man muß jedoch berücksichtigen, daß die Beckenkonfigurationen gänzlich verschieden sind, d. h., geringe Erosion war im kanadischen Ordovicium auf eine bestimmte Tiefenlage und Küstenentfernung beschränkt und ist daher an distale Tempestite gekoppelt. Im

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

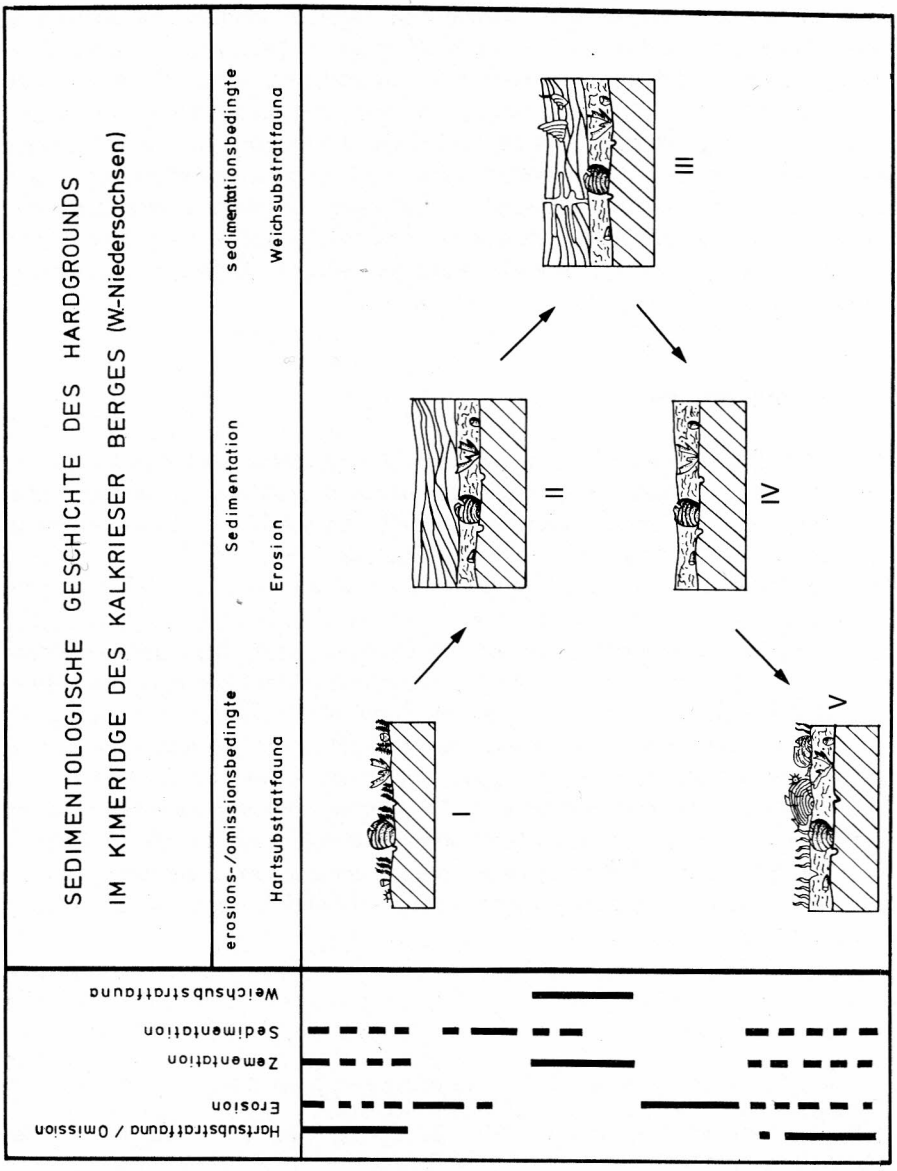


Abb. 4. Geschichte des hardgrounds.
Phase I: Fauna auf bereits existierendem hardground mit diversen Korallen, Algen, Seeigeln, Bohrmuscheln (3.4).
Phase II: sturmbedingte Bedeckung durch groben Detritus und Silt (3.5.2.2).
Phase III: Durchwühlung des weichen Sedimentes durch Muscheln und Anneliden (4.).
Phase IV: Erosion des Weichsubstrates durch einen Sturm (5.2).
Phase V: Ausbildung einer reichen hardground-Fauna ähnlich der vorherigen.

FÜRSICH, F. T. & OSCHMANN, W. (1986): Storm shell beds of *Nanogyra virgula* in the upper Jurassic of France. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **172** (2): 141–161, 10 Abb., 2 Taf.; Stuttgart.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

flachmarinen nordwestdeutschen Kimmeridge dagegen könnten unterschiedliche Sturmstärken unterschiedliche Auswirkungen bezüglich Sedimentation und Erosion gehabt haben, ohne daß eine (scheinbare!) Unvereinbarkeit verschieden turbulenter Milieus auftritt. So kann das Top eines proximalen Tempestites relativ geringe Erosionsüberprägung aufweisen wie die Entfernung von lediglich weichem Sediment. Außerdem ist denkbar, daß zementierte Lagen bei ihrer erosiven Entblößung je nach Grad der Lithifikation anders reagieren. Eine völlig verfestigte Schicht bietet mit Sicherheit größeren Widerstand als eine noch teilweise unstabile; Vergleiche dürften deswegen über eine solch große zeitliche und geographische Distanz hinweg schwierig sein.

6 Schlußfolgerungen

Die untersuchte Lokalität ist Teil des ungefähr W–E-gestreckten Niedersächsischen Beckens, dessen Schluß unweit westlich zu suchen ist. Die Zwischenbank beinhaltet die Sedimente der dritten westwärts gerichteten Transgression im Mittleren Kimmeridge, die wie die vorhergehenden nur von kurzer Dauer war.
Nach der Zuordnung des Tops der Zwischenbank und des hangenden Kalkbänkchens zur Standard-Mikrofazies 12 wurde der Kalk in maximal 10 m tiefem, stärkstens turbulentem, gut durchlüfteten Wasser gebildet. Mit der Gruppierung in die Standard-Mikrofazieszone 6 ist der Entstehungsort auf den landnahen Schelfrand eingeengt. Dabei lag die Küste vermutlich im Süden am Nordrand der Nordwestfälisch-Lippischen Schwelle (KLASSEN 1984: 418). Man hat sich strandnahe Barren oolithischer Sande vorzustellen, die häufig von Stürmen umgelagert wurden. Wegen des weitgehenden Abschlusses von den Weltmeeren ist die Existenz von Gezeiten fraglich. In diesem Bereich konnte es bei schwacher Hintergrundsedimentation durch die Erosionswirkung von Stürmen zur Freilegung eines hardgrounds kommen, der einer reichen, riffähnlichen Fauna gute Lebensbedingungen bot. Der hardground erlangte lediglich lokale Bedeutung.

Schriftenverzeichnis

AGER, D. V. (1973): Storm deposits in the Jurassic of the Moroccan High Atlas. – Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., **15:** 83–93, 4 Abb.; Amsterdam.

AIGNER, T. (1979): Schill-Tempestite im Oberen Muschelkalk (Trias, SW-Deutschland). – N. Jb. Geol. Paläont., Abh. **157**(3): 326–343, 7 Abb.; Stuttgart.

– (1982a): Calcareous Tempestites: Storm-dominated Stratification in Upper Muschelkalk Limestones (Middle Trias, SW-Germany). – In: EINSELE, G. & SEILACHER, A. (eds.): Cyclic and Event Stratification: 180–198, 10 Abb.; Berlin-Heidelberg-New York (Springer).

– (1982b): Event-Stratification in Nummulite Accumulations and in Shell Beds from the Eocene of Egypt. – In: EINSELE, G. & SEILACHER, A. (eds.): Cyclic and Event Stratification: 248–262, 7 Abb.; Berlin-Heidelberg-New York (Springer).

– (1984): Dynamic stratigraphy of epicontinental carbonates, Upper Muschelkalk (M. Triassic), South German Basin. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh. **169** (2): 127–159, 14 Abb.; Stuttgart.

ALLAM, A. M. (1979): Die Faziesentwicklung des Mittel-Kimmeridge im Wiehengebirge. – Z. dt. geol. Ges., **130:** 165–199, 4 Abb., 1 Tab., 2 Taf.; Hannover.

BALL, S. M. (1971): The Westphalia Limestone of the Northern Midcontinent: a possible ancient storm deposit. – J. Sediment. Petrol., **41**(1): 217–232, 11 Abb.,; Tulsa.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

BERTLING, M. (1985): Der Obere Jura des Kalkrieser Berges (West-Niedersachsen). – 42 S., 47 Abb., 3 Taf., 3 Anl.; Münster (unveröff. Dipl.-Kart.).

BLOOS, G. (1982): Shell Beds in the Lower Lias of South Germany-Facies and Origin. – In: EINSELE, G. & SEILACHER, A. (eds.): Cyclic and Event Stratification: 223–239, 7 Abb.; Berlin-Heidelberg-New York (Springer).

BRETT, C. E. & BROOKFIELD, M. E. (1984): Morphology, faunas and genesis of Ordovician hardgrounds from Southern Ontario, Canada. – Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., **46** (4): 233–290, 29 Abb.; Amsterdam.

BROMLEY, R. G. (1968): Burrows and borings in hardgrounds. – Meddr. Dansk Geol. Foren., **18** (2): 247–250, 2 Abb.; Kopenhagen.

– (1975): Trace fossils at omission surfaces. – In: FREY, R. W. (ed.): The Study of trace fossils: 399–428, 18 Abb.; New York (Springer).

FÜRSICH, F. T. (1976): Fauna-substrate relationships in the Corallian of England and Normandy. – Lethaia, **9** (4): 343–356, 7 Abb.; Oslo.

– (1978): The influence of faunal condensation and mixing on the preservation of fossil benthic communities. – Lethaia, **11**(3): 243–250, 7 Abb.; Oslo.

– (1979): Genesis, environments, and ecology of Jurassic hardgrounds. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh. **158:** 1–63, 30 Abb., 5 Taf.; Stuttgart.

GOLDRING, R. & KAZMIERCZAK, J. (1974): Ecological succession and intraformational hardground formation. – Palaeontology, **17**(4): 949–962, 3 Abb., 2 Taf.; London.

HAGDORN, H. & MUNDLOS, R. (1982): Autochthonschille im Oberen Muschelkalk (Mitteltrias) Südwestdeutschlands. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh. **162** (3): 332–351, 6 Abb.; Stuttgart.

HAGDORN, H. & SIMON, T. (1983): Ein Hartgrund im Unteren Muschelkalk von Göttingen. – Der Aufschluß, **34** (6): 255–263, 6 Abb.; Heidelberg.

HALLAM, A. (1969): A pyritized limestone hardground in the Lower Jurassic of Dorset (England). – Sedimentology, **12** (3/4): 231–240, 7 Abb.; Amsterdam.

HAYES, M. O. (1967): Hurricanes as geological agents, south Texas coast. – Bull. Amer. Ass. Petroleum Geol., **51:** 937–942, 5 Abb.; Tulsa.

HECKEL, P. H. (1972): Recognition of ancient shallow marine environments. – In: RIGBY, J. K. & HAMBLIN, W. K. (eds.): Recognition of ancient sedimentary environments. – Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner., **16:** 226–286, 15 Abb., 2 Tab.; Tulsa.

HINZE, C. (1979): Erläuterungen zu Blatt Nr. 3614 Wallenhorst. – 154 S., 20 Abb., 8 Tab., 6 Kt.; Hannover (Nieders. Landesamt f. Bodenforsch.).

IMEYER, F. (1926): Vergleichend-stratigraphische Untersuchung der Faziesverhältnisse des Oberen Juras von den Heersumer Schichten bis zu den Gigasschichten im Wiehengebirge und Teutoburger Wald. – Jber. naturwiss. Ver. Osnabrück, **19:** 5–75, 9 Abb., 1 Kt.; Osnabrück.

JAANUSSON, V. (1961): Dicontinuity Surfaces in Limestones. – Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala, **40:** 221–241, 2 Abb.; Uppsala.

KAUFFMANN, E. G. (1969): Form, Function and Evolution. – In: MOORE, R. C. (ed.): Treatise on Invertebrate Paleontology, Part N (Mollusca 6), 2: N 103–N 205, Abb. 87–99, 2 Tab.; Boulder (Geological Society of America and University of Kansas Press).

KELLING, G. & MULLIN, P. R. (1975): Graded limestones and limestone quarzite couplets: possible storm-deposits from the Moroccan Carboniferous. – Sediment. Geol., **13:** 161–190, 17 Abb.; Amsterdam.

KIDWELL, S. M. & JABLONSKI, D. (1983): Taphonomic Feedback – Ecological Consequences of Shell Accumulation. – In: TEVESZ, M. J. S. & MCCALL, P. L. (eds.): Biotic Interactions in Recent and Fossil Benthic Communities: 195–248, 8 Abb., 2 Tab.; New York-London (Plenum Press).

KLASSEN, H. (1966): Zur Stratigraphie und Tektonik des Malms im westlichen Wiehengebirge zwischen Vehrte und Engter. – 108 S., 10 Abb., 4 Anl.; Hamburg (unveröff. Dipl.-Arb.).

– (1984): Malm. – In: KLASSEN, H. (ed.): Geologie des Osnabrücker Berglandes: 387–425, 4 Abb., 5 Tab., 5 Anl.; Osnabrück (Naturwissenschaftliches Museum).

KREISA, R. D. & BAMBACH, R. K. (1982): The Role of Storm Processes in Generating Shell Beds in Paleozoic Shelf Environments. – In: EINSELE, G. & SEILACHER, A. (eds.): Cyclic and Event Stratification: 200–207, 2 Abb.; Berlin-Heidelberg-New York (Springer).

PERKINS, R. D. & ENOS, P. (1968): Hurricane Betsy in the Florida-Bahama area – geologic effects and comparison with Hurricane Donna. – J. Geol., **76:** 710–717, 2 Abb., 4 Taf.; Chicago.

PÜMPIN, V. F. (1965): Riffsedimentologische Untersuchungen im Rauracien von St. Ursanne und

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Umgebung (zentraler Schweizer Jura). – Eclogae Geol. Helv., **58** (2): 799–876, 36 Abb., 1 Taf.; Basel.

STANLEY, S. M. (1977): Coadaption in the Trigoniidae, a remarkable family of burrowing bivalves. – Paleontology, **20** (4): 869–899, 11 Abb., 4 Taf.; London.

STRAUCH, F. (1962): Zur Geologie von Tjörnes (Nord-Island). – 195 S.; Köln (Inaug.-Diss. der Universität zu Köln).

VOIGT, E. (1959): Die ökologische Bedeutung der Hartgründe („Hardgrounds") in der oberen Kreide. – Paläont. Z., **33** (3): 129–147, 1 Abb., Taf. 14–17; Stuttgart.

WILSON, J. L. (1975): Carbonate Facies in Geologic History. – 183 Abb., 30 Taf., 409 S.; Berlin-Heidelberg-New York (Springer).

Nachtrag während der Drucklegung

FÜRSICH & OSCHMANN (1986) deuten lithologisch sehr ähnliche Gesteine aus dem Kimmeridge Westfrankreichs ähnlich wie im hier geschilderten Fall, so daß die vorliegende Arbeit nicht die erste Beschreibung eines kalkigen oberjurassischen Tempestits darstellt.

FÜRSICH, F. T. & OSCHMANN, W. (1986): Storm shell beds of *Nanogyra virgula* in the upper Jurassic of France. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **172 (2): 141–161, 10 Abb., 2 Taf.; Stuttgart.**

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen

Jahr/Year: 1987

Band/Volume: 13

Autor(en)/Author(s): Bertling Markus

Artikel/Article: Ein hardground am Top eines kalkigen Tempestits im Mittleren Kimmeridge auf dem Kalkrieser Berg (Nordwestdeutschland) 7-22