

Geol. Paläont. Westf.	84	33 - 54	8 Abb. 2 Tab. 2 Taf.	Münster Dezember 2012
--------------------------	-----------	---------	----------------------------	--------------------------

Die tiefe Ober-Kreide des Haarstrangs (Frömern, Ense-Bremen) Biostratigraphie und Ablagerungsraum

Christian Linnert & Jörg Mutterlose*

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	34
Abstract	34
Schlüsselworte	35
1 Einleitung und Problemstellung	35
2 Geologischer Rahmen	36
3 Lage und Profilbeschreibung	37
3.1 Frömern	37
3.2 Ense-Bremen	38
4 Material und Methoden	39
5 Befunde	39
5.1 Biostratigraphie	39
5.2 Karbonatgehalt	42
5.3 Diversität	42
5.4 Palökologie	42
6 Diskussion des Ablagerungsraumes	45
6.1 Frömern	45
6.2 Ense-Bremen	46
7 Zusammenfassung	46
8 Taxonomischer Index	47
9 Literatur	49

* Anschrift der Verfasser:
Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum, BRD. E-mail: joerg.mutterlose@rub.de

Kurzfassung

In zwei ehemaligen Steinbrüchen am Haarstrang südöstlich von Unna sind marine Sedimente des Cenomans und z. T. auch des Turons (Oberkreide) erschlossen. Das 3m mächtige Profil in Frömern umfasst die Essen Grünsand-Formation, die Brochterbeck-Formation (beide Cenoman) und die Büren-Formation (Turon). Der Aufschluss in Ense-Bremen dokumentiert eine 7m mächtige Kreideabfolge, die der Essen Grünsand-Formation und der Baddeckenstedt-Formation (beide Cenoman) angehört. Aus beiden Profilen wurden Proben mikropaläontologisch auf ihren Gehalt an kalkigen Nannofossilien untersucht.

Das Profil in Frömern ist durch moderat gut erhaltene und mäßig artenreiche Vergesellschaftungen gekennzeichnet, während die Erhaltung der kalkigen Nannofossilien im Aufschluss Ense-Bremen schlecht bis sehr schlecht ist. In den 16 Proben des Aufschlusses Frömern wurden insgesamt 88 Arten beobachtet, im Profil Ense-Bremen konnten in den 23 bearbeiteten Proben hingegen nur 68 Arten nachgewiesen werden.

Die cenomanzeitlichen Sedimente von Frömern lassen sich aufgrund der Indexart *Lithraphidites acutus* (Biozone UC3) in das Ober-Cenoman einordnen, während die jüngeren Sedimente mit Hilfe von *Quadrum gartneri* dem Unter-Turon (Biozone UC7) zugeordnet wurden. In Frömern sind die häufigsten Taxa bei den kalkigen Nannofossilien *Watznaueria* spp. (32,2%), *Biscutum* spp. (16,5%), *Zeugrhabdotus* spp. (11,7%), *Tranolithus orionatus* (8,7%) und *Prediscosphaera* spp. (8,6%). Die Nannofossilvergesellschaftungen von Frömern ähneln stark den pelagischen Assoziationen des ca. 100km weiter nordwestlich liegenden Profils Wunstorf (bei Hannover). Diese Befunde implizieren, dass in Frömern der Eintrag von Nährstoffen vom nahen Festland eher gering gewesen sein muss.

Durch das Auftreten der Leitform *Staurolithites glaber*, sowie das Fehlen von *Lithraphidites acutus* lässt sich der untersuchte Teil des Profils Ense-Bremen in das Unter- bis Mittel-Cenoman datieren (Biozone UC1-UC2). In Ense-Bremen ist die Nannofossilvergesellschaftung stark diagenetisch überprägt. Die deutlich niedrigere Diversität (durchschnittlich 31 Arten/Probe, in Frömern durchschnittlich 45 Arten/Probe) zeigt, dass große Teile der Nannofossilien durch Lösung verloren gegangen sind. In Ense-Bremen sind die häufigsten Taxa *Watznaueria* spp. (48,3%), *Biscutum* spp. (15,5%), *Tranolithus orionatus* (14,8%) und *Zeugrhabdotus* spp. (8,6%).

Abstract

Two sedimentary successions of Cenomanian and in one case early Turonian age are documented from former quarries of the Haarstrang southeast of Unna (Frömern and Ense-Bremen). The 3m thick Frömern section exposes the Essen Grünsand-Formation, the Brochterbeck-Formation (Cenomanian) and the Büren-Formation (Turonian). In Ense-Bremen a 7m thick sedimentary sequence crops out, which can be attributed to the Essen Grünsand-Formation and the Baddeckenstedt-Formation (Cenomanian). Samples from both outcrops have been investigated with respect to their contents in calcareous nannofossils.

The samples of the Frömern section are characterised by moderately preserved, diverse calcareous nannofossil assemblage, whereas the preservation is poor in the samples from Ense-Bremen. A total of 88 nannofossil species have been encountered in the 16 samples studied from Frömern, only 68 species are recorded from the 23 samples from Ense-Bremen.

The lowermost part of the succession exposed in Frömern has been dated as late Cenomanian (biozone UC3) due to the presence of *Lithraphidites acutus*, followed by sediments of early Turonian age, based on the occurrence of *Quadrum gartneri* (biozone UC7). The nannofossil assemblages in Frömern are dominated by *Watznaueria* spp. (32,2%), *Biscutum* spp. (16,5%), *Zeugrhabdotus* spp. (11,7%), *Tranolithus orionatus* (8,7%) and *Prediscosphaera* spp. (8,6%). The composition of the Frömern assemblages is similar to that of the pelagic associations observed in the Wunstorf section (near Hannover) approximately 100km further northeast, implying thereby only a weak nutrient input from the nearby landmass.

The presence of the marker species *Staurolithites glaber* and the absence of *Lithraphidites acutus* give all samples from Ense-Bremen an Early to Middle Cenomanian age (biozone UC1-UC2). In Ense-Bremen, however, the nannofossil assemblages are heavily altered by diagenesis. The species richness in the Ense-Bremen samples (mean 31 species/sample compared to 45 species/sample in Frömern) is low and suggests, that large parts of the assemblages are missing due to dissolution. The most common taxa in

Ense-Bremen are *Watznaueria* spp. (48,3%), *Biscutum* spp. (15,5%), *Tranolithus orionatus* (14,8%) and *Zeugrhabdotus* spp. (8,6%).

Schlüsselworte: Oberkreide – Cenoman – Turon – randlich marin – kalkige Nannofossilien – Paläoozeanographie – Haarstrang

1 Einleitung und Problemstellung

In der Oberkreide verlief die südliche Küstenlinie des Münsterländer Beckens etwa in West- Ostrichtung südlich einer Linie Duisburg – Mühlheim – Bochum – Anröchte. Eine Reihe von gut dokumentierten Tagesaufschlüssen (Mühlheim Kassenberg, Bochum Geologischer Garten, Frömern, Ense-Bremen) erschliessen hier die küstennahe Randfazies mit Grünsanden des Cenoman (Essen Grünsand) und Kalkmergeln des Turon (Büren-Formation). Diese Abfolgen lagern hier direkt auf verfalteten Sedimenten des Ober-Karbon. Die Aufschlüsse erlauben einen ausgezeichneten Einblick in den Ablauf der cenoman- und turonzeitlichen Transgression.

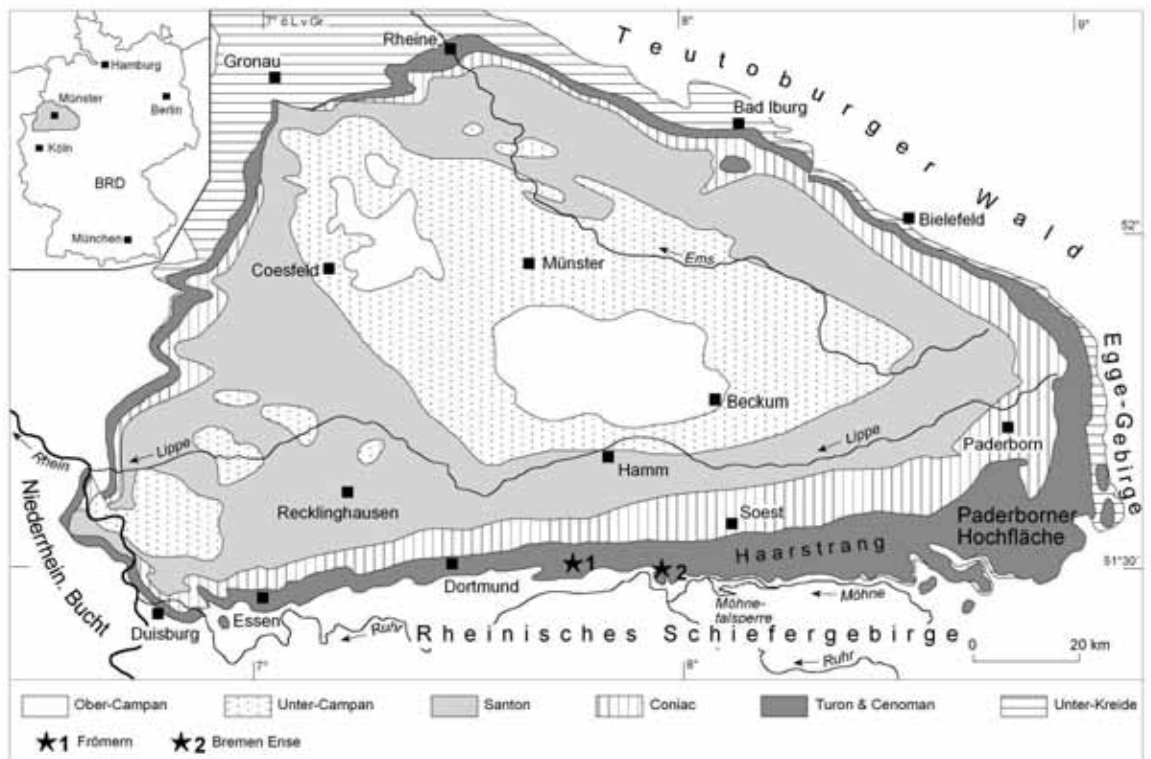


Abb. 1: Geologische Karte des Münsterlandes mit Lage der hier bearbeiteten Profile Frömern (1) und Ense-Bremen (2).

In den beiden Aufschlüssen Frömern und Ense-Bremen, südöstlich von Unna am Haarstrang gelegen, überlagert eine mehrere Meter mächtige Abfolge oberkreidezeitlicher Grünsande und Kalkmergel des Cenoman, in Frömern auch des Turons die Sandsteine des Ober-Karbons. Diese bereits in früheren Studien gut dokumentierten kreidezeitlichen Abfolgen (z.B. HISS, 1982a, b; HISS et al., 2008) wurden lithologisch aufgenommen, beprobt und mikropaläontologisch bearbeitet. Ziel der Studie ist es, ökologische Informationen über die Zusammensetzung der kalkigen Nannofossilien aus der Essen Grünsand-Formation, der Brochterbeck-Formation und der Büren-Formation dieses randlich marinen Ablagerungssystem zu erhalten. Die 39 ausgewerteten Proben zeigen relativ artenarme, aber z.T. hoch abundante Assoziationen.

2 Geologischer Rahmen

Die beiden hier bearbeiteten Ober-Kreideaufschlüsse Frömern und Ense-Bremen liegen regionalgeologisch im südlichen Teil des Münsterländer Kreidebeckens im Haarstrang (Abb. 1). Dieser ca. 200 – 250m hohe Bergrücken, der aus verwitterungsresistenten Kalken des Cenoman und Turon besteht, bildet den Südrand des Münsterländer Beckens.

Einer Festlandsphase in der Unter-Kreide folgend, wurde das Münsterland seit dem Mittel-Alb marin geprägt. Die bis in das Turon andauernde Transgressionsphase überflutete das gesamte Münsterland, das sich zu einem epikontinentalen Flachmeer entwickelte. Die sich anschließende Beckenentwicklung, die vom Mittel-Coniac bis zum Ober-Santon andauerte, war durch die Inversion des sich nördlich anschließenden Niedersächsischen Tektogens bedingt. In dieser Zeit tiefte sich das Becken, besonders im östlichen Münsterland im Bereich der Vorosning-Senke, stark ein und die mächtige Abfolge der Emscher Formation kamen zur Ablagerung. Im weiteren Verlauf (Ober-Santon – Campan) intensivierten sich die inversionsbedingten Bewegungen und es kam zu einer langsamen Verflachung des Ablagerungsraumes. Dabei wurde das Münsterländer Kreidebecken in kleinräumige Becken- und Schwellenregionen gegliedert, turbiditische Schüttungen und subaquatische Rutschungen waren die Folge. Zu Beginn des Maastricht wurde das Münsterländer Kreidebecken erneut zum Festland. Eine eingehendere Darstellung der Entwicklung des Münsterländer Kreidebeckens geben HISS (1995), HISS et al. (2008) sowie MUTTERLOSE & WILMSEN (2008).

Die marinen Sedimente des Cenoman und Turon, die den Haarstrang aufbauen, liegen in Frömern und Ense-Bremen diskordant Sedimenten des Ober-Karbons auf (Abb. 2). In diesen Aufschlüssen sind die Sedimente in einer randlich marinen Fazies als glaukonitische Grünsande (Essen Grünsand-Formation; Cenoman) und als Kalkmergel (Büren-Formation; Turon) ausgebildet. Von Norden her kommend transgredierte das Cenomanmeer auf einer karbonzeitlichen Landoberfläche mit einem kretazischen Paläorelief von ~9m Höhenunterschied in Frömern. Die Südgrenze der ehemaligen Verbreitung der Ober-Kreide Sedimente lag jedoch wohl etwas weiter südlich, die heutige südliche Verbreitungsgrenze kann als Erosionsgrenze angesehen werden (BÄRTLING, 1923).

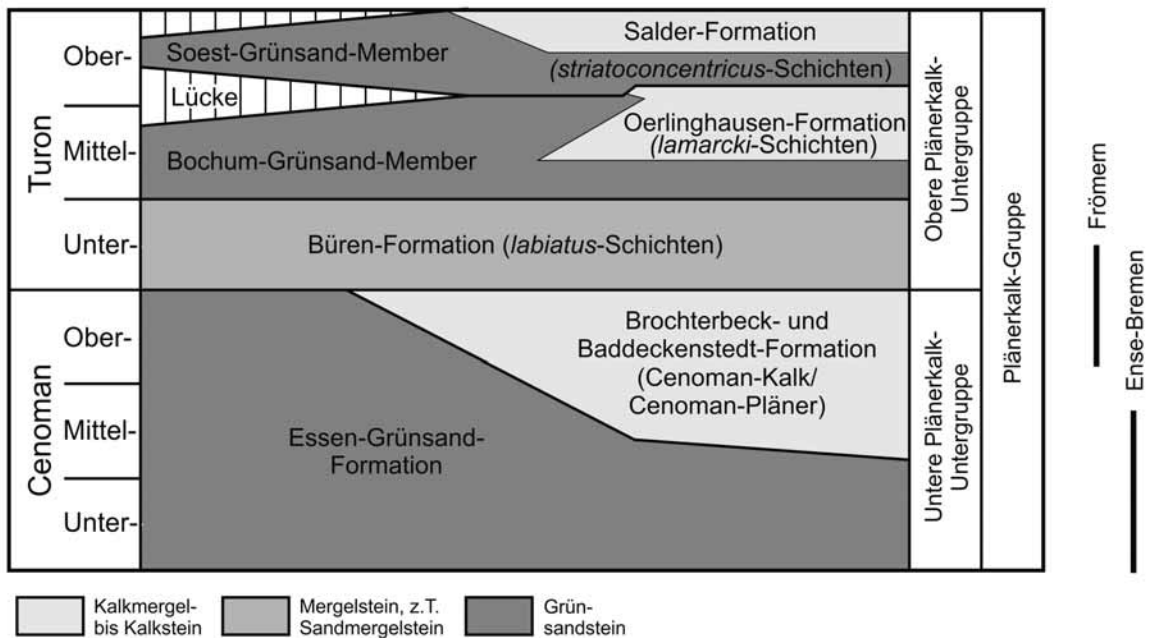


Abb. 2: Stratigraphische Tabelle mit den lithologischen Einheiten der tiefen Ober-Kreide und Reichweite der bearbeiteten Profile (HISS et al., 2008).

3 Lage und Profilbeschreibung

3.1 Frömern

Die drei aufgelassenen, aber noch gut zugänglichen Steinbrüche liegen an der Straße Frömern - Ostbüren (N 51° 30'31.9", E 7° 45'17.1"; vgl. Abb. 1). Detaillierte Beschreibungen jüngeren Datums dieser regionalgeologisch wichtigen Aufschlüsse geben HISS (1982a, 1982b) und HISS et al. (2008).

In den Steinbrüchen ist im tiefen Teil ein dickbankiger Sandstein erschlossen, der insbesondere im Nordwesten des Aufschlussareals deutliche Schrägschichtungen erkennen lässt. Lithostratigraphisch lässt sich der Sandstein dem Oberkarbon (Namur B) zuordnen. Der Karbon-Sandstein bildete bei der Transgression im Cenoman eine Untiefe oder Klippe, die während des gesamten Cenoman Bestand hatte und erst im Unter-Turon mit Sedimenten der Büren-Formation überdeckt wurde. Vom Fuß der Karbonklippe im nordwestlichen Steinbruch bis zum Klippentop im südöstlichen Bruch ist über ca. 200m ein kontinuierlicher Anstieg der Karbonoberfläche zu beobachten, bei einem gleichzeitigen Ausdünnen der Kreidesedimente.

Im nordwestlichen Steinbruch ist am Fuß der Sandstein-Klippe ein Kreide-Profil mit etwa 2,3m mächtigem Cenoman und einigen Dezimetern Unter-Turon aufgeschlossen (vgl. Abb. 3). Dieses Profil, das lateral rasch schwankende Mächtigkeiten zeigt, wurde für diese Studie aufgenommen, beprobt und auf kalkige Nannofossilien bearbeitet. Gegenüber vollständigeren Profilen im südöstlichen Teil des Münsterländer Kreide-Beckens, wo das Cenoman 50m und mehr erreicht, ist hier nur eine stark kondensierte und lückenhafte Schichtenfolge entwickelt (für Details vgl. HISS, 1982a, 1982b; HISS et al., 2008). Die ca. 1,3m mächtige Essen Grünsand-Formation (Schicht 100, 7 Proben), die mit einem Transgressionskonglomerat beginnt, setzt sich mit glaukonitischen Sand- und Sandmergelsteinen fort und wird von einem glaukonitischen, teils sandigen Kalkmergelstein abgeschlossen. Es folgt in ebenfalls stark kondensierter Abfolge die ca. 1m mächtige Brochterbeck-Formation (Schicht 101, 6 Proben), eine Wechselfolge von Mergelkalksteinen mit dünnen Mergelstein-Zwischenlagen. Den Abschluss des Profils bilden >0,8m mächtige hellgraue bis grünlichgraue Mergelsteine der Büren-Formation des Unter-Turon (Schicht 102, 3 Proben).



Abb. 3: Aufschluss Frömern (nordwestlicher Bruch) mit den untersuchten lithofaziellen Einheiten. 99= Karbon, 100= Essen Grünsand-Formation, 101= Brochterbeck-Formation, 102= Büren-Formation.



Abb. 4: Aufschluss Ense-Bremen (Ostwand) mit den untersuchten lithofaziellen Einheiten. 99= Karbon, 100, 101= Essen Grünsand-Formation, 102= Baddeckenstedt-Formation. Die Zahlen in den einzelnen Schichten entsprechen den Probennummern. Die Proben 100*/1, 100*/2 und 100*/3 stammen aus der Südwand, die hier nicht dargestellt ist.

3.2 Ense-Bremen

Der 2010 frisch aufgewältigte Steinbruch befindet sich am westlichen Ortseingang von Ense-Bremen östlich der Kläranlage (N 51° 30'14.7", E 7° 56'55.1"; vgl. Abb. 1). Über einer steilgestellten, dickbankigen Sandsteinsteinsfolge, die dem Oberkarbon (Namur; Arnsberg-Formation) zuzuordnen ist, folgt diskordant eine ca. 7m mächtige Grünsandstein- und Kalkmergelfolge der tiefen Oberkreide (Cenoman).

Der 2,4 - 2,8m mächtige untere Abschnitt der horizontal lagernden Oberkreideabfolge (Abb. 4) kann lithostratigraphisch der Essen Grünsand-Formation zugeordnet werden. Diese lässt sich aufgrund ihrer wechselnden Glaukonitführung in einen unteren 1 - 1,4m mächtigen Grünsandmergel (Schicht 100, 14 Proben) und einen höheren 1,4m mächtigen glaukonitischen Kalkmergel (101, 7 Proben) gegliedern. Der glaukonitreiche Grünsandmergel, der dem Karbon undulös aufliegt, ist in unterschiedlichen Verwitterungszuständen erschlossen. In dem frischen Anschnitt auf der Südseite des Aufschlusses wurden die Proben 100*/1, 100*/2 und 100*/3 in 5cm Abständen direkt über dem Karbonsandstein entnommen. Proben 100/1 – 100/11 stammen hingegen aus dem stärker verwitterten Grünsand der Ostseite des Profils. Der glaukonitische Kalkmergel, der durch eine nach oben abnehmende Glaukonitführung gekennzeichnet ist, wird seinerseits überlagert von einer mindestens 4m mächtigen, glaukonitfreien Kalkmergelwechselfolge (102, 2 Proben). Diese Einheit, die der Baddeckenstedt-Formation entspricht, besteht aus z. T. intensiv bioturbierten Kalkmergeln und Mergelkalken, in denen Flinte vorkommen.

4 Material und Methoden

Im Profil Frömern wurden im nordwestlichen Aufschluss aus der 3,1m mächtigen Grünsandstein- und überlagernden Kalkmergelfolge 16 Proben entnommen. Alle Proben wurden auf ihren Gehalt an kalkigen Nannofossilien untersucht. Aus dem Profil Ense-Bremen wurden insgesamt 23 Proben aus der Essen Grünsandstein- und der Baddeckenstedt-Formation, die über dem Karbonsandstein liegt, auf Nannofossilien hin untersucht.

Die Herstellung einfacher Schmierpräparate folgte der Standardtechnik nach BOWN & YOUNG (1998). Mit Hilfe dieser Schmierpräparate wurde die Erhaltung und die Häufigkeit kalkiger Nannofossilien geschätzt. Nur Proben mit mäßig bis guter Erhaltung wurden für die weitere Bearbeitung ausgesucht (16 Proben aus Frömern; 13 Proben aus Ense-Bremen). Von diesen 29 Proben wurden sogenannte Settling-Präparate nach der Methode von GEISEN et al. (1999) hergestellt. Das Settling-Verfahren erlaubt eine genaue Bestimmung der absoluten Abundanz kalkiger Nannofossilien. Außerdem sind die Partikel in Settling-Präparaten gleichmäßig verteilt, so dass die Auszählung der Nannofossilien erleichtert wird. Die Untersuchung der Proben erfolgte unter gekreuzten Polarisatoren bei 1.250-facher Vergrößerung an einem OLYMPUS BH-2 Polarisationsmikroskop. Die stratigraphische Einordnung sowie die taxonomische Zuordnung erfolgte nach PERCH-NIELSEN (1985) und BURNETT (1998). Weitere zur Bearbeitung herangezogene Arbeiten sind dem taxonomischen Index (Kap. 8) zu entnehmen. Eine Charakterisierung des Erhaltungszustands der Nannofossilien wurde nach visuellen Kriterien (Anlösung, Überwachsung) vorgenommen (ROTH & THIERSTEIN, 1972; ROTH, 1983). Die Diversitäts Indizes (Heterogenität, Gleichförmigkeit) wurden mit Hilfe der Statistiksoftware MVSP 3.1 berechnet. Die Schmier- und Settling-Präparate werden in der Sammlung des Instituts für Geologie, Mineralogie und Geophysik der Ruhr-Universität Bochum aufbewahrt. Der Karbonatgehalt der einzelnen Proben wurde mit Hilfe der Karbonatbombe nach der Methode von MÜLLER & GASTNER (1971) bestimmt.

5 Befunde

5.1 Biostratigraphie

Zur biostratigraphischen Einteilung der Profile Frömern und Ense-Bremen wird die UC-Zonierung (Upper Cretaceous) von BURNETT (1998) verwendet, diese basiert auf dem Erstaufreten (EA) und Letztaufreten (LA) der verschiedenen Leitarten.

Frömern: In den cenomanzeitlichen Proben (100/1 bis 100/7, 101/1 bis 101/6; Essen Grünsand-Formation, Brochterbeck-Formation) des Profils Frömern (Abb. 5) wurden die folgenden Leitarten nachgewiesen: *Axopodorhabdus albianus* (LA Top von UC5a; Taf. 1, Fig. 19), *Corollithion kennedyi* (LA Top von UC3d; Taf. 1, Fig. 18) und *Lithraphidites acutus* (EA Basis von UC3; Taf. 2, Fig. 14). Bis zur Probe 100/3 wurde auch *Staurolithites gausorhetium* (LA Top von UC3b; Taf. 1, Fig. 4) angetroffen. Insgesamt lassen sich die Proben 100/1 bis 101/6 anhand der kalkigen Nannofossilien in das Ober-Cenoman einordnen. In den Proben 102/1 bis 102/3 (Büren-Formation) wurden die folgenden Leitarten beobachtet: *Eprolithus octopetalus* (EA in UC6a; Taf. 2, Fig. 18), *Eprolithus eptapetalus* (EA Basis von UC6b; Taf. 2, Fig. 16) und *Quadrum gartneri* (EA Basis von UC7; Taf. 2, Fig. 19). Damit können diese Proben in das Unter-Turon eingestuft werden. Die Befunde belegen, dass der engere Cenoman/Turon-Grenzbereich (Biozonen UC3e – UC6) innerhalb eines Hiatus liegt.

Ense-Bremen: Im Profil Ense-Bremen haben alle 13 Proben, die näher untersucht wurden, ein Cenomanalter. Es konnten folgende Leitarten beobachtet werden: *Corollithion kennedyi* (EA Basis von UC1) und *Gartnerago segmentatum* (ab Probe Bremen 100/3; EA Basis von UC2; Taf. 2, Fig. 13), *Gartnerago theta* (LA Top von UC3a), *Staurolithites gausorhetium* (LA Top von UC3b), *Staurolithites glaber* (LA in UC1d). Die Leitform für das Ober-Cenoman, *Lithraphidites acutus*, fehlte in allen Proben. Somit sind die hier bearbeiteten Proben aus den Schichten 100, 101 und 102 älter, sie können damit in das Unter- bis Mittel-Cenoman eingeordnet werden.

Frömern

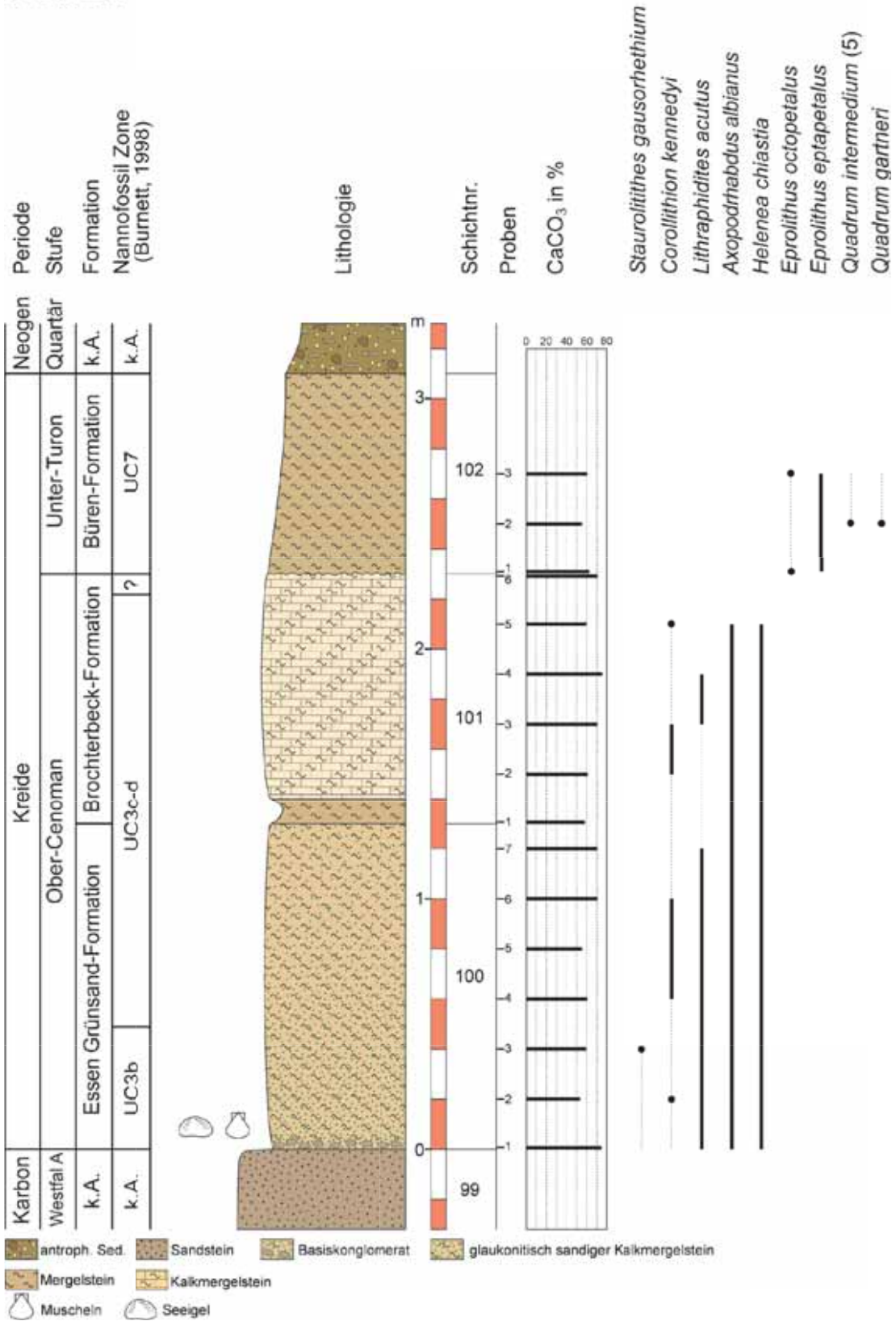


Abb. 5: Lithologie, Biostratigraphie und Karbonatwerte des Profils Frömern.

Ense-Bremen

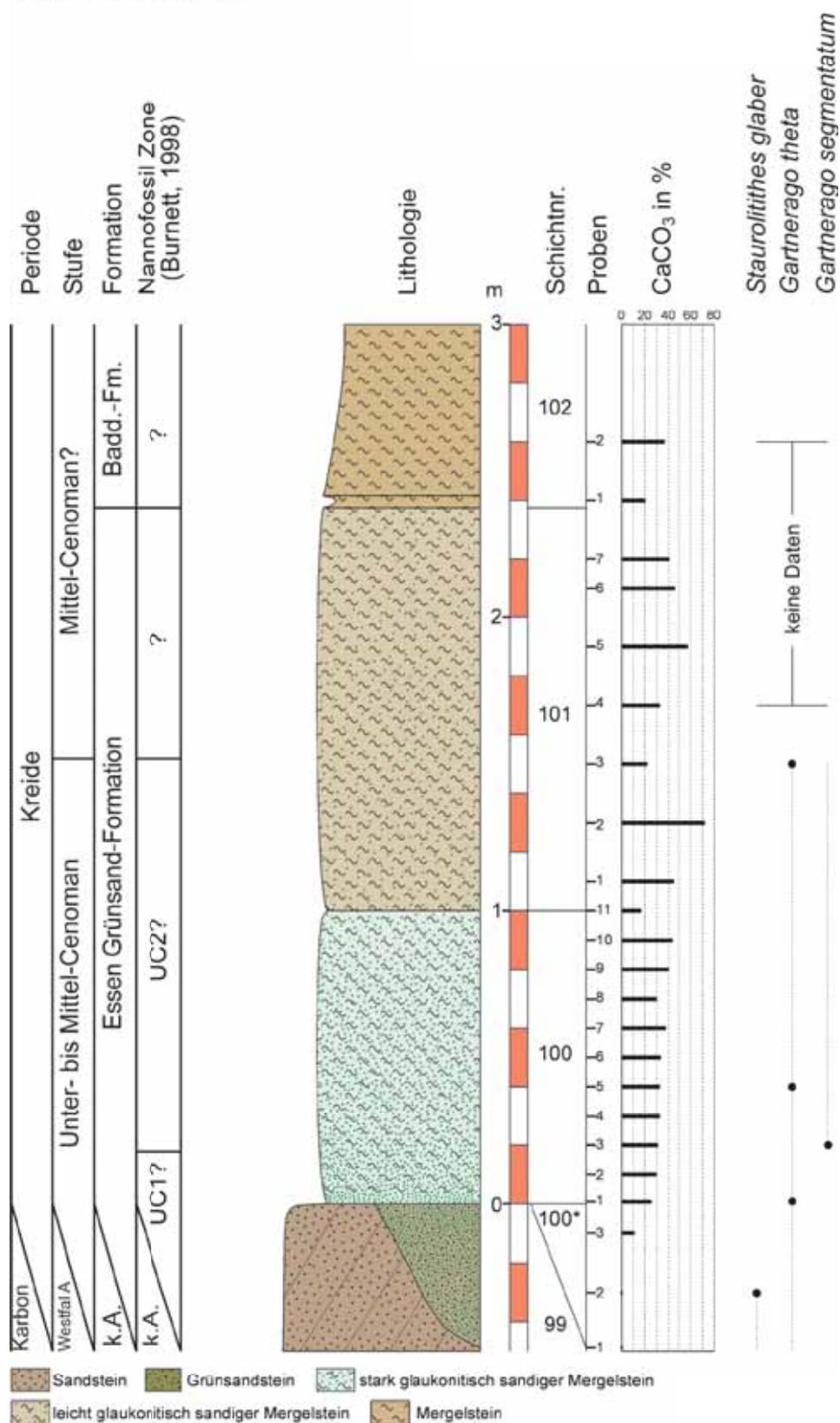


Abb. 6: Lithologie, Biostratigraphie und Karbonatwerte des Profils Ense-Bremen.

5.2 Karbonatgehalt

Frömern: Der Karbonatgehalt reicht in der Essen Grünsand-Formation des Profils Frömern von 53,5% (Probe 100/2) bis 75,0% (Probe 100/1). In der Brochterbeck-Formation liegt der Karbonatgehalt dann zwischen 58,1% (Probe 101/1) und 75,5% (Probe 101/4), in der turonzeitlichen Büren-Formation variiert der Karbonatgehalt zwischen 60,5% (Probe 102/3) und 65,0% (Probe 102/2).

Ense-Bremen: In den 23 Proben aus Ense-Bremen liegt der Karbonatgehalt deutlich unter den Werten von Frömern. In der Essen Grünsand-Formation (Schichten 100, 101) reicht der Karbonatgehalt von 0% (Proben 100*/1) bis 72,2% (Probe 101/2). In der Baddeckenstedt-Formation (Schicht 102) schwankt der Karbonatgehalt von 20,5% (Probe 102/2) bis 40,5% (Probe 102/1). Die vollständigen Ergebnisse der Messungen sind in Tab. 1 sowie in Abb. 5, 6 zusammengefasst.

5.3 Diversität

Frömern: Im Profil Frömern wurden insgesamt 88 Arten kalkiger Nannofossilien nachgewiesen, 19 Arten wurden in allen und 4 weitere Arten wurden in 15 der 16 Proben beobachtet. Demgegenüber waren 26 Arten nur in drei oder weniger Proben nachweisbar. Die Anzahl der Arten variiert zwischen 37 (Probe 101/1) und 52 Arten (Probe 102/3), die durchschnittliche Diversität beträgt 45 Arten je Probe. Die Heterogenität (Shannon-Index) berücksichtigt die statistische Häufigkeit einzelner Arten. Eine Vergesellschaftung mit vielen gleich häufigen Spezies ist heterogener, als wenn diese nur von einer oder zwei Arten dominiert wird. Im Profil Frömern schwankt die Heterogenität zwischen 2,2 (Probe 100/3) und 2,7 (Probe 102/3). Ähnlich der Heterogenität berücksichtigt auch die Gleichförmigkeit (Evenness) die Verteilung der Arten in der Vergesellschaftung; ein Wert von 0 entspricht einer monospezifischen Vergesellschaftung, während ein Wert von 1 auf eine hoch diverse Vergesellschaftung hinweist, in der jede Art gleich häufig vorkommt. Im Profil Frömern reicht die Gleichförmigkeit von 0,64 (Probe 100/3) bis 0,75 (Probe 102/3). Die Absoluthäufigkeit schwankt zwischen $125,4 \cdot 10^6$ (Probe 100/7) und $1004,6 \cdot 10^6$ (Probe 101/3) Individuen/g Sediment (Tab. 1, Abb. 7), durchschnittlich sind es $524,7 \cdot 10^6$ Individuen/g Sediment.

Ense-Bremen: In den 13 näher untersuchten Proben des Profils Ense-Bremen wurden insgesamt 68 Arten kalkiger Nannofossilien nachgewiesen, jedoch nur 7 in allen und 4 weitere in 12 der 13 Proben. In Ense-Bremen waren 27 Arten in drei oder weniger Proben nachweisbar. Die Artenzahl variiert zwischen 16 (Probe 100/6) und 48 Arten (Probe 100*/1) durchschnittlich sind es 31 Arten pro Probe. Die Heterogenität reicht von 1,2 (Probe 100/8) bis 2,5 (Probe 100*/1). Die Gleichförmigkeit liegt zwischen 0,39 (Probe 100/8) und 0,69 (Probe 100*/1). Die Absoluthäufigkeit ist mit Werten zwischen $11,6 \cdot 10^6$ (Probe 100/9) und $65,9 \cdot 10^6$ (Probe 100*/3) Individuen/g Sediment (Tab. 1, Abb. 8) deutlich niedriger als in Frömern, im Durchschnitt sind es dort $35,9 \cdot 10^6$ Individuen/g Sediment.

5.4 Palökologie

Frömern: Innerhalb der kalkigen Nannofossilien des Profils Frömern stellen nur drei Taxa (*Watznaueria* spp., *Biscutum* spp., *Zeugrhabdotus* spp.) jeweils mehr als 10% der Gesamtabundanz. Zwei weitere Taxa (*Tranolithus orionatus*, *Prediscosphaera* spp.) erreichen Häufigkeiten von über 5%. Die innerhalb der Nannolithen häufigste Gruppe der Polycyclolithaceae (*Eprolithus* spp., *Quadrum* spp.) liefert nur 1,3% der Gesamtabundanz.

Es treten vier Arten der Gattung *Watznaueria* auf. *Watznaueria barnesiae* ist die mit Abstand häufigste Art innerhalb dieser Gattung. Die nächsthäufigste Art ist *Watznaueria fossacincta*, während die übrigen Arten (*Watznaueria biporta*, *Watznaueria ovata*) sehr selten sind. *Watznaueria* ist die häufigste Gattung im Profil Frömern. Ihr Anteil an der Gesamtvergesellschaftung (Mittelwert 32,2%) reicht von 26,0 (Probe 101/4) bis 39,0% (Probe 100/3).

Die Gattung *Biscutum* wird durch die sehr häufige Art *Biscutum constans* und die seltenere Art *Biscutum ellipticum* vertreten. Die durchschnittliche relative Häufigkeit von *Biscutum* beträgt 16,5%. Die Abundanz schwankt zwischen 7,4 (Probe 101/6) und 22,3% (Probe 100/4).

Es wurden acht Arten der Gattung *Zeugrhabdotus* beobachtet, wobei die Arten *Zeugrhabdotus noeliae* und *Zeugrhabdotus elegans* innerhalb der Gattung dominieren. Die übrigen Arten (*Zeugrhabdotus bicrescenticus*, *Zeugrhabdotus diplogrammus*, *Zeugrhabdotus embergeri*, *Zeugrhabdotus erectus*, *Zeugrhabdotus scutula*, *Zeugrhabdotus trivectis*) sind eher selten bis sehr selten. Die durchschnittliche relative Abundanz von *Zeugrhabdotus* entspricht 11,7%, ihr Anteil an der Gesamtvergesellschaftung schwankt zwischen 9,3 (Probe 100/7) und 16,9% (Probe 102/3).

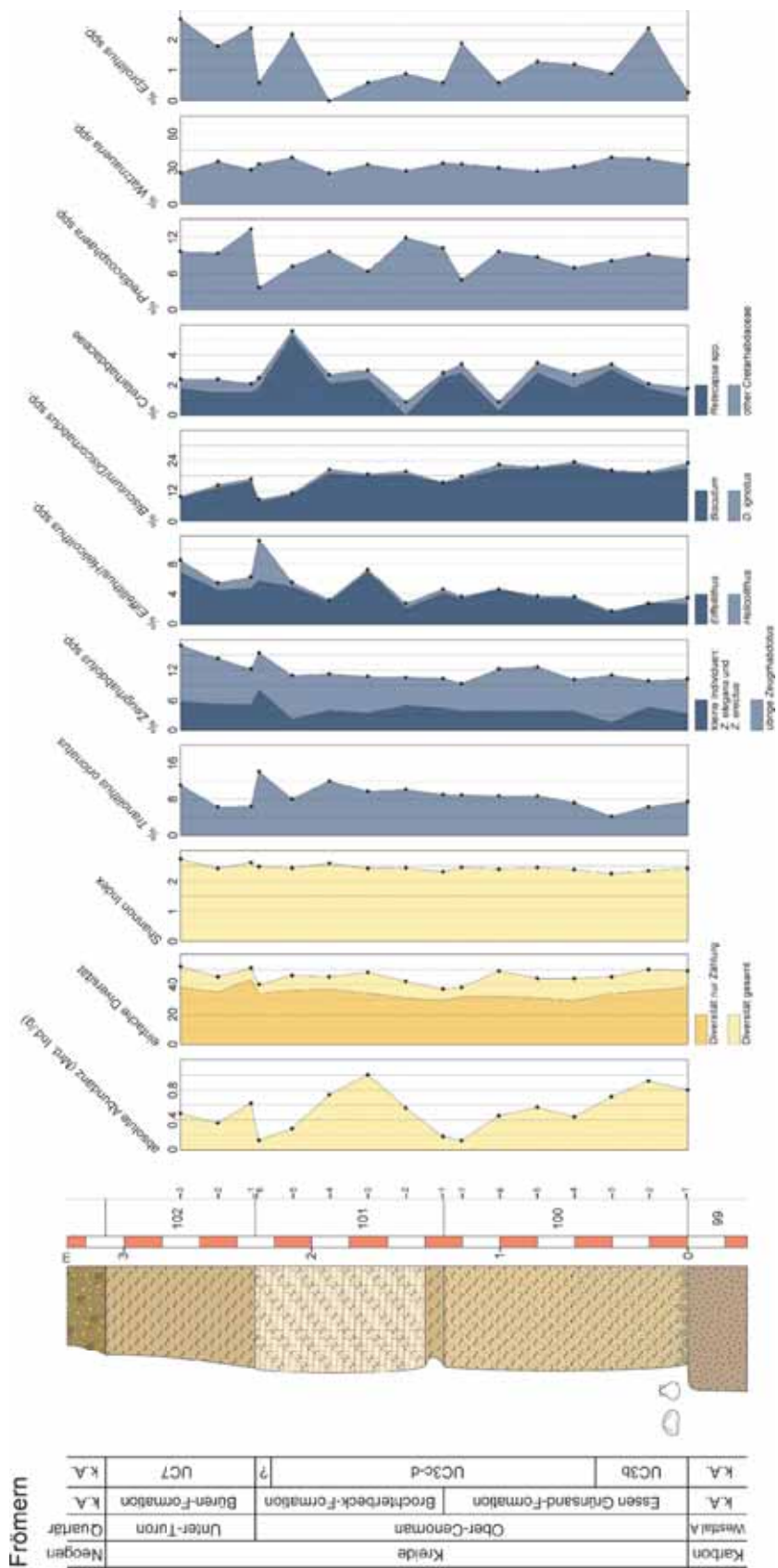


Abb. 7: Verteilungsmuster verschiedener Arten von kalkigen Nannofossilien im Profil Frömerm.

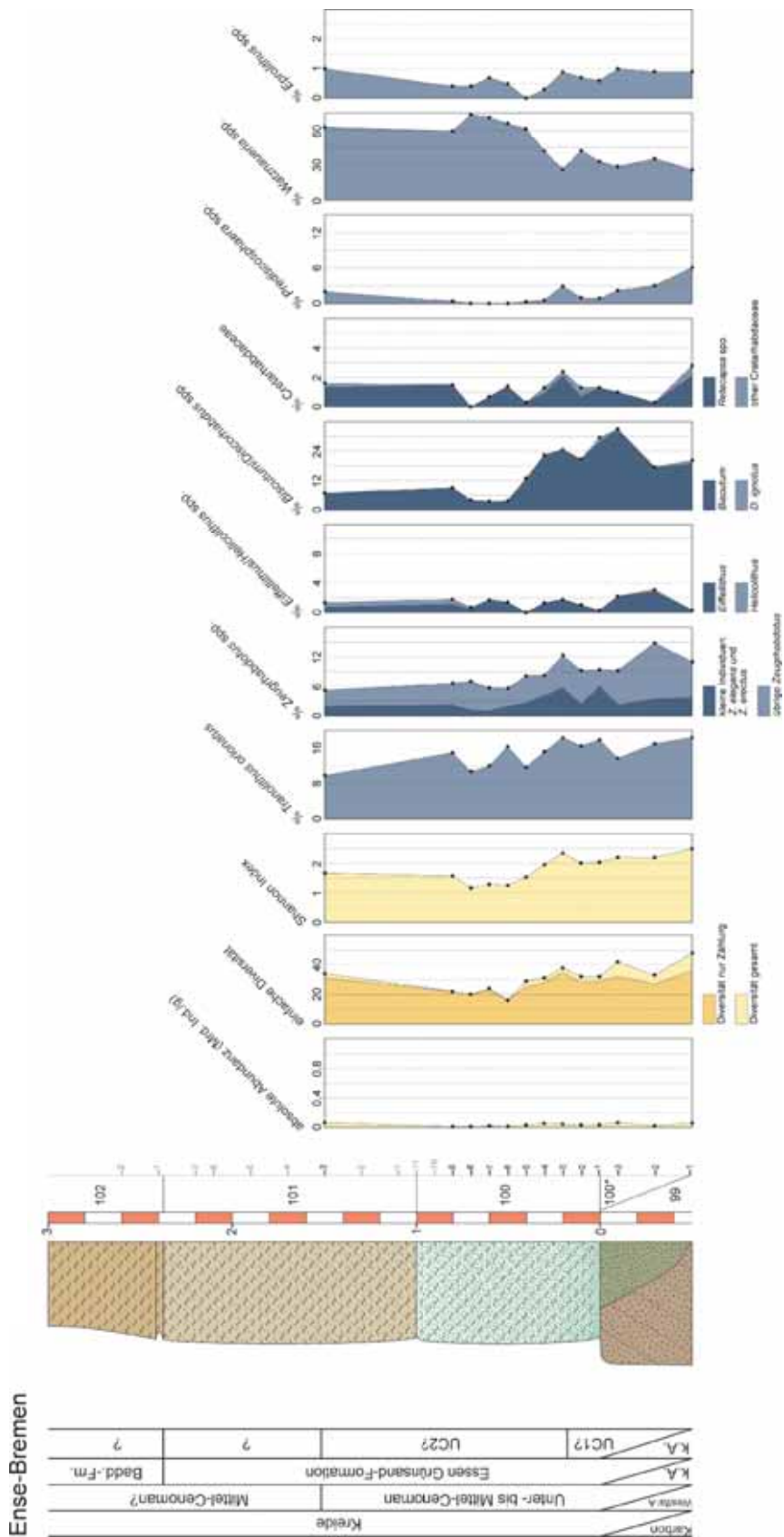


Abb. 8: Verteilungsmuster verschiedener Arten von kalkigen Nannofossilien im Profil Ense-Bremen.

Tranolithus orionatus ist mit einer durchschnittlichen relativen Häufigkeit von 8,7% die vierthäufigste Gruppe im Aufschluss Frömern. Die relative Abundanz reicht von 4,3 (Probe 100/3) bis 14,2% (Probe 101/6).

Die Gattung *Prediscosphaera* wird überwiegend durch die Art *Prediscosphaera cretacea* vertreten, *Prediscosphaera spinosa* ist nur selten anzutreffen. Die dritte Art (*Prediscosphaera* cf. *serrata*) wurde nur in einer einzigen Probe beobachtet. *Prediscosphaera* ist mit durchschnittlich 8,6% die fünfhäufigste Gattung. Ihr Anteil schwankt von 3,7 (Probe 101/6) bis 13,4% (Probe 102/1). Der vertikalen Schwankungen der relativen Abundanzen diverser Nannofossiltaxa im Profil Frömern sind in Abb. 7 dargestellt.

Ense-Bremen: Die kalkigen Nannofossilien des Profils Ense-Bremen werden durch die Taxa *Watznaueria* spp., *Biscutum* spp. und *T. orionatus* dominiert, die alle jeweils häufiger als 10% sind. Die Gattung *Zeugrhabdotus* kommt häufiger als 5% vor. Die Nannolithen der Gattung *Eprolithus* treten mit 0,6% nur selten auf.

Im Profil Ense-Bremen wurden insgesamt fünf Arten der Gattung *Watznaueria* angetroffen, wobei *W. barnesiae* die häufigste Art ist. Es folgt *W. fossacincta*, die übrigen Arten (*W. biporta*, *W. cf. britannica*, *W. ovata*) treten nur selten auf. Mit einer durchschnittlichen Abundanz von 48,3% ist *Watznaueria* die mit Abstand häufigste Gattung. Die relative Abundanz schwankt von 25,8 (Probe 100*/1) bis 73,8% (Probe 100/8).

Die häufigste Art der Gattung *Biscutum* ist *B. constans*, etwas seltener ist *B. ellipticum* anzu treffen. Ausserdem wurden noch zwei weitere sehr seltene Arten (*B. melaniae*, *B. cf. notaculum*) in Ense-Bremen beobachtet. Mit einer durchschnittlichen Häufigkeit von 15,5% ist *Biscutum* die zweithäufigste Gattung in Ense-Bremen. Die relative Abundanz dieser Gattung reicht von 3,3 (Probe 100/7) bis 32,7% (Probe 100*/3).

T. orionatus repräsentiert mit durchschnittlich 14,8% die dritthäufigste Gruppe. Die relative Abundanz dieser Art reicht von 9,8 (Probe 101/3) bis 18,4% (Proben 100*/1, 100/3).

Die Gattung *Zeugrhabdotus* spp. wird durch die beiden Arten *Z. noeliae* und *Z. elegans* dominiert. Die übrigen Arten (*Z. bicrescenticus*, *Z. diplogrammus*, *Z. embergeri*, *Z. erectus*, *Z. scutula*, *Z. trivectis*) sind nur selten anzutreffen. Die relative Abundanz von *Zeugrhabdotus* beträgt durchschnittlich 8,6%, sie reicht von 5,2 (Probe 101/3) bis 14,8% (Probe 100*/2).

6 Diskussion des Ablagerungsraumes

6.1 Frömern

Die kalkigen Nannofossilgesellschaften der cenomanzeitlichen Sedimente von Frömern zeigen große Ähnlichkeit mit gleichalten Vergesellschaftungen der Bohrung Wunstorf (LINNERT et al., 2010). Die häufigsten Taxa im Cenoman von Frömern sind *Watznaueria* spp. (32,7%), *Biscutum* spp. (17,4%), *Zeugrhabdotus* spp. (11,1%), *T. orionatus* (8,9%) und *Prediscosphaera* spp. (8,1%). Dieselben Taxa dominieren das Cenoman in Wunstorf: *Watznaueria* spp. (26,9%), *Biscutum* spp. (14,2%), *Zeugrhabdotus* spp. (9,8%), *T. orionatus* (7,4%) und *Prediscosphaera* spp. (15,6%).

Für die Taxa *Biscutum* spp., *Zeugrhabdotus* spp. (vor allem kleine Arten) und *Tranolithus orionatus* wird vermutet, dass sie eine Affinität zu hohen Nährstoffgehalten hatten (ROTH & KRUMBACH, 1986; WATKINS, 1989; ERBA, 1992; ERBA et al., 1992; MUTTERLOSE et al., 2005; LINNERT & MUTTERLOSE, 2008; TIRABOSCHI et al., 2009; LINNERT et al., 2011). Die Häufigkeit dieser nährstoffliebenden Taxa im Cenoman des Profils Frömern ist mit 37,4% geringfügig höher als im Cenoman der Bohrung Wunstorf (31,4%). Andererseits hatte *Watznaueria* spp. wahrscheinlich eine Affinität zu offen ozeanischen Lebensräumen, möglicherweise in Verbindung mit niedrigen Nährstoffgehalten (ERBA et al., 1992; WILLIAMS & BRALOWER, 1995; WATKINS et al., 1996; KESSELS et al., 2003; BORNEMANN et al., 2005). *Watznaueria* spp. ist geringfügig häufiger im Cenoman von Frömern zu finden, als in Wunstorf. Die geringen Unterschiede in der Zusammensetzung der cenomanzeitlichen Nannofossilgesellschaften beider Lokalitäten deuten darauf hin, dass dort ähnliche Paläoumweltbedingungen während des Cenomans geherrscht haben. Dabei ist aber anzumerken, dass gemäß der paläogeographischen Rekonstruktionen (z. B. VOIGT et al., 2004, 2008) Wunstorf mehr als 100km von der Küste entfernt lag, während Frömern eine relativ küstennahe Position einnahm.

Vergleicht man die turonzeitlichen Nannofossilgesellschaftungen von Frömern (küstennah) mit denen aus Wunstorf (küstenfern) und Bochum (küstennah; LINNERT & MUTTERLOSE, 2012) so liegt für Frömern der Anteil der nährstoffliebenden Taxa (*Biscutum* spp., *T. orionatus*, *Zeughrabdotus* spp.) mit 35,1% zwischen den Werten von Wunstorf (30,7%) und Bochum (39,4%). Bei dem Anteil der pelagischen Gattung *Watznaueria* spp. entsprechen die turonzeitlichen Nannofossilgesellschaftungen von Frömern (30,2%) eher denen von Wunstorf (27,9%) als den extrem küstennahen Vergesellschaftungen von Bochum (15,7%).

Die hier bearbeiteten cenoman- und die turonzeitlichen Nannofossilgesellschaftungen implizieren also eher pelagische als küstennahe Bedingungen für Frömern (*Watznaueria* spp. > 30%, Nährstofftaxa ähnlich wie Wunstorf). Vermutlich lag Frömern nicht ganz so dicht an der Küste wie das Profil Glockengarten (Bochum), dessen Nannofossilgesellschaftung klare Unterschiede zu der des offenen ozeanischen Wunstorf aufweist. Alternativ könnte der hohe Nährstoffeintrag in Bochum (Profil Glockengarten) auf ein nahes Flussdelta hinweisen.

Hohe Abundanzen von *Watznaueria* sind jedoch auch ein Indikator für schlechte Erhaltung und Lösung (THIERSTEIN, 1980, ROTH & KRUMBACH, 1986). Ein Vergleich der durchschnittlichen Heterogenitäten der Profile Frömern (2,45), Wunstorf (2,50 Cenoman; 2,56 Turon) und Bochum (2,94) zeigt, dass die Nannofossilgesellschaftungen in Frömern und Wunstorf ähnlich divers, die Vergesellschaftungen in Bochum jedoch höher divers sind. Damit könnte der hohe Anteil von *Watznaueria* spp. in Frömern und in Wunstorf mit der schlechteren Erhaltung der kalkigen Nannofossilien an beiden Lokalitäten zusammenhängen.

6.2 Ense-Bremen

In Ense-Bremen ist der Anteil der lösungsresistenten Gattung *Watznaueria* (THIERSTEIN, 1980) mit durchschnittlich 48,3% noch deutlich größer als in Frömern. Gemäß ROTH & KRUMBACH (1986) deutet ein Anteil dieser Gattung von mehr als 40% auf eine starke diagenetische Überprägung der Nannofossilgesellschaftung hin. Diese diagenetische Überprägung lässt sich an der deutlich niedrigeren Diversität in den Proben von Ense-Bremen (31 Arten/Probe) im Vergleich zu den Proben von Frömern (45 Arten/Probe) erkennen. Des Weiteren ist die absolute Abundanz an Nannofossilien in Ense-Bremen mit durchschnittlich $35,9 \cdot 10^6$ Individuen/g Sediment wesentlich niedriger als in Frömern ($524,7 \cdot 10^6$ Individuen/g Sediment). Würde man in Frömern also von einer vollständig erhaltenen Nannofossilgesellschaftung ausgehen, so würden im Vergleich zu dieser in Ense-Bremen über 90% der Nannofossilien gelöst sein.

Es zeigt sich jedoch in einzelnen Proben des Profils Ense-Bremen, dass die relative Abundanz der nährstoffliebenden Gattung *Biscutum* (bis zu 32%) die des Profils Frömern (maximal 22%) übersteigt. Dabei ist anzumerken, dass *Biscutum* eine lösungsanfällige Gattung ist (THIERSTEIN, 1980), deren Anteil bei starker Diagenese eher sinken würde. Eine höhere relative Abundanz an *Biscutum* spp. impliziert, dass der Nährstoffeintrag in Ense-Bremen stärker gewesen sein muss, als in Frömern. Möglicherweise lag also Ense-Bremen näher an der cenomanzeitlichen Küste. Allerdings ist anzumerken, dass die hohen Anteile an *Biscutum* spp. nur in einzelnen Proben des Unter- bis Mittel-Cenomaniums nachgewiesen wurden. In den Schichten nahe des Cenoman/Turon-Übergangs und auch im Unter-Turon war die Erhaltung der Fossilien so schlecht, dass keine Daten erhoben werden konnten.

7 Zusammenfassung

Im Profil Frömern ist eine mäßig gut erhaltene und diverse Vergesellschaftung kalkiger Nannofossilien zu beobachten. Stratigraphisch stammen die älteren Schichten des Profils (Essen Grünsand-Formation, Brochterbeck-Formation) aus dem Ober-Cenoman, der jüngere Teil (Büren-Formation) aus dem Unter-Turon. Der engere Cenoman/Turon-Grenzbereich fällt in eine Schichtlücke. Die Zusammensetzung der Nannofossilgesellschaftung (Anteile an *Watznaueria* spp., *Biscutum* spp., *Zeughrabdotus* spp., *T. orionatus*, *Prediscosphaera* spp.) des küstennahen Profils Frömern hat große Ähnlichkeit mit der Vergesellschaftung des offenen ozeanischen Profils Wunstorf. Diese Gemeinsamkeit machen für Frömern stärker pelagische Bedingungen wahrscheinlich, als ursprünglich vermutet.

Im Profil Ense-Bremen ist die Erhaltung der Nannofossilgesellschaftung schlecht. Gerade einige Proben nahe des Cenoman/Turon-Überganges sind vollständig steril. Die Diversität und die Absoluthäufigkeit an kalkigen Nannofossilien ist in Ense-Bremen wesentlich niedriger als im Profil Frömern. Proben aus dem älteren Teil des Profils Ense-Bremen (Essen Grünsand-Formation) lassen sich biostratigraphisch in das Unter- bis Mittel-Cenoman einordnen. Eine Datierung des jüngeren Teils (Baddeckenstedt-Formation) war aufgrund der sehr schlechten Fossilhaltung nicht möglich. Eine hohe relative Abundanz der nährstoffliebenden Gattung *Biscutum* impliziert, dass während des Unter- Mittel-Cenoman im Gebiet des heutigen Ense-Bremen ein höherer Eintrag von Nährstoffen vorherrscht haben muss, als im Ober-Cenoman von Frömern.

8 Taxonomischer Index

Taxonomischer Index der im Text aufgeführten Arten und Gattungen
(in alphabetischer Reihenfolge nach Gattungen)

Ahmuellerella Reinhardt 1964
Ahmuellerella octoradiata (Górka 1957) Reinhardt 1967
Amphizygus Bukry 1969
Amphizygus brooksii Bukry 1969
Assipetra Roth 1973
Axopodorhabdus Wind & Wise in Wise & Wind 1977
Axopodorhabdus albianus Wind & Wise in Wise & Wind 1977
Biscutum Black in Black & Barnes 1959
Biscutum constans (Górka 1957) Black in Black & Barnes 1959
Biscutum ellipticum (Górka 1957) Grün in Grün & Allemann 1975
Biscutum melaniae (Górka 1957) Burnett 1997
Biscutum notaculum Wind & Wise in Wise & Wind 1977
Braarudosphaera Deflandre 1947
Braarudosphaera bigelowii (Gran & Braarud 1935) Deflandre 1947
Broinsonia Bukry 1969
Broinsonia enormis (Shumenko 1968) Manivit 1971
Broinsonia signata (Noël 1969) Noël 1970
Bukrylithus Black 1971
Bukrylithus ambiguus Black 1971
Calculites Prins & Sissingh in Sissingh 1977
Chiastozygus Gartner 1968
Chiastozygus bifarius Bukry 1969
Chiastozygus litterarius (Górka 1957) Manivit 1971
Chiastozygus trabalis (Górka 1957) Burnett 1998b
Corollithion Stradner 1961
Corollithion kennedyi Crux 1981
Corollithion exiguum Stradner 1961
Corollithium signum Stradner 1963
Cretarhabdus Bramlette & Martini 1964
Cretarhabdus striatus (Stradner 1963) Black 1973
Cribrosphaerella Deflandre in Piveteau 1952
Cribrosphaerella ehrenbergii Deflandre in Piveteau 1952
Cyclagelasphaera Noël 1965
Cyclagelosphaera reinhardtii (Perch-Nielsen 1968) Romein 1977
Discorhabdus Noël 1965
Discorhabdus ignotus (Górka 1957) Perch-Nielsen 1968
Eiffellithus Reinhardt 1965
Eiffellithus gorkae Reinhardt 1965
Eiffellithus turriseiffelii (Deflandre in Deflandre & Fert 1954) Reinhardt 1965
Eprolithus Stover 1966
Eprolithus eptapetalus Varol 1992
Eprolithus floralis (Stradner 1962) Stover 1966
Eprolithus octopetalus Varol 1992
Flabellites Thierstein 1973
Flabellites oblongus (Bukry 1969) Crux in Crux et al. 1982
Gartnerago Bukry 1969
Gartnerago nanum Thierstein 1974
Gartnerago praeobliquum Jakubowski 1986
Gartnerago segmentatum (Stover 1966) Thierstein 1974
Gartnerago theta (Black in Black & Barnes 1959) Jakubowski 1986
Grantarhabdus Black 1971a
Grantarhabdus coronadventis (Reinhardt 1966) Grün in Grün & Allemann 1975
Haquis Roth 1978
Haquis circumradiatus (Stover 1966) Roth 1978
Helenea Worsley 1971
Helenea chiastia Worsley 1971

Helicolithus compactus (Bukry 1969) Varol & Girgis 1994
Helicolithus trabeculatus (Górka 1957) Verbeek 1977
Lithraphidites Deflandre 1963
Lithraphidites acutus Verbeek & Manivit in Manivit et al. 1977
Lithraphidites alatus Thierstein in Roth & Thierstein 1972
Lithraphidites carniolensis Deflandre 1963
Loxolithus Noël 1965
Loxolithus armilla (Black in Black & Barnes 1959) Noël 1965
Manivitella Thierstein 1971
Manivitella pemmatoidea (Deflandre in Manivit 1965) Thierstein 1971
Microrhabdulus Deflandre 1959
Microrhabdulus decoratus Deflandre 1959
Miravestina Grün in Grün & Allemann 1975
Miravetesina berganii Lees 2007
Nannoconus Kamptner 1931
Neocrepidolithus Romein 1979
Octocyclus Black 1972
Octocyclus reinhardtii (Bukry 1969) Wind & Wise in Wise & Wind 1977
Placozygus Hoffman 1970
Placozygus fibuliformis (Reinhardt 1964) Hoffman 1970
Prediscosphaera Vekshina 1959
Prediscosphaera cretacea (Arkhangelsky 1912) Gartner 1968
Prediscosphaera serrata Noël 1970
Prediscosphaera spinosa (Bramlette & Martini 1964) Gartner 1968
Quadrum Prins & Perch-Nielsen in Manivit et al. 1977
Quadrum gartneri Prins & Perch-Nielsen in Manivit et al. 1977
Quadrum intermedium Varol 1992
Radiolithus Stover 1966
Radiolithus planus Stover 1966
Retecapsa Black 1971
Retecapsa angustiforata Black 1971
Retecapsa crenulata (Bramlette & Martini 1964) Grün in Grün & Allemann 1975
Retecapsa ficula (Stover 1966) Burnett 1998b
Retecapsa surirella (Deflandre & Fert 1954) Grün in Grün & Allemann 1975
Rhagodiscus Reinhardt 1967
Rhagodiscus achlyostaurion (Hill 1976) Doeven 1983
Rhagodiscus angustus (Stradner 1963) Reinhardt 1971
Rhagodiscus asper (Stradner 1963) Reinhardt 1967
Rhagodiscus reniformis Perch-Nielsen 1973
Rhagodiscus splendens (Deflandre 1953) Verbeek 1977
Rotelapillus Noël 1973
Rotelapillus biarcus (Bukry 1969)
Rotelapillus crenulatus (Stover 1966) Perch-Nielsen 1984
Scapholithus Deflandre in Deflandre & Fert 1954
Scapholithus fossilis Deflandre in Deflandre & Fert 1954
Seribiscutum Filewicz et al. in Wise & Wind 1977
Seribiscutum gaultensis Mutterlose 1992a
Seribiscutum primitivum (Thierstein 1974) Filewicz et al. in Wise & Wind 1977
Sollasites Black 1967
Sollasites horticus (Stradner et al. in Stradner & Adamiker 1966) Ceppek & Hay 1969
Staurolithites Caratini 1963
Staurolithites ellipticus (Gartner 1968) Lambert 1987
Staurolithites flavus Burnett 1998b
Staurolithites glaber (Jeremiah 1996) Burnett 1998b
Staurolithites imbricatus (Gartner 1968) Burnett 1998b
Staurolithites mutterlosei Crux 1989
Stoverius Perch-Nielsen 1986
Stoverius achylosus (Stover 1966) Perch-Nielsen 1986
Tegumentum Thierstein in Roth & Thierstein 1972
Tegumentum stradneri Thierstein in Roth & Thierstein 1972

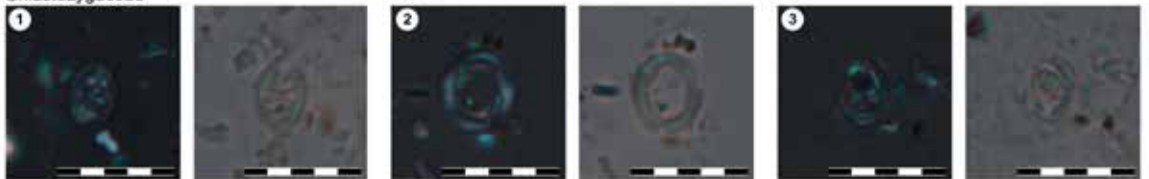
Tetrapodorhabdus Black 1971a
Tetrapodorhabdus decorus (Deflandre in Deflandre & Fert 1954) Wind & Wise in Wise und Wind 1977
Tranolithus Stover 1966
Tranolithus minimus (Bukry 1969) Perch-Nielsen 1984
Tranolithus orionatus (Reinhardt 1966a) Reinhardt 1966b
Watznaueria Reinhardt 1964
Watznaueria barnesae (Black 1959) Perch-Nielsen 1968
Watznaueria biporta Bukry 1969
Watznaueria britannica (Stradner 1963) Reinhardt 1964
Watznaueria fossacincta (Black 1971) Bown in Bown & Cooper 1989
Watznaueria ovata Bukry 1969
Zeugrhabdotus Reinhardt 1965
Zeugrhabdotus bicrescenticus (Stover 1966) Burnett in Gale et al. 1996
Zeugrhabdotus diplogrammus (Deflandre in Deflandre & Fert 1954) Burnett in Gale et al. 1996
Zeugrhabdotus embergeri (Noël 1958) Perch-Nielsen 1984
Zeugrhabdotus elegans (Gartner 1968) Burnett in Gale et al. 1996
Zeugrhabdotus erectus (Deflandre in Deflandre & Fert 1954) Reinhardt 1965
Zeugrhabdotus noeliae Rood et al. 1971
Zeugrhabdotus scutula (Bergen 1994) Rutledge & Bown 1996
Zeugrhabdotus trivectis Bergen 1994

9 Literatur

- BÄRTLING, R. (1923): Erl. Geol. Karte Preußen u. benachbarter Bundesstaaten 1:25.000, Bl. 4509 Bochum. – 72 S.; Berlin.
- BORNEMANN, A., PROSS, J., REICHEL, K., HERRLE, J.O., HEMLEBEN, Ch. & MUTTERLOSE, J. (2005): Reconstruction of short-term palaeoceanographic changes during the formation of the Late Albian "Niveau Breistroffer" black shales (Oceanic Anoxic Event 1d, SE France). *Journal of the Geological Society*, London **162**, 623-639.
- BOWN, P.R. & YOUNG, J.R. (1998): Techniques. – In: Bown, P.R. (Hrsg.): *Calcareous nannofossil biostratigraphy*: 16-28. – 314 S.; London.
- BURNETT, J.A. (1998): Upper Cretaceous. – In: BOWN, P.R. (Hrsg.): *Calcareous nannofossil biostratigraphy*, 132-199; London.
- ERBA, E. (1992): Middle Cretaceous calcareous nannofossils from the Western Pacific (ODP Leg 129): evidence for paleoequatorial crossings. In: LARSON, R.L., LANCELOT, Y. (Hrsg.), *Proceedings of the Ocean Drilling Project, Scientific Results*, vol. **129**, pp. 189-201.
- ERBA, E., CASTRADORI, D., GUASTI, G. & RIPEPE, M. (1992): Calcareous nannofossils and Milankovitch cycles: the example of the Albian Gault Clay Formation (southern England). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **93**, 47-69.
- GEISEN, M., BOLLMANN, J., HERRLE, J., MUTTERLOSE, J. & YOUNG, J. (1999): Calibration of the random settling technique for calculation of absolute abundances of calcareous nannoplankton. – *Micro-paleontology* **45**, 437-442.
- HISS, M. (1982a): Lithostratigraphie der Kreide-Basisschichten (Cenoman bis Unterturon) am Haarstrang zwischen Unna und Möhnesee (südöstliches Münsterland). – *Münstersche Forsch. Geol. Paläont.* **57**, 59-135.
- HISS, M. (1982b): Cenoman-Transgression und kleinräumige Faziesänderungen der Transgressions-sedimente am Beispiel des Geologischen Gartens in Bochum und der Steinbrüche bei Frömeren (Westfalen). – *Münstersche Forsch. Geol. Paläont.* **57**, 137-162.
- HISS, M. (1995): Kreide. – In: *Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen* (Hrsg.): *Geologie im Münsterland*. – 195 S.; Krefeld.
- HISS, M., MUTTERLOSE, J. & KAPLAN, U. (2008): Die Kreide des östlichen Ruhrgebietes zwischen Unna und Haltern. – *Jber. Mitt. Oberrhein. geol. Ver.*, N.F. **90**, 187-222.
- KESSELS, K., MUTTERLOSE, J., RUFFEL, A. (2003): Calcareous nannofossils from the late Jurassic sediments of the Volga Basin (Russian Platform): evidence for productivity-controlled black shale deposition. *International Journal of Earth Sciences* **92**, 743-757.
- LINNERT, C. & MUTTERLOSE, J. (2008): Kalkige Nannofossilien des Untercampan (Oberkreide) von Buldern (Stadt Dülmen; NRW). – *Geologie Paläontologie Westfalen* **71**, 77-101.
- LINNERT, C., MUTTERLOSE, J. & ERBACHER, J. (2010): Calcareous nannofossils of the Cenomanian/Turonian boundary interval from the Boreal Realm (Wunstorf, northwest Germany). – *Marine Micropaleontology* **74**, 38-58.

- LINNERT, C., MUTTERLOSE, J. & HERRLE, J.O. (2011): Late Cretaceous (Cenomanian– Maastrichtian) calcareous nannofossils from Goban Spur (DSDP Sites 549, 551): Implications for the palaeoceanography of the proto North Atlantic. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **299**, 507-528.
- LINNERT, C. & MUTTERLOSE, J. (2012): Randlich marine Sedimente der tiefen Ober-Kreide von Bochum – Biostratigraphie und Ablagerungsraum. *Geologie Paläontologie Westfalen XX*.
- MÜLLER, G. & GASTNER, M. (1971): The „Karbonat-Bombe“, a simple device for the determination of the carbonate content in sediments, soils and other materials. – *N. Jb. Mineral. Monatshefte* **1971**, 466-469.
- MUTTERLOSE, J., BORNEMANN, A. & HERRLE, J.O. (2005): Mesozoic calcareous nannofossils - state of the art. – *Paläontologische Zeitschrift* **79**, 113-133.
- MUTTERLOSE, J., & WILMSEN, M. (2008): The evolution of a Cretaceous epicontinental sea: from lacustrine via pelagic to turbiditic environments (Germany). – *Exkursionsführer Deutsche Geol. Ges.* **237**, 113- 149.
- PERCH-NIELSEN, K. (1985): Mesozoic calcareous nannofossils. – In: BOLLI, H.M., SAUNDERS, J.B. & ROTH, P.H., KRUMBACH, K.R., 1986. Middle Cretaceous calcareous nannofossil biogeography and preservation in the Atlantic and Indian Oceans: Implications for palaeoceanography. – *Marine Micropaleontology* **10**, 235-266.
- ROTH, P.H. (1983): Jurassic and Lower Cretaceous calcareous nannofossils in the western North Atlantic (Site 543): biostratigraphy, preservation and some observation on biogeography and paleoceanography. In: SHERIDAN, R.E., GRADSTEIN, F.M., et al. (Hrsg.), Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, vol. **76**, S. 587-621.
- ROTH, P.H. & THIERSTEIN, H. (1972): Calcareous nannoplankton: leg 14 of the Deep Sea Drilling Project. In: HAYES, D.E., PIMM, A.C., et al. (Hrsg.), Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, vol. **14**, S. 421-485.
- ROTH, P.H. & KRUMBACH, K.R. (1986). Middle Cretaceous calcareous nannofossil biogeography and preservation in the Atlantic and Indian Oceans: Implications for palaeoceanography. *Marine Micropaleontology* **10**, 235-266.
- THIERSTEIN, H.R. (1980): Selective dissolution of Late Cretaceous and earliest Tertiary calcareous nannofossils; experimental evidence. *Cretaceous Research* **1**, 165-176.
- TIRABOSCHI, D., ERBA, E. & JENKYN, H. C. (2009): Origin of rhythmic Albian black shales (Piobbico core, central Italy): Calcareous nannofossil quantitative and statistical analyses and paleoceanographic reconstructions, *Paleoceanography* **24**, PA2222, doi:10.1029/2008PA001670.
- VOIGT, S., GALE A.S. & FLÖGEL, S. (2004): Midlatitude shelf seas in the Cenomanian-Turonian greenhouse world: Temperature evolution and North Atlantic circulation. – *Paleoceanography* **19**, PA4020, doi:10.1029/2004PA001015.
- VOIGT, S., ERBACHER, J., MUTTERLOSE, J., WEISS, W., WESTERHOLD, T., WIESE, F., WILMSEN, M. & WONIK, T. (2008): The Cenomanian – Turonian of the Wunstorf section – (North Germany): global stratigraphic reference section and new orbital time scale for Oceanic Anoxic Event 2. – *Newsletters on Stratigraphy* **43**, 65-89.
- WATKINS, D.K. (1989): Nannoplankton productivity fluctuations and rhythmically-bedded pelagic carbonates of the Greenhorn Limestone (Upper Cretaceous). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **74**, 75-86.
- WATKINS, D.K., WISE, S.W., POSPICHAL, J.J. & CRUX, J. (1996): Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoceanography of the Southern Ocean. In: MOGUILEVSKI, A., WHATLEY, R. (Hrsg.) *Microfossils and Oceanic Environments*. University of Wales, Aberystwyth Press, S. 355-381.
- WILLIAMS, J.R. & BRALOWER, T.J. (1995): Nannofossil assemblages, fine fraction stable isotopes, and the paleoceanography of the Valanginian-Barremian (early Cretaceous) North-Sea Basin. – *Paleoceanography* **10**, 815-839.

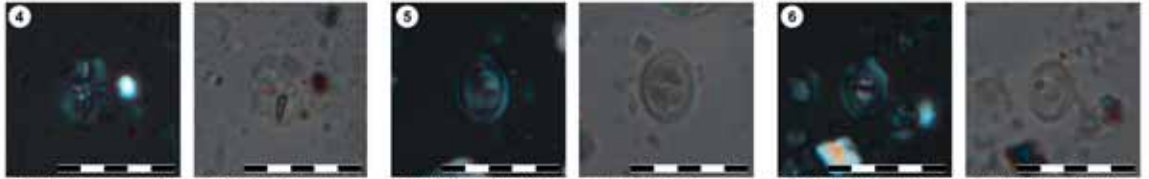
Chiastozygaceae



Chiastozygus bifarius (Frömem 100/2)

Loxolithus armilla (Frömem 100/2)

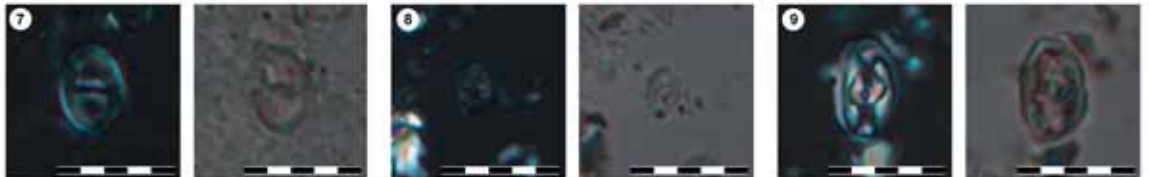
Placozygus fibuliformis (Bremen 100*/3)



Stauroolithus gausorhetium (Bremen 100*/1)

Tranolithus orionatus (Frömem 100/1)

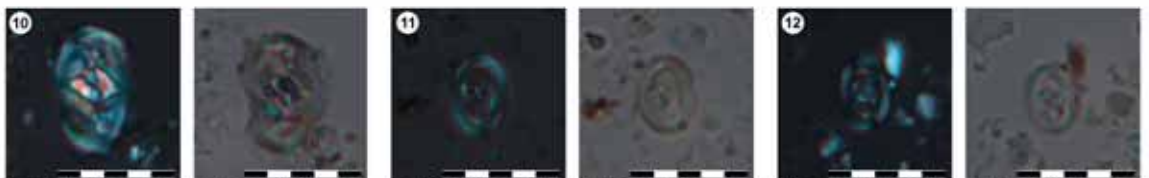
Zeugrhabdotus bicrescenticus (Frömem 101/3)



Zeugrhabdotus diplograninus (Bremen 100*/3)

Zeugrhabdotus elegans (Frömem 102/2)

Zeugrhabdotus embergeri (Frömem 100/1)

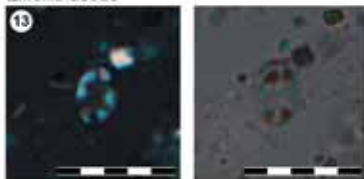


Zeugrhabdotus embergeri (Frömem 102/2)

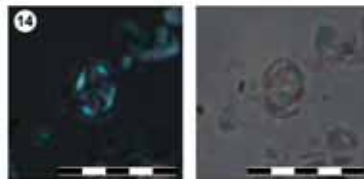
Zeugrhabdotus noeliae (Bremen 100*/2)

Zeugrhabdotus noeliae (Frömem 102/2)

Eiffelithaceae

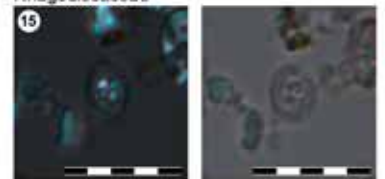


Eiffelithus gorkae (Frömem 102/2)

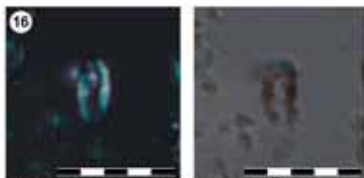


Helicolithus trabeculatus (Frömem 100/1)

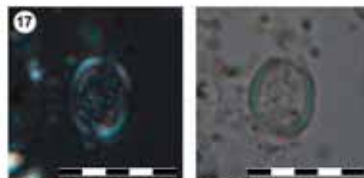
Rhagodiscaceae



Rhagodiscus achlyostaurion (Frömem 100/1)

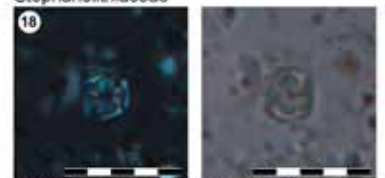


Rhagodiscus angustus (Frömem 100/2)



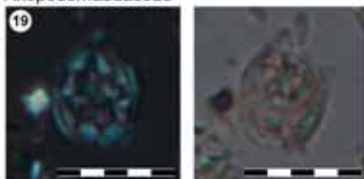
Rhagodiscus asper (Frömem 101/3)

Stephanolithiaceae

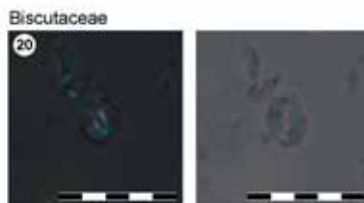


Corolithium kennedyi (Frömem 101/3)

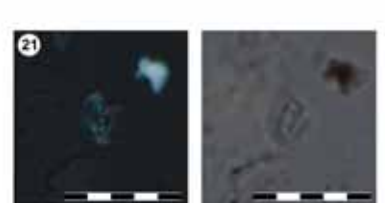
Axopodorhabdaceae



Axopodorhabdus albianus (Frömem 100/2)



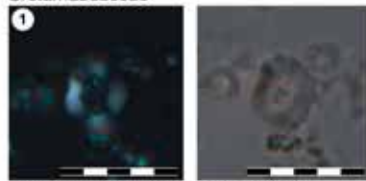
Biscutum constans (Frömem 100/1)



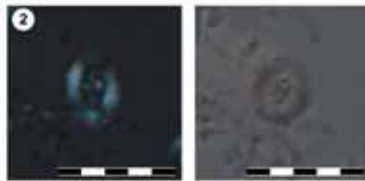
Seribiscutum gaultensis (Bremen 100*/1)

Tafel 1: Typische Arten kalkiger Nannofossilien aus den Profilen Frömem und Ense-Bremen.

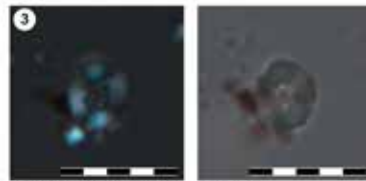
Cretarhabdaceae



Retecapsa angustiforata (Frömem 100/2)

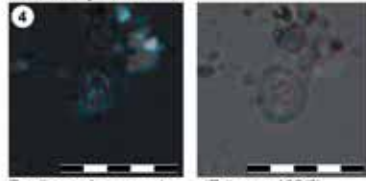


Retecapsa crenulata (Frömem 100/2)

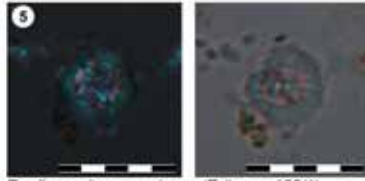


Retecapsa ficula (Frömem 100/1)

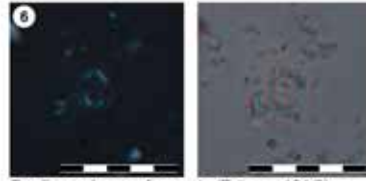
Prediscosphaeraceae



Prediscosphaera cretacea (Frömem 102/2)

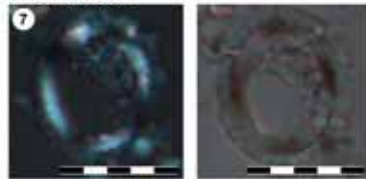


Prediscosphaera cretacea (Frömem 100/1)



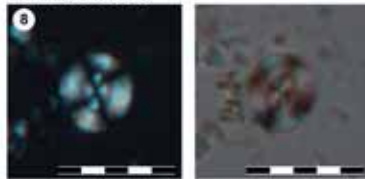
Prediscosphaera cf. *serrata* (Frömem 101/3)

Tubodiscaceae

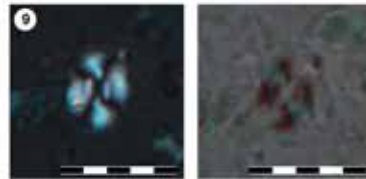


Manivittella pemmatoida (Frömem 100/2)

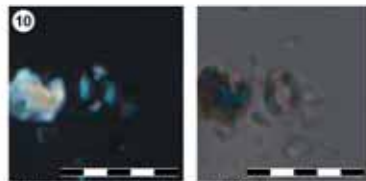
Watznaueriaceae



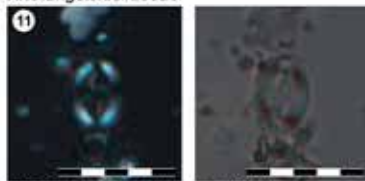
Watznaueria barnesiae (Frömem 101/5)



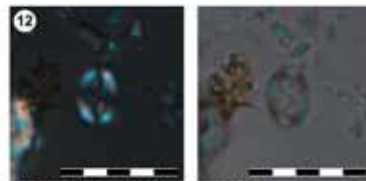
Watznaueria fossacincta (Bremen 100*/3)



Watznaueria ovata (Frömem 102/2)

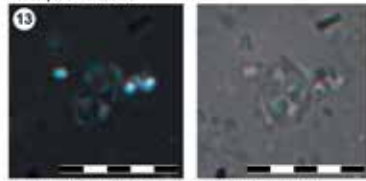


Broinsonia enormis (Frömem 102/2)



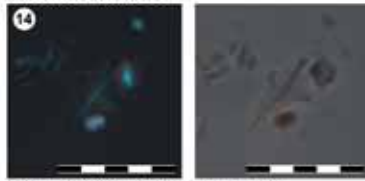
Broinsonia signata (Frömem 100/1)

Kamptneriaceae



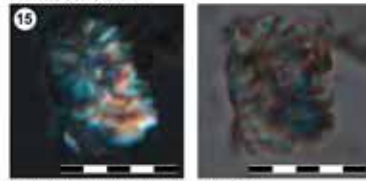
Gartnerago segmentatum (Bremen 100/3)

Microrhabdulaceae



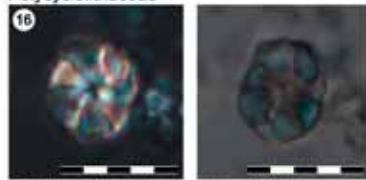
Lithraphidites acutus (Frömem 100/2)

Nannoconaceae

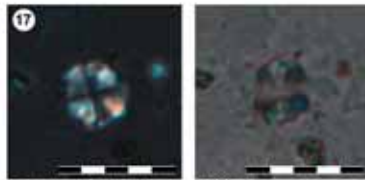


Nannoconus sp. (Bremen 100*/2)

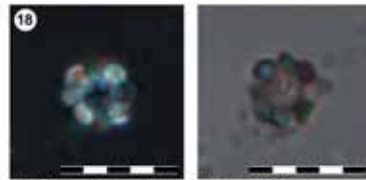
Polycyclolithaceae



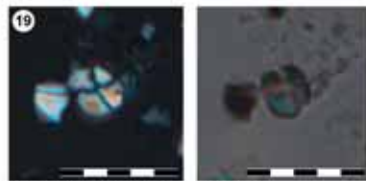
Eprolithus eptapetalus (Frömem 102/2)



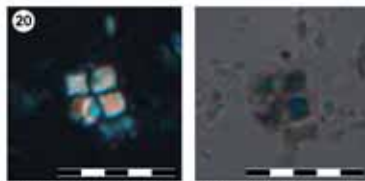
Eprolithus floralis (Bremen 100*/1)



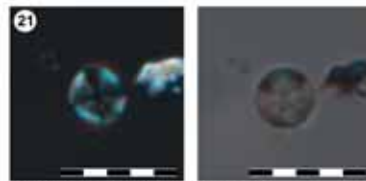
Eprolithus octopetalus (Frömem 102/3)



Quadrum gartneri (Frömem 102/2)



Quadrum intermedium (Frömem 102/2)



Radiolithus planus (Frömem 100/1)

Tafel 2: Typische Arten kalkiger Nannofossilien aus den Profilen Frömem und Ense-Bremen.