

Geol. Paläont. Westf.	74	39-67	5 Abb. 39 Tab. 4 Taf.	Münster Februar 2010
--------------------------	----	-------	-----------------------------	-------------------------

## Kalkige Nannofossilien des Santon-Campan-Grenzbereichs (Oberkreide) von Westerwiehe (Stadt Rietberg; NRW)

Christian Linnert & Jörg Mutterlose

### Zusammenfassung

Marine Sedimente der Emscher-Formation (Oberkreide) werden anhand von Proben aus einem Tagesaufschluss des östlichen Münsterlandes (Mergelgrube Westerwiehe, Rietberg) auf ihre kalkigen Nannofossilien untersucht. Diese werden dabei qualitativ und quantitativ ausgewertet, über biostratigraphische Indexarten wird die Abfolge dem Santon-Campan-Grenzbereich zugeordnet. Die relative Häufigkeit bestimmter Arten sowie deren vertikale Verteilungsmuster werden zur Rekonstruktion der paläozanographischen Verhältnisse herangezogen.

### Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	39
Abstract	40
Schlüsselworte	40
1 Einleitung	41
2 Geologischer Rahmen	42
3 Profil Westerwiehe	42
3.1 Allgemeines	42
3.2 Lithostratigraphie	42
4 Methodik	44
5 Befunde	45
5.1 Biostratigraphie	45
5.2 Karbonatgehalt	47
5.3 Diversität	47
5.4 Palökologie	48
6 Diskussion	49
6.1 Stratigraphie	49
6.2 Ökologie	49
7 Ergebnisse	53
8 Taxonomischer Index	54
9 Literatur	56

---

\*Anschrift der Verfasser:

Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum.  
Mail: christian.linnert@rub.de

Die derzeit in der Mergelgrube Westerwiehe erschlossene Abfolge führt eine gut erhaltene, hoch diverse und individuenreiche Nannofossilvergesellschaftung. In 32 Proben aus einem 15,5 m mächtigen Profil konnten 136 Arten kalkiger Nannofossilien nachgewiesen werden, darunter auch 22 umgelagerte, stratigraphisch ältere Taxa. Eine diagenetische Überprägung der Nannofossilien ist aufgrund der durchgehend guten Erhaltung auszuschließen. Die Auswertung der Vergesellschaftungen ergab einen hohen Anteil eutropher Gruppen wie *Biscutum* spp. (12 – 28%) und *Tranolithus orionatus* (5 – 12%). Unter den oligotrophen Taxa ist *Prediscosphaera* spp. (12 – 24%) am häufigsten vertreten. Die Zusammensetzung der kalkigen Nannofossilien impliziert eine Ablagerung der Sedimente in einem Schelfmeer unter meso- bis eutrophen Bedingungen. Vertikale Variationen innerhalb der Vergesellschaftungen deuten auf eine schwankende Primärproduktion während des Ablagerungszeitraums hin.

## Abstract

The marine sediments of the Emscher-Formation (late Cretaceous) are analysed from the Westerwiehe pit (eastern Münsterland) for their calcareous nannofossil content. Both simple diversity and abundance counts have been performed to better understand the environmental setting of the Emscher-Formation. Biostratigraphic marker species are being used to assign the investigated sequence a late Santonian – early Campanian age. Relative abundances of selected species and their vertical distribution patterns are being discussed with respect to the palaeoceanographic conditions.

The sediments of the Westerwiehe section yield well preserved, highly diverse and abundant nannofossil assemblages. A total of 136 species, including 22 reworked older taxa, have been encountered in 32 samples derived from a 15.5 m thick sequence. A diagenetic overprint is unlikely due to the generally excellent preservation of the calcareous nannofossils. These assemblages are dominated by eutrophic taxa like *Biscutum* spp. (12 – 28%) and *Tranolithus orionatus* (5 – 12%). Oligotrophic taxa like *Prediscosphaera* spp. (12 – 24%) have been encountered, however, as well. The composition of the calcareous nannofossil assemblages implies mesotrophic to eutrophic surface water conditions. Vertical variations of the distribution patterns suggest changing productivities of calcareous nannofossils.

## Schlüsselworte:

Oberkreide – Santon – Campan – Emscher-Formation – kalkige Nannofossilien – Palökologie - Paläoozeanographie

# 1 Einleitung

Die Sedimente der Emscher-Formation, die in der Literatur bis 2006 auch als Emschermergel bezeichnet werden, wurden erstmalig von Schlüter (1874) beschrieben. Die Emscher-Formation zeichnet den Ausstrich mergeliger Gesteine entlang der Emscher nach (Hiss, 2006a), die nach Ammonitenfunden stratigraphisch jünger als die unterlagernden Turon-Plänerkalke aber älter als die darüber lagernde Quadraten-Kreide sind (Schlüter, 1871, 1872, 1876). Im Laufe des 20. Jahrhunderts wurde die Emscher-Formation biostratigraphisch detaillierter gegliedert (u. a. Stolley, 1916 – Belemniten; Riedel, 1931 – Belemniten; Seitz, 1961 – Inoceramen; Ernst, 1964 – Belemniten). In diesen Arbeiten wurde auch der stratigraphische Umfang der Emscher-Formation sensu Schlüter (1874) erweitert. Eine zusammenfassende Darstellung von Arnold (1964) dokumentiert, unter Berücksichtigung früherer Studien, auf einer geologischen Karte die regionale Verbreitung der Emscher-Formation im Münsterland.

Kalkige Nannofossilien aus den oberkretazischen Folgen des Münsterlandes wurden erstmalig von Stradner (1965) und Perch-Nielsen (1979) an Material der Bohrung Donar 5 beschrieben. Obwohl in diesem Beispiel das Probenmaterial eine schlechte Erhaltung bei niedrigen Abundanzen aufweist, konnten die kalkigen Nannofossilien dem Obercenoman bis Obercampan zugeordnet werden. Material aus der Bohrung Metelen 1001, die im nördlichen Münsterland abgeteuft wurde, ermöglichte mittels der kalkigen Nannofossilien eine stratigraphische Datierung in das Obersanton bis Obercampan (Svabenicka, 1991). Vor allem die tonig-mergeligen Proben zeigen in der Bohrung Metelen 1001 eine deutlich bessere Erhaltung, als die der Bohrung Donar 5. Aus der Bohrung Metelen 1001 erwähnen Kaefer & Lommerzheim (1991) erstmalig ältere umgelagerte Nannofossilien, Dinoflagellaten und Sporen/Pollen. Fesl et al. (2005) untersuchten Material aus zwei Profilen der Baumberg Schichten des nordwestlichen Münsterlandes auf kalkige Nannofossilien. Die sandigen Kalkmergel enthalten dort aber nur wenige meist schlecht erhaltene Nannofossilien, die dennoch eine stratigraphische Einordnung in die Nannofossil-Zone UC15 (Obercampan) ermöglichten. Diese Arbeit diskutiert auch eine Umlagerung älterer frühkretazischer Taxa (*Nannoconus*, *Conusphaera*), wobei die tethyale Gattung *Nannoconus* auch in den Verbreitungslisten der Arbeiten von Perch-Nielsen (1979) und Svabenicka (1991) zu finden ist. Alle zitierten Arbeiten, die sich mit kalkigen Nannofossilien beschäftigen, wurden qualitativ oder semiquantitativ mit Standard-Schmierpräparaten durchgeführt und verfolgten hauptsächlich eine biostratigraphische Fragestellung. Eine erste quantitative Auswertung der kalkigen Nannofossilien aus der Oberkreide des Münsterlandes wurde von Sorokoletov & Mutterlose (2007) durchgeführt, die die kalkigen Nannofossilien der Mergelgrube Lessmöllmann im nördlichen Ruhrgebiet bearbeiteten. Danach führt die Emscher-Formation dort gut erhaltene und individuenreiche Nannofossilvergesellschaftungen, die das Profil Lessmöllmann in den Bereich Oberconiac bis Untersanton (Nannofossil-Zonen UC10 – UC12) einstufen. Die Auszählungen ergaben weiterhin einen relativ hohen Anteil von *Biscutum ellipticum* (>20%), ein Indikator für eutrophe Bedingungen. Unterstützt wird diese Deutung durch den relativ geringen Anteil der oligotrophen Gattung *Watznaueria* (10-15%). Linnert & Mutterlose (2008) schließlich bearbeiteten jüngst die kalkigen Nannofossilien der Mergelgrube Buldern im westlichen Münsterland. Die durchweg gut erhaltenen Assoziationen, die ein früh campanzeitliches Alter haben, sprechen für vorwiegend eutrophe Oberflächenwasserbedingungen.

In der vorliegenden Studie wird die Bearbeitung der Emscher-Formation in das östliche Münsterland (Raum Rietberg) ausgedehnt, um ein besseres Verständnis der Ablagerungsbedingungen im gesamten Münsterland zu erhalten. Aus der Mergelgrube Westerwiehe, in der Sedimente der oberen Emscher-Formation anstehen, werden die kalkigen Nannofossilien hochauflösend bearbeitet. Die Diversitäts- und Häufigkeitsverteilungen sollen Hinweise auf den Einfluss ökologischer Faktoren (Temperatur, Nährstoffe) auf die Zusammensetzung der Assoziationen liefern. Die quantitative Analyse dient dabei vor allem der Rekonstruktion der paläoozeanographischen Verhältnisse zur Zeit der Ablagerung der oberen Emscher-Formation. Ein Vergleich mit den Resultaten der Aufschlüsse Lessmöllmann und Buldern soll zeigen, ob und ggf. wie stark sich lateral die Ablagerungsbedingungen der Emscher-Formation verändert haben.

Unser Dank gilt Dr. M. Hiss (Krefeld) und Dr. T. Voigt (Jena) für anregende Diskussionen und kritische Kommentare. Finanzielle Unterstützung erfolgte durch den Landesverband Westfalen-Lippe. Der Rehage Spedition (Rietberg), insbesondere Frau M. Pleßner, sei für die unkomplizierte Unterstützung bei den Geländearbeiten gedankt.

## 2 Geologischer Rahmen

Der hier bearbeitete Oberkreide-Aufschluss, der eine Mergelabfolge des Santon-Campan-Grenzbereichs erschließt, liegt regionalgeologisch im Ostmünsterland. Das gesamte Münsterland war während der Unterkreide festländisch geprägt, die Küstenlinie zum sich nördlich anschließenden Unterkreidemeer verlief etwa entlang des heutigen Teutoburger Waldes. Seit dem höheren Alb, verstärkt dann im Cenoman, transgredierte das Meer weit über das Münsterland und überflutete dieses vollständig. Die Küstenlinie verlief im oberen Cenoman südlich der Linie Duisburg – Essen – Bochum – Dortmund – Haarstrang

Diese zunächst stärker durch einen Meeresspiegelanstieg gekennzeichnete Entwicklung wurde ab dem Turon durch die Inversion des Niedersächsischen Tektogens überlagert. Damit setzte im Münsterländer Oberkreidebecken eine Entwicklung ein, die im wesentlichen durch Subsidenz gesteuert wurde. Im Verlauf dieser verstärkten Absenkung des Münsterländer Oberkreidebeckens kam es zur Ablagerung der Emscher-Formation, die vom Mittelconiac – Untercampan erfolgte. Die Subsidenz war im Zentrum der Vorosning-Senke (östliches Münsterland) mit bis zu 2500 m am stärksten ausgeprägt. Gleichzeitig erfolgte nördlich des Teutoburger Waldes die Inversion des ehemaligen Niedersächsischen Beckens, die dort abgelagerten prä-coniaczeitlichen Sedimente wurden in die Vorosning-Senke abgetragen.

Im südlichen und westlichen Münsterland endete die Sedimentation der Emscher-Formation bereits im höheren Santon. Hier lösten von Westen geschüttete sandige Mergel und Quarzsande (Recklinghausen-Formation, Haltern-Formation, Dülmen-Formation; Hiss, 2006b; 2006c; 2006d; Niebuhr et al., 2007) die tonige Emscher-Formation ab, die auf eine zunehmende Verflachung des westlichen Münsterlandes hinweisen. Im Untercampan wurden die tonigen Mergel der Emscher-Formation nur noch im zentralen und östlichen Münsterland (Einflussgebiet der Vorosning-Senke) sedimentiert (Hiss, 1995), die dann im höheren Untercampan schließlich durch Tempestite der Ahlen-Formation abgelöst wurden. Diese Ablagerungen sind ein Hinweis auf verstärkte inversionsbedingte Bewegungen bei einer gleichzeitig langsamen Verflachung des Beckenraumes. Die ausgedehnte Senke gliederte sich zunehmend in kleine Becken- und Schwellenregionen und es kam vermehrt zu einer Beeinflussung der Sedimentation durch Sturmereignisse. Mit Beginn des Maastricht wurde das Münsterland wieder festländisch. Eine ausführlichere Darstellung der kreidezeitlichen Entwicklung im Münsterland gibt Hiss (1995).

Coniac- und santonzeitliche Sedimente der Emscher-Formation treten nahezu im gesamten Münsterland auf, aufgeschlossen sind sie in einem 10 – 15 km breiten Streifen südlich und südwestlich des Teutoburger Waldes, zwischen Haarstrang und Lippe sowie in der Emscher-Region des nördlichen Ruhrgebiets (Arnold, 1964). Im östlichen Münsterland (Vorosning-Senke) erreicht die Emscher-Formation eine Mächtigkeit (Mittelconiac – Untercampan) von über 1500m, im nordöstlichen Ruhrgebiet immerhin noch 500 m (Hiss, 1995, 2006a).

## 3 Profil Westerwiehe

### 3.1 Allgemeines

Die derzeit im Abbau befindliche Mergelgrube Westerwiehe (51°49'005"N; 08°31'016"E) liegt ca. 2 km östlich des Stadtteils Rietberg – Westerwiehe (Abb. 1). Eine ausführlichere Beschreibung älterer, inzwischen verfallener Ziegeleigruben in Westerwiehe liefert Schönfeld (1985), der die Mikrofauna (Foraminiferen), Makrofauna und die Lithologie detailliert darstellt. Danach gehört die in Westerwiehe erschlossene Abfolge in das Obersanton.

### 3.2 Lithostratigraphie

An der Nord-Seite der Grube ist derzeit eine ca. 25 m mächtige Mergelsteinabfolge erschlossen, von dieser wurden im Frühjahr 2008 die unteren 15.5 m lithologisch aufgenommen und für eine mikropaläontologische Bearbeitung beprobt. Regionalgeologisch deckt das Profil den Bereich des Münsterlandes ab, der

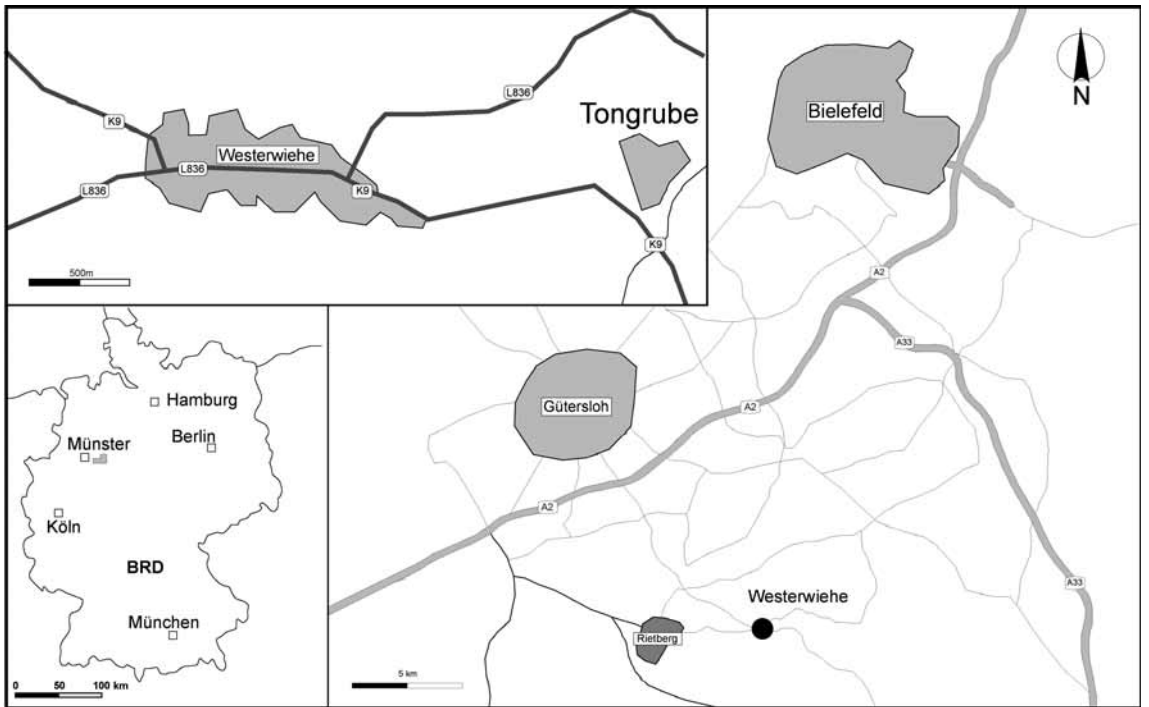


Abb. 1: Geographischer Überblick und Lage des bearbeiteten Profils Westerwiehe.

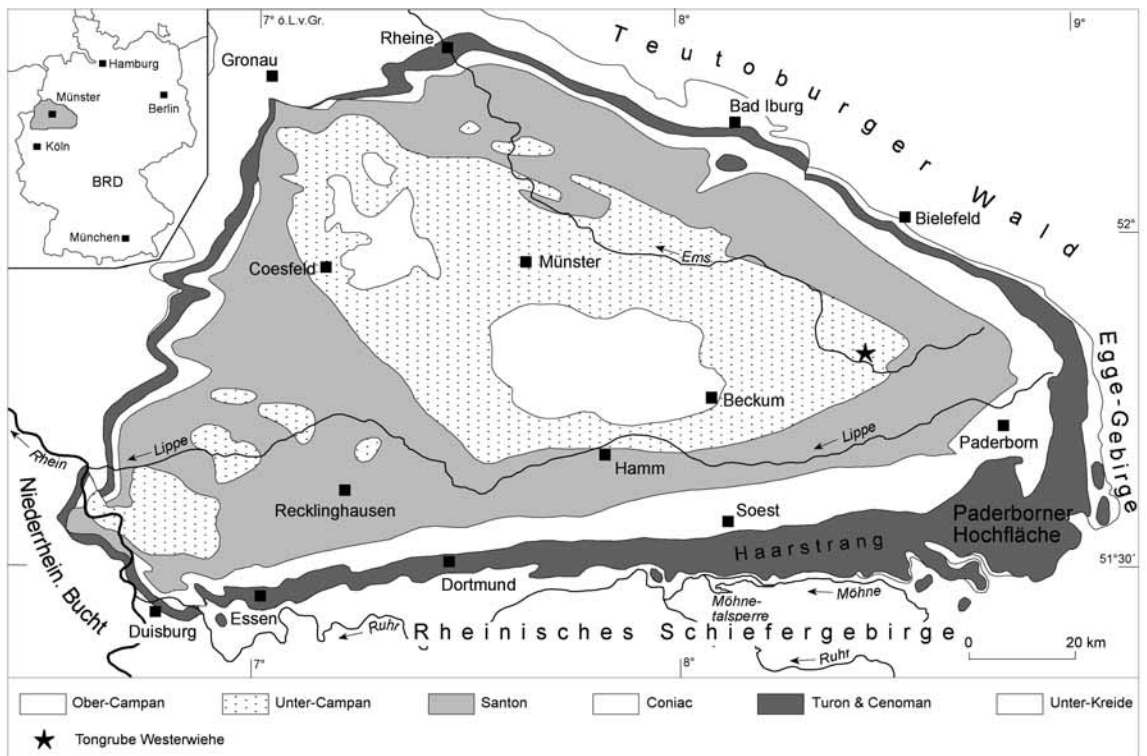


Abb. 2: Geologische Übersichtskarte des Münsterländer Kreidebeckens und Lage des bearbeiteten Aufschlusses Westerwiehe (Stern).

durch höchste Subsidenz und stärkste Akkumulationsraten der Emscher-Formation in der sog. Vorosning Senke gekennzeichnet war (Abb. 2). Die kalkigen Nannofossilien belegen die UC13 Nannofossilzone (sensu Burnett, 1998), die hier dem Santon-Campan-Grenzbereich entspricht (Abb. 3; eingehendere Diskussion vgl. Kapitel 5.1).

Lithologisch handelt sich um mittel- bis hellgraue Tonmergelsteine, die gesamte Schichtfolge ist schwach siltig. Einzelne helle Lagen zeigen an der Basis und am Top scharfe Grenzen, die möglicherweise einen Meeresspiegel gesteuerten Erosionskontakt darstellen. Die Mächtigkeiten dieser Horizonte schwankt zwischen 0,2 m (Schicht 104) und 0,6 m (Schicht 100; vgl. Taf. 1, Figs. 1-6).

## 4 Methodik

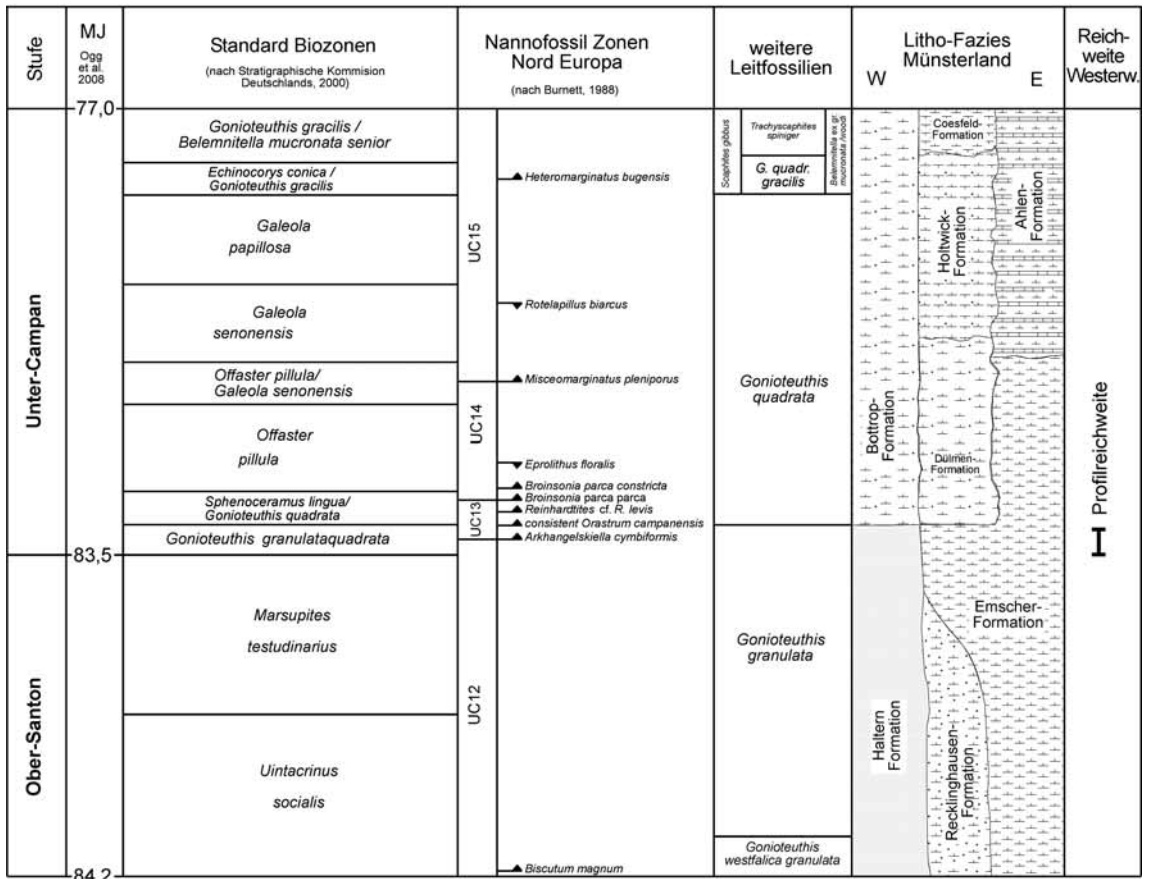
Insgesamt wurden 32 Proben aus einem 15,5 m mächtigen Bereich entnommen (Abb. 4), die Probenabstände liegen hier bei 1 m/Probe. Die helleren Lagen 100 und 102 wurden in 10 cm-Abständen beprobt. Von allen Proben wurden die Karbonatgehalte mit Hilfe einer Karbonatbombe ermittelt (Müller & Gastner, 1971).

Um die kalkigen Nannofossilien zu bearbeiten, wurden zunächst von allen Proben Standardschmierpräparate (Bown & Young, 1998) angefertigt. Die Durchsicht dieser Präparate ergab eine gute Erhaltung kalkiger Nannofossilien. In einem zweiten Schritt wurden zur quantitativen Bearbeitung von allen 32 Proben sog. Settlingpräparate (Geisen et al., 1999) angefertigt, um eine statistisch gleichmäßige Verteilung der Partikel zu erreichen. Dieses Aufbereitungsverfahren ermöglicht auch eine quantitative Auswertung der absoluten Abundanz. Unter Berücksichtigung von Einwaage, Fläche der Gesichtsfelder, Verdünnung und Höhe der Wassersäule kann die Abundanz kalkiger Nannofossilien pro Gramm Sediment berechnet werden.

Die anschließende lichtmikroskopische Bearbeitung wurde mit einem Olympus BX51 Polarisationsmikroskop bei einer Vergrößerung von 1250x durchgeführt. In jedem Präparat wurden mindestens 300 bestimmbare kalkige Nannofossilien gezählt. Ergänzend wurden je Präparat zwei Traversen auf seltene Arten durchgesehen, diese sind in Tab. 1 mit # gekennzeichnet.

Die Berechnung der Heterogenität (Shannon-Index) und der Gleichförmigkeit (Evenness) erfolgten mit der Software MVSP 3.1 (Multi-Variate Statistical Package). Zur Berechnung wurden nur die bei den jeweiligen Zählungen beobachteten Taxa einbezogen.

Die Settling- und die Schmierpräparate werden in der Sammlung des Instituts für Geologie, Mineralogie und Geophysik der Ruhr-Universität aufbewahrt. Die Erstautoren aller aufgeführten Fossiltaxa werden nicht im laufenden Text aufgeführt; sie sind aus dem taxonomischen Index (Kapitel 8) ersichtlich. Die Bestimmung der kalkigen Nannofossilien sowie auch die biostratigraphische Auswertung erfolgte nach Burnett (1998). Weitere zur Bearbeitung herangezogene Arbeiten sind der Taxonomieliste im Anhang bzw. der Literaturliste zu entnehmen.



Legende     Kalkstein     Kalkmergelstein     Mergelstein     mergeliger Sandstein     Sandstein

Abb. 3: Litho- und Biostratigraphie des Santon-Campan-Grenzbereichs im Münsterland mit Reichweite des Profils Westerwiehe.

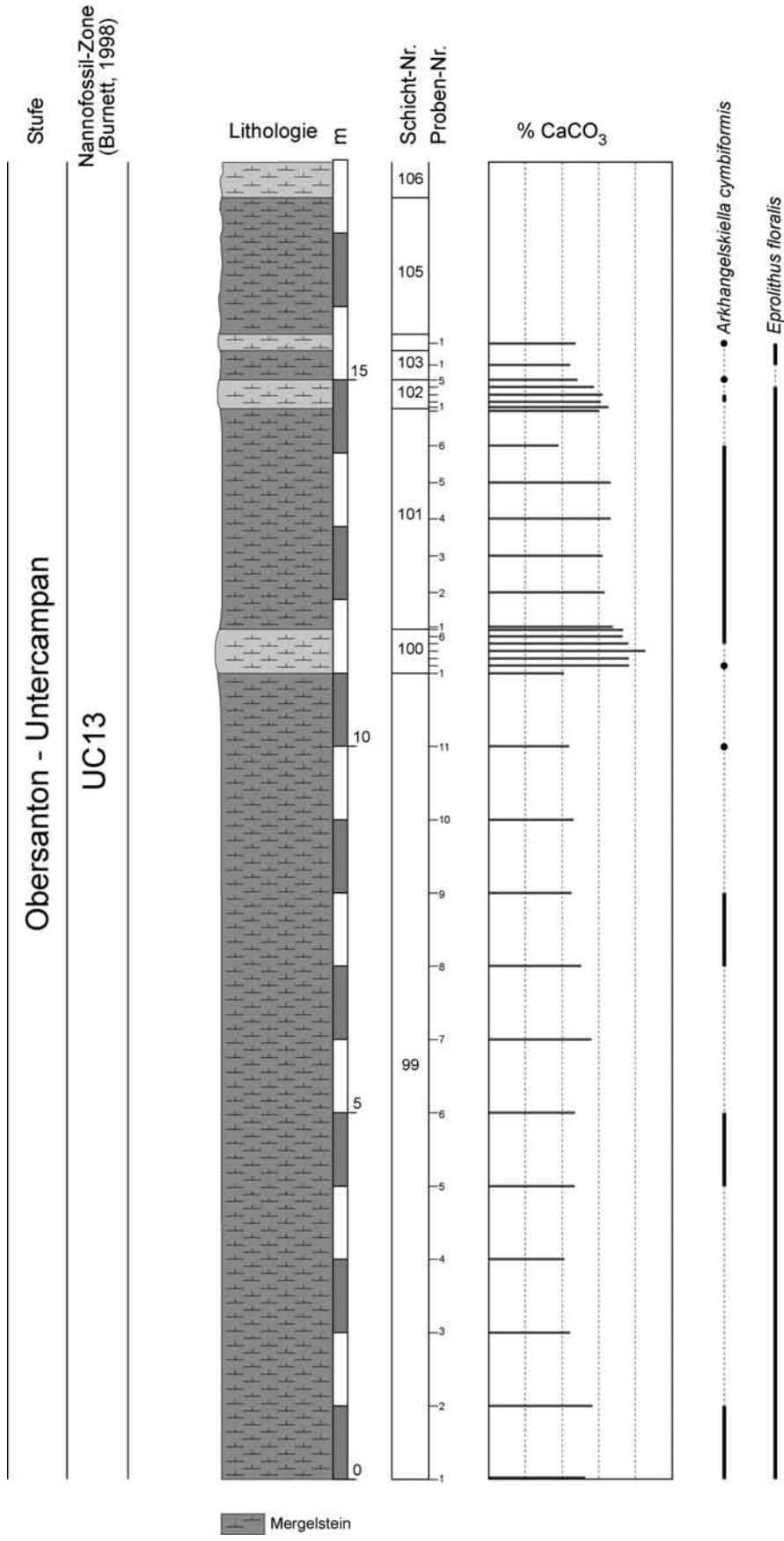
## 5 Befunde

### 5.1 Biostratigraphie

Zur biostratigraphischen Gliederung des Profils Westerwiehe wird die UC-Zonierung (Upper Cretaceous) von Burnett (1998) verwendet, diese beruht auf dem Erstauftreten (EA) und Letztaufreten (LA) verschiedener Leitarten. Im Profil Westerwiehe wurden folgende Leitformen nachgewiesen: *Arkhangelskiella cymbiformis* (EA Basis von UC13; Taf. 4, Fig. 5), *Reinhardtites cf. levis* (EA in UC13; Taf. 2, Fig. 9) und *Eprolithus floralis* (LA in UC14c). Diese Taxa ermöglichen eine zeitliche Einordnung der Abfolge in das frühe Campan. Andererseits konnten keine Vertreter von *Broinsonia parca parca* (EA Basis von UC14) sowie *Orastrum campanensis* (EA in UC12) beobachtet werden. Allerdings ist *O. campanensis* zu Beginn seines Auftretens sehr selten und wird erst im unteren Campan (frühe UC13-Zone) häufiger. Das Fehlen von *B. parca parca* schließt ein jüngeres Alter als die UC13-Zone (frühes UnterCampan) aus. Das Fehlen von *O. campanensis* spricht für eine Einstufung in die unterste UC13-Zone nahe der Santon-Campan-Grenze.

Neben typischen Nannofossilien des Santon-Campan-Grenzbereichs wurden mehrere umgelagerte Arten gefunden, die bereits in älteren Kreidestufen ausgestorben sind. Unter anderem wurde die Art *Rhagodiscus asper*, die aus dem Alb bis Cenoman beschrieben wird, in jeder Probe angetroffen. Diese umge-

Abb. 4: Lithologie und Biostratigraphie (kalkige Nannofossilien) des Profils Westerwiehe.





lagerten Taxa lassen sich aber unterschiedlichen Zeitintervallen der Kreidezeit zuordnen. Während die Arten *Axopodorhabdus albianus*, *Helena chiesta* und *Eprolithus octopetalus* (Taf. 4, Fig. 17) aus der mittleren Kreidezeit (Alb – Turon) stammen, deuten Arten wie *Tegulalithus septentrionalis* und *Nannoconus* sp. (Taf. 4, Fig. 16) eher auf Unterkreide hin.

## 5.2 Karbonatgehalt

Der Karbonatgehalt reicht in der Mergelgrube Westerwiehe von 18,9% (Probe 101/6) bis 42,6% (Probe 100/4), der Durchschnitt liegt bei 28,8%. Allgemein sind die Karbonatwerte in den Schichten 99, 103 und 104 deutlich niedriger, als in den Schichten 100 – 102. Die höchsten Konzentrationen (36,4 – 42,6%) wurden in der hellen Lage 100 gemessen. Die vollständigen Ergebnisse der Messungen werden in Tab. 1 sowie in Abb. 5 dargestellt.

## 5.3 Diversität

Insgesamt wurden 136 Arten kalkiger Nannofossilien nachgewiesen, wovon allerdings 22 Arten umgelagert sind. Es wurden 44 Arten (inklusive der umgelagerten Art *Rhagodiscus asper*) in allen Proben beobachtet, 17 weitere Arten wurden in mindestens 27 der 32 Proben registriert. Demgegenüber waren 34 Arten (davon 13 umgelagerte Arten) nur in fünf oder weniger Proben nachweisbar. Die einfache Diversität der einzelnen Proben beträgt zwischen 74 und 84 Arten je Probe (Durchschnitt 79,5), nach Abzug umgelagerter Arten zwischen 70 und 81 (Durchschnitt 75,5; Tab. 1; Abb. 5). Die Heterogenität (Shannon-Index) berück-

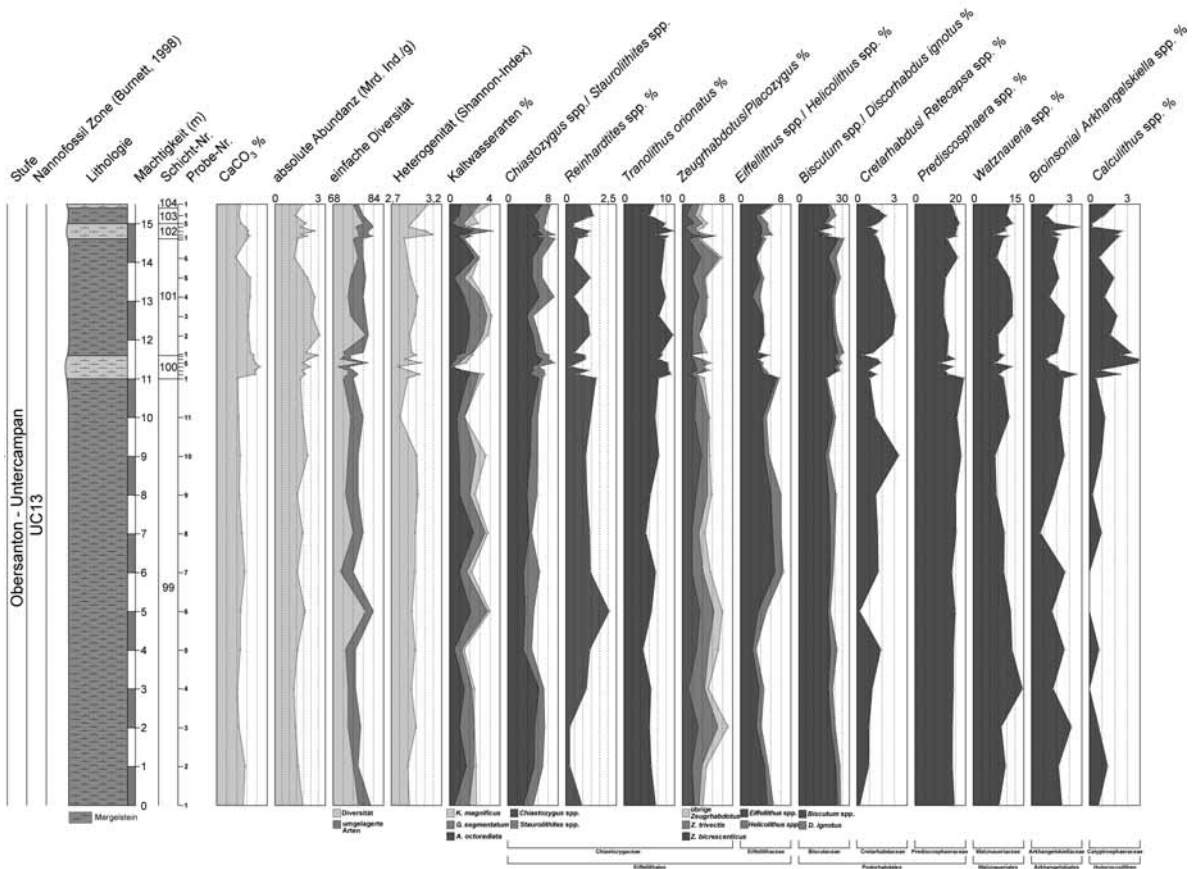


Abb. 5: Verteilungsmuster ausgewählter, ökologisch wichtiger Taxa kalkiger Nannofossilien im Profil Westerwiehe.

sichtigt die statistische Häufigkeit einzelner Arten. In Westerwiehe schwankt die Heterogenität zwischen 2,8 (Probe 100/4/08) und 3,2 (Probe 102/2/08). Ähnlich der Heterogenität berücksichtigt auch die Gleichförmigkeit (Evenness) die Verteilung der Arten in der Vergesellschaftung, sie reicht von 0,72 (Probe 99/1/08) bis 0,78 (Probe 102/2/08).

Die Absoluthäufigkeit schwankt zwischen  $1,32 \cdot 10^9$  (Probe 99/4/08) und  $3,10 \cdot 10^9$  (Probe 101/2/08) Individuen/g Sediment (Tab. 1; Abb. 5), durchschnittlich sind es  $2,02 \cdot 10^9$  Individuen/g Sediment.

## 5.4 Palökologie

Von den 136 beobachteten Arten stellen nur fünf Taxa (*Biscutum* spp., *Prediscosphaera* spp., *Watznaueria* spp., *Tranolithus orionatus*, *Chiastozygus* spp.) jeweils mehr als 5% der Gesamtabundanz. Vier weitere Taxa (*Placozygus/Zeugrhabdotus* spp., *Eiffellithus* spp., *Discorhabdus ignotus*, *Arkhangelskiella/Broinsonia* spp.) erreichen Häufigkeiten von durchschnittlich 2 – 5%. Holococclithen (*Calculithus* spp.) und *Retecapsa* spp. haben im Durchschnitt einen Anteil von etwa 1,5% an der Nannovergesellschaftung. Neben diesen häufigen Taxa werden auch die ökologisch relevanten Kaltwasserformen im folgenden näher erläutert.

Im Profil Westerwiehe treten vier Arten der Gattung *Biscutum* auf. *Biscutum ellipticum* und *Biscutum dissimilis* sind die häufigsten Arten mit einem Anteil von 99% an der Gesamthäufigkeit dieser Gattung. Daneben sind noch seltene Individuen von *Biscutum melanie* und *Biscutum notaculum* vorhanden. *Biscutum* ist die häufigste Gattung in Westerwiehe, ihr Anteil an der Gesamtvergesellschaftung (Mittelwert 22,2%) reicht von 11,6 (Probe 102/3/08) bis 27,7% (Probe 100/5/08). In der Schicht 99 schwankt die relative Abundanz von *Biscutum* um die 20%, in den Schichten 100 und 101 ist sie mit bis zu 27% etwas höher. Mit 10 – 20% ist die relative Häufigkeit von *Biscutum* in Schicht 102 etwas geringer, in den Schichten 103 und 104 steigt sie wieder auf etwa 20% an.

Die Gattung *Prediscosphaera* (*Prediscosphaera cretacea*, *Prediscosphaera spinosa*, *Prediscosphaera grandis*, *Prediscosphaera majungae*) ist das zweithäufigste Taxon in Westerwiehe mit einer durchschnittlichen relativen Abundanz von 18,6%. *P. cretacea* wird vor allem angetroffen, in etwas geringerer Häufigkeit auch *P. spinosa*; die beiden übrigen Arten sind selten bis sehr selten. Die relative Abundanz der Gattung *Prediscosphaera* reicht von 11,8 (Probe 100/5/08) bis 24,2% (Probe 100/1/08). In den Schichten 99, 102, 103 und 104 pendelt die relative Abundanz der Gattung um die 20%-Marke, während sie in den Schichten 100 und 101 mit etwa 15% etwas weniger häufig ist.

Von den fünf Arten der Gattung *Watznaueria* ist *Watznaueria barnesiae* die häufigste, daneben ist auch *Watznaueria fossacincta* und *Watznaueria ovata* immer wieder zu beobachten. Die zwei übrigen Arten (*Watznaueria biporta*, *Watznaueria quadriradiata*) sind nur selten anzutreffen. Die Gattung *Watznaueria* ist die dritthäufigste im Profil Westerwiehe mit relativen Abundanzen (Mittelwert 11,2%) zwischen 7,5 (Probe 102/2/08) und 17,5% (Probe 99/4/08). Insgesamt zeigt *Watznaueria* zwei Maxima in den Schichten 99 (Proben 99/4/08 – 99/8) und 101 (Proben 101/3/08 – 101/6/08), die Schwankungen der Gattung sind aber größtenteils unabhängig von den Schichten.

*Tranolithus orionatus* ist mit einer durchschnittlichen relativen Häufigkeit von 8,4% die vierthäufigste Gruppe im Aufschluss Westerwiehe, sie reicht von 4,5 (Probe 99/5/08) bis 11,8% (Probe 102/3/08). Insgesamt ist *T. orionatus* in den Schichten 99, 103 und 104 weniger häufig (unter 8%) als in den Schichten 100 – 102 (über 8%).

Die Gattung *Chiastozygus* (*Chiastozygus antiquus*, *Chiastozygus bifarius*, *Chiastozygus litterarius*, *Chiastozygus platyretas*, *Chiastozygus synquadriperforatus*, *Chiastozygus trabillis*) wird vorwiegend durch die letzten beiden Arten vertreten. Mit einer durchschnittlichen relativen Abundanz von 5,2% ist die Gattung die fünft häufigste Gruppe, deren Häufigkeit reicht von 3,1 (Probe 99/5/08) bis 7,2% (Probe 101/7/08). Allgemein ist *Chiastozygus* im unteren Bereich von Schicht 99, sowie in den Schichten 100 – 102 etwas häufiger als im übrigen Profil.

Die drei Arten *Ahmuelerella octoradiata*, *Gartnerago segmentatum* und *Kamptnerius magnificus* werden als ökologisch bedeutsame Kaltwassertaxa zusammengefasst, auch wenn sie nicht alle zu einer Verwandtschaftsgruppe gehören (Thierstein, 1976, 1981; Wind, 1979; Pospichel & Wise, 1990; Lees, 2002). Die durchschnittliche relative Häufigkeit dieser Kaltwassertaxa beträgt 2,6%, davon entfallen 1,2% auf *A. octoradiata*, 1,0% auf *G. segmentatum* und 0,4% auf *K. magnificus*. Die relative Häufigkeit dieser Gruppe reicht von 0,2 (Probe 100/4/08) bis 4,3% (Probe 102/3/08). Die Kaltwassertaxa zeigen ein auffälliges Minimum in Schicht 100 und ein weniger ausgeprägtes in Schicht 102 (ausgenommen Probe 102/3/08). Die vollständigen Ergebnisse der Zählungen sind in Tab. 1, die Abundanzschwankungen in Abb. 5 ausführlich dargestellt.

## 6 Diskussion

### 6.1 Stratigraphie

In seiner zusammenfassenden Darstellung ordnet Arnold (1964) das Profil Westerwiehe dem untersten Campan zu. Nach einer ausführlichen Untersuchung der Makrofauna revidierte Schönfeld (1985) das Alter der Sedimente Westerwiehes auf das oberste Santon. Dies erfolgte nach Funden der Crinoidenarten *Marsupites testudinarius* und im tieferen Profil auch *Uintacrinus socialis* (Schönfeld, 1985). *M. testudinarius* kann dem höheren Obersanton zugeordnet werden (z.B. Ernst & Schulz, 1974; Schulz et al., 1984). Nach den Nannofossilien (Anwesenheit von *A. cymbiformis* und *R. cf. levis*) ist aber ein früh campanzeitliches Alter anzunehmen. Diese leichten Diskrepanzen lassen sich dadurch erklären, dass a) der hier bearbeitete Aufschluss nicht identisch ist mit den von Schönfeld (1985) bearbeiteten Profilen ist und b) leichte Unschärfen bei den Grenzbeziehungen auf globaler Ebene bestehen.

### 6.2 Ökologie

Das Profil Westerwiehe zeigt eine hoch diverse und gut erhaltene Nannofossilgesellschaftung. Die geringen Schwankungen von Diversität und Abundanz (Abb. 5) spiegeln eine nahezu gleichbleibende Erhaltung wider. Für den Ablagerungszeitraum können daher stabile gleichbleibende Erhaltungsbedingungen angenommen werden. Die durchschnittliche absolute Abundanz ist mit 2,0 Mrd. Nannofossilien/g Sediment deutlich höher als in den zeitlich etwas jüngeren Sedimenten Bulderns (0,6 Mrd., Linnert & Mutterlose, 2008). Da die Erhaltung der kalkigen Nannofossilien in beiden Aufschlüssen ähnlich ist, kann eine diagenetische Überprägung für Buldern ausgeschlossen werden. Aufgrund der höheren absoluten Abundanz kalkiger Nannofossilien wurden die Sedimente des Profils Westerwiehe vorwiegend in einer küstenerferen Lage abgelagert, als jene aus Buldern. Ein weiteres Indiz hierfür ist das vermehrte Auftreten von Silt- und Feinsandanteilen in den küstennäheren Sedimenten Bulderns (Dölling, 2004; Linnert & Mutterlose, 2008), während in Westerwiehe die Tonkomponente überwiegen (Schönfeld, 1985).

Im oberen Profilabschnitt (Schichten 100 – 106) ist eine deutliche Hell-Dunkel-Schichtung (Abb. 4) mit ca. 3 m mächtigen dunklen und ca. 0,5 m mächtigen hellen Lagen erkennbar. Bereits Schönfeld (1985) beschrieb diese hellen Lagen als gefleckte Bänke, die eine hohe Dichte an Spurenfossilien aufweisen. Bei näherer Betrachtung ist der fleckige Charakter der hellen Lagen erkennbar (Taf. 1, Figs. 5, 6). Diese Rhythmität ist zwar nicht so stark ausgeprägt wie im Profil Lessmöllmann (Sorokoletov & Mutterlose, 2007) aber deutlicher als in der Ziegeleigrube Buldern (Linnert & Mutterlose, 2008). Insbesondere die helle Schicht 100 ist durch hohe Karbonatwerte, bis zu 42,6%, gekennzeichnet. Allerdings weist auch der untere Teil der dunklen Schicht 101 ähnlich hohe Werte (bis 33,8%) wie die darüber liegende helle Schicht 102 (bis 32,6%) auf. Auch die absolute Abundanz verhält sich ähnlich der Karbonatkonzentration, die höchsten Werte werden in den Lagen 100 – 102 erreicht (Abb. 5). Eine Koppelung von absoluter Abundanz und Karbonatkonzentration deutet auf einen hohen Anteil kalkiger Nannofossilien an der Karbonatsedimentation hin. Einige Taxa kalkiger Nannofossilien sind positiv mit den Karbonatwerten korreliert (*T. orionatus*, *Biscutum* spp., *Calculites* spp.). Andere Gruppen (*Reinhardtites* spp., *Eiffellithus* spp., *Prediscosphaera* spp.) wiederum verhalten sich entgegengesetzt (Abb. 5). Diese Schwankungen könnten im Zusammenhang mit einer vari-

Systematik		Probe Westerwiehe 08															
		99/1/08	99/2/08	99/3/08	99/4/08	99/5/08	99/6/08	99/7/08	99/8/08	99/9/08	99/10/08	99/11/08	100/1/08	100/2/08	100/3/08	100/4/08	100/5/08
%		26.3	28.2	22.0	20.6	23.5	23.6	27.9	25.2	22.6	23.1	22.0	20.9	38.2	38.1	42.6	38.0
absolute Abundanz (10 <sup>4</sup> Ind./g Sed.)		1.93	1.62	1.43	1.32	1.58	2.09	1.56	1.93	1.55	2.27	1.91	1.78	2.09	1.91	2.42	1.95
Diversität (- unpagierte Spezies)		83 (78)	78 (76)	79 (74)	77 (74)	77 (73)	84 (81)	76 (71)	80 (76)	78 (73)	78 (74)	80 (75)	76 (72)	78 (74)	76 (74)	74 (70)	82 (80)
Heterogenität (Shannon-Index)		3.044	3.026	3.113	3.061	3.108	3.083	3.094	3.110	3.149	3.157	2.935	3.058	3.141	2.999	2.901	3.137
Gleichmächtigkeit (Evenness)		0.753	0.755	0.784	0.771	0.779	0.760	0.783	0.787	0.801	0.799	0.758	0.786	0.799	0.767	0.758	0.776
Individuen gesamt		411	417	409	405	419	427	411	422	397	420	405	389	448	445	437	423
bestimmbar		396	395	391	392	402	411	394	405	382	405	388	372	432	425	425	410
Ordnung	Familie	Chastozogaceae															
		<i>Ahmuelarella octocarinata</i> <i>Ahmuelarella regularis</i> <i>Amphizygus brooksii</i> <i>Amphizygus brooksii</i> (dunkel) <i>Bakyrillium ambiguus</i> <i>Chastozygus antiquus</i> <i>Chastozygus bifarius</i> <i>Chastozygus literarius</i> <i>Chastozygus platyretus</i> <i>Chastozygus synquadriperforatus</i> <i>Chastozygus trabalis</i> <i>Loxolithus armilla</i> <i>Neocrepidolithus cohenii</i> <i>Reinhardtites antipodorus</i> <i>Reinhardtites cf. levis</i> <i>Staurolithes cf. dorrisi</i> <i>Staurolithes ellipticus</i> <i>Staurolithes flavus</i> <i>Staurolithes imbricatus</i> <i>Staurolithes lafitae</i> <i>Staurolithes minutus</i> <i>Staurolithes sp. (Ab ?)</i> <i>Tegumentum straderi</i> <i>Tranolithus ornatus</i> <i>Tranolithus minus</i> <i>Zeughabdodus biperforatus</i> <i>Zeughabdodus bicrescenticus</i> <i>Zeughabdodus cf. diopogrammus</i> <i>Zeughabdodus embergeri</i> <i>Zeughabdodus erectus</i> <i>Zeughabdodus neptis</i> <i>Zeughabdodus sigmoides</i> <i>Zeughabdodus irvinctus</i> <i>Zygodiscus tunisensis</i>															
Ordnung	Familie	Effelithaceae															
		<i>Effelithus eximus</i> <i>Effelithus sporkae</i> <i>Effelithus striatus</i> <i>Effelithus turrisfelli</i> <i>Helicolithus trabeculatus</i> <i>Helicolithus turonicus</i> <i>Helicolithus compactus</i> <i>Parcivalva fenestrata</i> <i>Rhagodiscus achylastarion</i> <i>Rhagodiscus angustus</i> <i>Rhagodiscus asper</i> <i>Rhagodiscus indistinctus</i> <i>Rhagodiscus reniformis</i> <i>Rhagodiscus splendens</i>															
Ordnung	Familie	Rhagodiscaceae															
		<i>Parcivalva fenestrata</i> <i>Rhagodiscus achylastarion</i> <i>Rhagodiscus angustus</i> <i>Rhagodiscus asper</i> <i>Rhagodiscus indistinctus</i> <i>Rhagodiscus reniformis</i> <i>Rhagodiscus splendens</i>															
Ordnung	Familie	Stephanolithaceae															
		<i>Scapholithus fossilis</i> <i>Corallithion complutum</i> <i>Corallithion exiguum</i> <i>Corallithion madagaskarensis</i> <i>Corallithion signum</i> <i>Rotelapillus biarcus</i> <i>Rotelapillus crenulatus</i> <i>Stenocyclonites</i>															
Ordnung	Familie	Axopodorbaceae															
		<i>Apopodorbatus albianus</i> <i>Cribrosphaerella ehrenbergii</i> <i>Tetrapodorbatus decorus</i>															
Ordnung	Familie	Biscutateae															
		<i>Biscutum dissimilis</i> <i>Biscutum ellipticum</i> <i>Biscutum melaniae</i> <i>Biscutum rotaculum</i> <i>Cruzobiscutum cf. salebrosum</i> <i>Discorbiscus ignotus</i> <i>Gardarella granulifera</i> <i>Markallus inversus</i> <i>Sarabiscutum primum</i> <i>Sollasites horticus</i>															
Ordnung	Familie	Prediscosphaeraceae															
		<i>Prediscosphaera cretacea</i> <i>Prediscosphaera grandis</i> <i>Prediscosphaera majungae</i> <i>Prediscosphaera spinosa</i> <i>Prediscosphaera spp.</i>															
Ordnung	Familie	Cretarhabdaceae															
		<i>Cretarhabdus conicus</i> <i>Cretarhabdus striatus</i> <i>Platylites oclonius</i> <i>Granitarhabdus coronadventis</i> <i>Helena chiaista</i> <i>Miravestrina bergani</i> <i>Retecapsa angustiflora</i> <i>Retecapsa crenulata</i> <i>Retecapsa ficula</i> <i>Retecapsa sturilla</i>															
Ordnung	Familie	Tubodiscaceae															
		<i>Manivella pennatoides</i> <i>Tubodiscus sp.</i>															
Ordnung	Familie	Watznaeriaeae															
		<i>Cyclagastisphaera reinhardtii</i> <i>Cylindrotholus serratus</i> <i>Diazonalolithus lehmanni</i> <i>Haequs ellipticus</i> <i>Watznaeria barnesiae</i> <i>Watznaeria biporta</i> <i>Watznaeria fossacincta</i> <i>Watznaeria ovata</i> <i>Watznaeria quadricarinata</i>															
Ordnung	Familie	Arkhangelskiellaceae															
		<i>Arkhangelskiella coriulosa</i> <i>Arkhangelskiella cyboriformis</i> <i>Bronsonia furva</i> <i>Bronsonia parva expansa</i> <i>Bronsonia signata</i>															
Ordnung	Familie	Kampferiaceae															
		<i>Gartnerago segmentatum</i> <i>Nannithieris magrillucii</i>															
Ordnung	Familie	Holococcolithen															
		<i>Calculites obscurus</i> <i>Calculites ovals</i> <i>Lucianorhabdus cayeuxii</i> <i>Luzonolithus matisformis</i>															
Ordnung	Familie	Braarudosphaeraceae															
		<i>Braarudosphaera africana</i> <i>Braarudosphaera bigelowi</i> <i>Micrantholithus obtusus</i> <i>Lapidocassiss bleeki</i> <i>Lapidocassiss glans</i>															
Ordnung	Familie	Lapidocassissaeae															
		<i>Lapidocassiss bleeki</i> <i>Lapidocassiss glans</i>															
Ordnung	Familie	Lithraphidites															
		<i>Lithraphidites carriolensis</i> <i>Lithraphidites acutus</i> <i>Lithraphidites praquadatus</i> <i>Microrhabdulus decoratus</i> <i>Microrhabdulus sp.</i>															
Ordnung	Familie	Nannococconeae															
		<i>Nannococcus sp.</i>															
Ordnung	Familie	Polycyclolithaceae															
		<i>Eproolithus antiquus</i> <i>Eproolithus aptapetalus</i> <i>Eproolithus horalis</i> <i>Eproolithus octapetalus</i> <i>Fartenia varolii</i> <i>Lithastrinus gnili</i> <i>Lithastrinus septenarius</i> <i>Micula concava</i> <i>Micula decussata</i> <i>Micula swastica</i> <i>Quadrum enebachium</i> <i>Quadrum eptabrachium</i> <i>Quadrum gartneri</i> <i>Quadrum intermedium</i> <i>Radolithus langii</i> <i>Radolithus planus</i> <i>Tegulolithus septentrionalis</i> <i>Ulpianus sp.</i>															
Ordnung	Familie	Zugehörigkeit unklar															
		<i>Paleotribrachiatus sp.</i> <i>Marthasterites sp.</i>															

Tab. 1a: Zählweise (Diversität / Abundanz) der im Profil Westerwiehe auftretenden Taxa (kalkige Nannofossilien) für den unteren Profilabschnitt.



ierenden Produktivität kalkiger Nannofossilien stehen. Die höheren Mengen an Kalziumkarbonat in den Lagen 100 – 102 wurden so in Phasen erhöhter mariner Karbonatproduktivität gebildet.

Die Gattung *Biscutum* ist allgemein die am häufigsten beobachtete Gruppe in Westerwiehe (Durchschnitt 22,2%), sie wird als Indikator für nährstoffreiche (eutrophe) Oberflächenwässer interpretiert (z. B. Roth & Krumbach, 1986; Watkins, 1989; Erba et al., 1992). Sie dominiert insbesondere die Schichten 100 und 101, für die aufgrund höherer absoluter Abundanzen eine erhöhte Produktivität anzunehmen ist. *Tranolithus orionatus* scheint ebenfalls in den Schichten erhöhter Karbonatkonzentration (100 – 102) vermehrt vorzukommen. Gemäß älterer Studien (z. B. Lees et al., 2002; Bornemann et al., 2005) ist *T. orionatus* eine Kaltwasserart; eine neuere Studie interpretiert *T. orionatus* hingegen als eine Form der nährstoffarmer Gewässer (Hardas et al., 2008). Keine dieser Interpretationen kann jedoch die Korrelation von *T. orionatus* mit erhöhten Karbonatwerten und einer möglicherweise erhöhten Produktivität erklären. Gemäß den Beobachtungen in Westerwiehe ist *T. orionatus* eher als eine eutrophe Art einzustufen. Die relativ seltenen Holococcolithen der Gattung *Calculites* (Durchschnitt 1,5%) kommen ebenfalls in den Schichten erhöhter Karbonatkonzentration vermehrt vor. Somit könnte *Calculites* ebenfalls eine Präferenz für nährstoffreiche Gewässer haben.

*Prediscosphaera* mit durchschnittlich 18,6% die zweithäufigste Gattung in Westerwiehe, scheint sich entgegengesetzt zu *Biscutum* spp. zu verhalten. Höhere Abundanzen von *Prediscosphaera* spp. sind in den Schichten 99 und 102 – 104 vor zu finden. *Prediscosphaera* spp. wurde z. T. als nährstoffliebend (Erba et al., 1995) oder oligotroph (Eshet & Almogi-Labin, 1996; Thibault & Gardin, 2006) eingestuft. Die Beobachtungen aus Westerwiehe würden eher eine Vorliebe für oligotrophe Gewässer bestätigen. Ähnliches gilt auch für die in Westerwiehe relativ häufigen *Eiffellithus* spp. (Durchschnitt 4,3%). Hier wurde eher eine oligotrophe Präferenz vorgeschlagen (Eshet & Almogi-Labin, 1996; Friedrich et al., 2005; Thibault & Gardin, 2006). Höhere relative Abundanzen von *Eiffellithus* spp. sind vor allem im oberen Teil der Schicht 99 und in Schicht 104 zu beobachten. Die mit durchschnittlich 1,1% relativ seltenen *Reinhardtites* spp. scheinen ebenfalls eine Vorliebe für oligotrophe Bedingungen zu haben. Höhere relative Abundanzen dieser Gruppe sind besonders in den Schichten 99 und 103 – 104 an zu treffen.

Die Gattung *Watznaueria* wurde z. T. als eine oligotrophe Form eingestuft (z. B. Erba et al., 1992; Kessels et al., 2003; Bornemann et al., 2005). Eshet & Almogi-Labin (1996) sehen *Watznaueria* spp. jedoch als mesotroph an, während Mutterlose (1991) diese Gruppe sogar als euryök interpretierte. In Westerwiehe kommt *Watznaueria* spp. mit durchschnittlich 11,2% relativ häufig vor, allerdings variiert diese Gruppe kaum. *Watznaueria* spp. korreliert nicht mit den Karbonatwerten, so dass ein eher euryöker oder mesotropher Charakter von *Watznaueria* spp. nahe liegt. Auch die Gruppen *Chiastozygus* spp. und *Zeugrhabdotus* spp., die mit durchschnittlich 5,2 und 4,9% ebenfalls relativ häufig in Westerwiehe anzutreffen sind, verhalten sich ähnlich. Die Gattung *Zeugrhabdotus* wurde als mesotroph interpretiert (z.B. Thibault & Gardin, 2006), die in Westerwiehe seltene Art *Z. erectus* auch als eutroph (z. B. Roth & Bowdler, 1981; Erba et al., 1992). Für *Chiastozygus* gibt derzeit noch keine palökologische Interpretation. Die Beobachtungen in Westerwiehe lassen beide Gruppen eher als euryök oder mesotroph erscheinen, da sie nicht mit den Karbonatwerten korrelieren.

Die Kaltwassertaxa *Ahmuellerella octoradiata*, *Gartnerago segmentatum* und *Kamptnerius magnificus* zeigen ein markantes Minimum in Schicht 100 und ein weiteres Minimum in Schicht 102. Geringe Abundanzen der Kaltwassertaxa sind mit den hellen Lagen verbunden. Möglicherweise sind die hellen Lagen in Phasen kurzfristiger Erwärmung entstanden. Ein ähnlicher Rückgang wurde bereits in den hellen Lagen des Profils Lessmöllmann beobachtet (Sorokoletov & Mutterlose, 2007).

Die Sedimente der Emscher-Formation entstanden nach diesen Befunden in einem meso- bis eutrophen Schelfmeer. Die Nannofossilvergesellschaftung wurde von eutrophen Taxa wie *Biscutum* spp. dominiert, doch auch der Anteil der eher oligotrophen Taxa wie *Prediscosphaera* spp. war relativ groß. Die Nannofloren des küstenferneren Westerwiehe ähneln denen des küstennäheren Buldern. Im Vergleich zu Buldern zeigen sich in Westerwiehe nur geringfügige Verschiebungen der Nannofossilvergesellschaftung. Unter anderem sind *Prediscosphaera* spp. und *Eiffellithus* spp. in Westerwiehe etwas häufiger als in Buldern, während *T. orionatus* und *Zeugrhabdotus* spp. etwas seltener sind. Vermutlich waren höhere Nährstoffkonzentrationen in Küstennähe die Ursache für diese Unterschiede. Allgemein waren die Nährstoffkonzentrationen und wahrscheinlich auch die Temperatur hochfrequenten zyklischen Schwankungen unterworfen.

Perioden erhöhter Produktivität wechselten sich mit Phasen geringerer Produktivität ab. In Phasen höherer Produktivität dominierten vor allem eutrophe Taxa, allgemein war die Absoluthäufigkeit der kalkigen Nannofossilien höher. Eine höhere Abundanz kalkiger Nannofossilien führte schließlich zu einer erhöhten Karbonatsedimentation.

Hohe Nährstoffkonzentrationen während der Sedimentation der Emscher-Formation im gesamten Münsterländer Kreidebecken eröffnen natürlich die Frage nach der Herkunft des Nährstoffeintrags. Fluvialer Eintrag oder Eintrag durch Niederschläge dürften eigentlich vermehrt nur im küstennahen Buldern aufgetreten sein. Trotzdem war die eher küstenferne Nannoflora in Westerwiehe relativ ähnlich mit jener aus Buldern. Die Nährstoffe sind vermutlich gemeinsam mit dem siliziklastisch-tonigen Anteil der Emscher-Formation (ca. 70%) in das gesamte Münsterländer Becken relativ gleichmäßig eingetragen worden. Der Eintrag dieser Siliziklastika erfolgte wahrscheinlich aus dem nördlich angrenzenden ehemaligen Niedersächsischen Becken, das sich während der Absenkung des Münsterländer Beckens hob (Hiss, 1995). Der Eintrag aus dem Norden wird durch die Anwesenheit von Nannofossiltaxa aus dem Hauterive – Turon bestätigt.

## 7 Ergebnisse

Im Profil Westerwiehe sind gut erhaltene, individuenreiche und hoch diverse kalkige Nannofossilien zu beobachten. Stratigraphisch stammt diese Nannofossilvergesellschaftung aus dem Santon-Campan-Grenzbereich. Die durchgehend hohe Diversität sowie die hohe Absoluthäufigkeit deuten auf gleichbleibende stabile Ablagerungsbedingungen hin. Nährstoffliebende Taxa wie *Biscutum* spp. und *T. orionatus* überwiegen die Vergesellschaftung, aber auch mesotrophe (*Zeugrhabdotus* spp.) und oligotrophe Taxa (*Prediscosphaera* spp.) waren häufig anzutreffen. Die Zusammensetzung der Nannoflora lässt auf mesotrophe – eutrophe Bedingungen schließen. Größere Schwankungen in der vertikalen Verteilung eutropher sowie oligotropher Taxa deuten auf eine schwankende Produktivität kalkiger Nannofossilien während des Ablagerungszeitraums hin. Ein Vergleich mit den küstennäheren Sedimenten des Profils Buldern zeigt annähernd gleiche Nannofossilvergesellschaftungen für das küstennähere (Buldern) und das küstenfernere Profil (Westerwiehe). Die Nährstoffe wurden gemeinsam mit dem tonigen Anteil (ca. 70%) der Emscher-Formation eingetragen. Diese Siliziklastika stammen zumindest teilweise aus den Unterkreidetonen des Niedersächsischen Beckens.

## 8 Taxonomischer Index

Taxonomischer Index der im Text, Abbildungen und Tabellen aufgeführten Taxa

Kalkige Nannofossilien:

*Ahmuelлераella octoradiata* (Górka, 1957) Reinhardt, 1966  
*Ahmuelлераella regularis* (Górka, 1957) Reinhardt & Gorka, 1967  
*Amphizygus brooksii* Bukry, 1969  
*Arkhangelskiella confusa* Burnett, 1998  
*Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina, 1959  
*Axopodorhabdus albianus* (Black, 1967) Wind & Wise, 1977  
*Biscutum dissimilis* Wind & Wise, 1977  
*Biscutum ellipticum* (Górka, 1957) Grün, 1977  
*Biscutum melaniae* (Górka, 1957) Burnett, 1997  
*Biscutum notaculum* Wind & Wise, 1977  
*Braarudosphaera bigelowii* (Gran & Braarud, 1935) Deflandre, 1947  
*Braarudosphaera africana* Stradner, 1961  
*Broinsonia enormis* (Shumenko, 1968) Manivit, 1971  
*Broinsonia furtiva* Bukry, 1969  
*Broinsonia parca* (Stradner, 1963) Bukry, 1969 ssp. *expansa* Wise & Watkins, 1983  
*Broinsonia parca* (Stradner, 1963) Bukry, 1969 ssp. *parca*  
*Broinsonia signata* (Noël, 1969) Noël, 1970  
*Bukryolithus ambiguus* Black, 1971  
*Calculites obscurus* (Deflandre, 1959) Prins & Sissingh, 1977  
*Calculites ovalis* (Stradner, 1963) Prins & Sissingh, 1977  
*Chiastozygus antiquus* (Perch-Nielsen, 1973) Burnett, 1998  
*Chiastozygus bifarius* Bukry, 1969  
*Chiastozygus litterarius* (Górka, 1957) Manivit, 1971  
*Chiastozygus platyretas* Hill, 1976  
*Chiastozygus synquadriperforatus* Bukry, 1969  
*Chiastozygus trabilis* (Górka, 1957), Burnett 1998  
*Corollithion completum* Perch-Nielsen, 1973  
*Corollithion exiguum* Stradner, 1961  
*Corollithion madagaskarensis* Perch-Nielsen, 1973  
*Corollithion signum* Stradner, 1963  
*Cretarhabdus conicus* Bramlette & Martini, 1964  
*Cretarhabdus striatus* (Stradner, 1963) Black, 1973  
*Cribrosphaerella ehrenbergii* (Arkhangelsky, 1912) Deflandre, 1952  
*Crucibiscutum salebrosum* (Black, 1971) Jakubowski, 1986  
*Cyclagelosphaera reinhardtii* (Perch-Nielsen, 1968) Romein, 1977  
*Cylindralithus serratus* Bramlette & Martini, 1964  
*Diazomatolithus lehmanii* Noël, 1965  
*Discorhabdus ignotus* (Górka, 1957) Perch-Nielsen, 1968  
*Eiffellithus eximius* (Stover, 1966) Perch-Nielsen, 1968  
*Eiffellithus gorkae* Reinhardt, 1965  
*Eiffellithus striatus* (Black, 1971) Applegate and Bergen, 1988  
*Eiffellithus turriseiffelii* (Deflandre, 1954) Reinhardt, 1965  
*Eprolithus antiquus* Perch-Nielsen, 1979  
*Eprolithus eptapetalus* Varol, 1992  
*Eprolithus floralis* (Stradner, 1962) Stover, 1966  
*Eprolithus octopetalus* Varol, 1992  
*Farhania varolii* Jakubowski, 1986  
*Flabellites oblongus* (Bukry, 1969) Crux, 1982  
*Garderella granulifera* Black, 1973  
*Gartnerago segmentatum* (Stover, 1966) Thierstein, 1974  
*Grantarhabdus coronadventis* (Reinhardt, 1966) Grün, 1975  
*Haquius ellipticus* (Grün, 1975) Bown, 1992



*Helena chiastia* Worsley, 1971  
*Helicolithus compactus* (Bukry, 1969) Varol & Girgis, 1994  
*Helicolithus trabculatus* (Görka, 1957) Verbeek, 1977  
*Helicolithus turonicus* Varol & Girgis, 1994  
*Kamptnerius magnificus* Deflandre, 1959  
*Lapidaecassis blacki* Perch-Nielsen, 1977  
*Lapidaecassis glans* Black, 1971  
*Lithastrinus grilli* Stradner, 1962  
*Lithastrinus septinarius* Forchheimer, 1972  
*Lithraphidites acutus* Verbeek & Manivit 1977  
*Lithraphidites carniolensis* Deflandre, 1963  
*Lithraphidites pseudoquadratus* Crux, 1981  
*Loxolithus armilla* (Black, 1959) Noël, 1965  
*Lucianorhabdus cayeuxii* Deflandre, 1959  
*Lucianorhabdus maleformis* Reinhardt, 1966  
*Manivitella pematoida* (Deflandre, 1965) Thierstein, 1971  
*Markalius inversus* (Deflandre, 1954) Bramlette & Martini, 1964  
*Marthasterites* Deflandre, 1959  
*Micrantholithus obtusus* Stradner, 1963  
*Micula concava* (Stradner, 1960)  
*Micula decussata* Vekshina, 1959  
*Micula swastica* Stradner & Steimetz, 1984  
*Microrhabdulus decoratus* Deflandre, 1959  
*Miravestinia berganii* Lees, 2007  
*Nannoconus* Kamptner, 1931  
*Neorepidolithus cohenii* (Perch-Nielsen, 1968) Perch-Nielsen, 1984  
*Orastrum campanensis* (Cepek, 1970) Wind & Wise, 1977  
*Percivalia fenestrata* (Worsley, 1971) Wise, 1983  
*Prediscosphaera cretacea* (Arkhangelsky, 1912) Gartner, 1968  
*Prediscosphaera grandis* Perch-Nielsen, 1979  
*Prediscosphaera majungae* Perch-Nielsen, 1973  
*Prediscosphaera spinosa* (Bramlette & Martini, 1964) Gartner, 1968  
*Quadrum enaebrachium* Varol, 1992  
*Quadrum eptabrachium* Varol, 1992  
*Quadrum gartneri* Prins & Perch-Nielsen, 1977  
*Quadrum intermedium* Varol, 1992  
*Radiolithus langhii* Varol, 1992  
*Radiolithus planus* Stover, 1966  
*Reinhardtites anthophorus* (Deflandre, 1959) Perch-Nielsen, 1968  
*Reinhardtites* cf. *levis* Prins & Sissingh, 1977  
*Retecapsa angustiforata* Black, 1971  
*Retecapsa crenulata* (Bramlette & Martini, 1964) Grün, 1975  
*Retecapsa ficula* (Stover, 1966) Burnett, 1998  
*Retecapsa surirella* (Deflandre & Fert, 1954) Grün, 1975  
*Rhagodiscus achlystaurion* (Hill, 1976) Doeven, 1983  
*Rhagodiscus angustus* (Stradner, 1963) Reinhardt, 1971  
*Rhagodiscus asper* (Stradner, 1963) Reinhardt, 1967  
*Rhagodiscus indistinctus* Burnett, 1998  
*Rhagodiscus reniformis* Perch Nielsen, 1973  
*Rhagodiscus splendens* (Deflandre, 1953) Verbeek, 1977  
*Rotelapillus biarcus* (Bukry, 1969)  
*Rotelapillus crenulatus* (Stover, 1966) Lees & Bown, 2005  
*Scapholithus fossilis* Deflandre, 1954  
*Seribscutum primitivum* (Thierstein, 1974) Filewicz et al., 1977  
*Sollasites horticus* (Stradner, 1966) Cepek & Hay, 1969  
*Staurolithites dorfii* (Bukry, 1969) Burnett, 1998  
*Staurolithites ellipticus* (Gartner, 1968) Lambert, 1987

*Staurolithites flavus* Burnett, 1998  
*Staurolithites imbricacatus* (Gartner, 1968) Burnett, 1998  
*Staurolithites laffitei* Caratini, 1963  
*Staurolithites minutus* Burnett, 1998  
*Stoverius achylosus* (Stover, 1966) Perch-Nielsen, 1986  
*Tegulalithes septentrionalis* (Stradner, 1963) Crux, 1986  
*Tegumentum stradneri* Thierstein, 1972  
*Tetrapodorhabdus decorus* (Deflandre, 1954) Wind & Wise, 1977  
*Tranolithus orionatus* (Reinhardt, 1966a) Reinhardt, 1966b  
*Tranolithus minimus* (Bukry, 1969) Perch-Nielsen, 1984  
*Tubodiscus* Thierstein, 1973  
*Uniplanarius* Hattner & Wise, 1980  
*Watznaueria barnesiae* (Black, 1959) Perch-Nielsen, 1968  
*Watznaueria biporta* Bukry, 1969  
*Watznaueria fossacincta* (Black, 1971) Bown, 1989  
*Watznaueria ovata* Bukry, 1969  
*Watznaueria quadriadiata* Bukry, 1969  
*Zeugrhabdotus bicrescenticus* (Stover, 1966) Burnett, 1996  
*Zeugrhabdotus biperforatus* (Gartner, 1968) Burnett, 1998  
*Zeugrhabdotus diplogrammus* (Deflandre, 1954) Burnett, 1996  
*Zeugrhabdotus embergeri* (Noël, 1958) Perch-Nielsen, 1984  
*Zeugrhabdotus erectus* (Deflandre, 1954) Reinhardt, 1965  
*Zeugrhabdotus neolie* Rood et al., 1971  
*Zeugrhabdotus sigmoides* (Bramlette & Sullivan, 1961) Bown & Young, 1997  
*Zeugrhabdotus trivectis* Bergen, 1994  
*Zygodiscus tunesiensis* Thibault, 2005

Crinoiden:

*Marsupites testudinarius* Schlotheim, 1820  
*Uintacrinus socialis* Grinnell

## 9 Literatur

- Arnold, H. (1964): Fazies und Mächtigkeit der Kreidestufen im Münsterländer Oberkreidegebiet. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **7**: 599-610.
- Bornemann, A., Pross, J., Reichelt, K., Herrle, J.O., Hemleben, C. & Mutterlose, J. (2005): Reconstruction of short-term palaeoceanographic changes during the formation of the „Niveau Breistroffer“ (OAE 1d, SE France). – J. Geol. Soc. London, **162**: 623-639.
- Bown, P.R. & Young, J.R. (1998): Techniques. – In: Bown, P.R. (Hrsg.): Calcareous nannofossil biostratigraphy: 16-28.
- Burnett, J. A. (1998): Upper Cretaceous. – In: Bown, P.R. (Hrsg.): Calcareous nannofossil biostratigraphy: 132-199.
- Dölling, B. (2004): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25000 4110 Senden. – 176 S.
- Erba, E., Castradori, D., Guasti, G. & Ripepe, M. (1992): Calcareous nannofossils and Milankovitch cycles: the example of the Albian Gault Clay Formation (southern England). – Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., **93**: 47-69.
- Erba, E., Watkins, D. & Mutterlose, J. (1995): Campanian dwarf calcareous nannofossils from Wodejebato Guyot in Haggerty. – Proc. Ocean Drill. Program, Sci. Results, **144**: 141-155.

- Ernst, G. (1964): Ontogenie, Phylogenie und Stratigraphie der BelemnitenGattung *Gonoteuthis* Bayle aus dem nordwestdeutschen Santon/Campan. – Fortschr. Geol. Rheinld. U. Westf., **7**: 113-174.
- Ernst, G. & Schulz, M.-G. (1974): Stratigraphie und Fauna des Coniac und Santon im Schreibkreide-Richtprofil Lägerdorf (Holstein). – Mitt. Geol. Paläont. Inst. Hamburg, **43**: 5-60.
- Eshet, Y. & Almogi-Labin, A. (1996): Calcareous nannofossils as paleoproductivity indicators in Upper Cretaceous organic-rich sequences in Israel. – Mar. Micropaleontol., **29**: 37-61.
- Fesl, S., Bornemann, A. & Mutterlose, J. (2005): Die Baumberge-Schichten (Ober-Campan) im nordwestlichen Münsterland – Biostratigraphie und Ablagerungsraum. – Geol. Paläont. Westf., **65**: 95-116.
- Friedrich, O., Herrle, J.O. & Hemleben, C. (2005): Climatic changes in the late Campanian-early Maastrichtian: micropaleontological and stable isotopic evidence from an epicontinental sea. – J. Foram. Res., **35**: 228-247.
- 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. – Micropal., **45**: 437-442.
- Hardas, P., Mutterlose, J., Friedrich, O. & Erbacher, J. (2008): A major biotic event in the middle Cenomanian equatorial Atlantic. – In: Hardas, 2008. The response of calcareous nannofossils to Oceanic Anoxic Event 2 and the Middle Cenomanian Event in the tropical Atlantic: Biostratigraphy and palaeoceanographic implications: 84-129. Dissertation erhältlich unter: <http://www-brs.ub.ruhr-uni-bochum.de/netathtml/HSS/Diss/HardasPetros/diss.pdf>
- Hiss, M. (1995): Kreide. – In: Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Geologie im Münsterland: 41-65.
- Hiss, M. (2006a): Emscher-Formation. In LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR. Last updated 22.06.2006. [cited 07.09.2007]. Record No, 2008007. erhältlich unter: [http://www.bgr.de/app/LithoLex/gesamt\\_ausgabe\\_neu.php5?id=2008007](http://www.bgr.de/app/LithoLex/gesamt_ausgabe_neu.php5?id=2008007)
- Hiss, M. (2006b): Recklinghausen-Formation. In LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR. Last updated 22.06.2006. [cited 07.09.2007]. Record No, 2008020. erhältlich unter: [http://www.bgr.de/app/LithoLex/gesamt\\_ausgabe\\_neu.php5?id=2008020](http://www.bgr.de/app/LithoLex/gesamt_ausgabe_neu.php5?id=2008020)
- Hiss, M. (2006c): Haltern-Formation. In LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR. Last updated 22.06.2006. [cited 07.09.2007]. Record No, 2008019. erhältlich unter: [http://www.bgr.de/app/LithoLex/gesamt\\_ausgabe\\_neu.php5?id=2008019](http://www.bgr.de/app/LithoLex/gesamt_ausgabe_neu.php5?id=2008019)
- Hiss, M. (2006d): Dülmen-Formation. In LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR. Last updated 22.06.2006. [cited 07.09.2007]. Record No, 2008031. erhältlich unter: [http://www.bgr.de/app/LithoLex/gesamt\\_ausgabe\\_neu.php5?id=2008031](http://www.bgr.de/app/LithoLex/gesamt_ausgabe_neu.php5?id=2008031)
- Keaver, M. & Lommerzheim, A. (1991): Die Bohrung Metelen 1001 Stratigraphie, Palökologie und Fazies zyklischer Sedimente des Campans im nordwestlichen Münsterland (NW-Deutschland). – Facies, **24**: 267-284.
- Kessels, K., Mutterlose, J. & Ruffell, A. (2003): Calcareous nannofossils from late Jurassic sediments of the Volga Basin (Russian Platform): evidence for productivity-controlled black shale deposition. – J. Earth Sci., **92**: 743-757.
- Lees, J. A. (2002): Calcareous nannofossils biogeography illustrates palaeoclimate change in the Late Cretaceous Indian Ocean. – Cretaceous Res., **23**: 537-634.

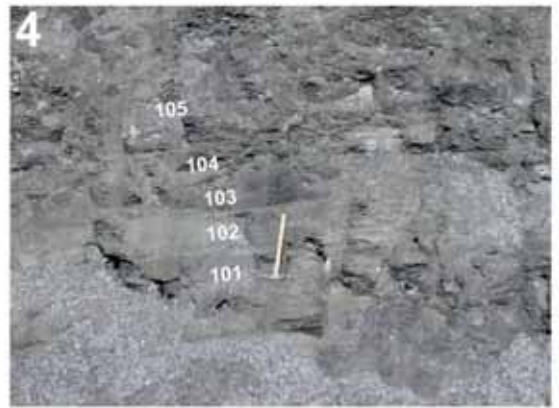
- Linnert, C. & Mutterlose, J. (2008): Kalkige Nannofossilien des Untercampan (Oberkreide) von Buldern (Stadt Dülmen; NRW). – Geol. Paläont. Westf., **71**: 77-101.
- Müller, G. & Gastner, M. (1971): The „Karbonat-Bombe“, a simple device for the determination of the carbonate content in sediments, soils, and other materials. – N. Jb. Mineral., **10**: 466-469.
- Mutterlose, J. (1991): Das Verteilungs- und Migrationsmuster des kalkigen Nannoplanktons der Unterkreide (Valangin-Apt) NW-Deutschlands. – Palaeontographica, **B 221**: 27-152.
- Niebuhr, B., Hiss, M., Kaplan, U., Tröger, K.-A., Voigt, S., Voigt, Th., Wiese, F. & Wilmsen, M. (2007): Beitrag zur Stratigraphie von Deutschland: Lithostratigraphie der norddeutschen Oberkreide. Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften **55**: 1-136.
- Ogg, J.G., Ogg, G., & Gradstein, F.M. (2008): The concise geologic time scale. – 177S., Cambridge University Press.
- Perch-Nielsen, K. (1979): Calcareous Nannofossils from the Cretaceous between the North Sea and the Mediterranean. – Aspekte der Kreide Europas. IUGS Series A, **6**: 223-272.
- Pospichal, J.J. & Wise Jr., S.W. (1990): Calcareous nannofossils across the K-T boundary, ODP-Hole 690C, Maud Rise, Weddell Sea. – Proc. Ocean Drill. Program, Sci. Results, **113**: 515-532.
- Riedel, L. (1931): Zur Stratigraphie und Faciesbildung im Oberemser und Untersenen am Südrande des Beckens von Münster. – Jb. Preuß. Geol. LA, **51**: 605-713.
- Roth, P.H. & Bowdler, J.L. (1981): Middle Cretaceous calcareous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the Atlantic Ocean. – In: Warme, J. E., Douglas, R.G. & Winterer, E.L. (Hrsg.), the Deep Sea Drilling Project: a decade of progress.– SEPM Special Public., **32**: 517-546.
- Roth, P.H. & Krumbach, K.R. (1986): Middle Cretaceous Nannofossil Biogeography and Preservation in the Atlantic and Indian Oceans: Implications for Palaeoceanography. – Mar. Micropalaeontol., **10**: 235-266.
- Schlüter, C.A. (1871-76): Cephalopoden der oberen deutschen Kreide. – Palaeontographica, **21**: 1-24; **21**: 25-120; **24**: 1-144.
- Schlüter, C.A. (1874): Der Emscher Mergel. Vorläufige Notiz über ein zwischen Cuvieri-Pläner und Quadraten-Kreide lagerndes mächtiges Gebirgsglied. – Z. dt. geol. Ges., **26**: 775-782.
- Schönfeld, J. (1985): Zur Lithologie, Biostratigraphie und Fossilführung des Ober-Santon Mergels von Westerwiehe (Ostwestfalen). – Geol. Paläont. Westf., **5**: 7-50.
- Schulz, M.-G., Ernst, G., Ernst, H. & Schmid, F. (1984): Coniacian to Maastrichtian stage boundaries in the standard section for the Upper Cretaceous white Chalk of NW Germany (Lägerdorf-Kroonsmoor-Hemmoor): Definitions and proposals. – Bull. geol. Soc. Denmark, **33**: 203-215.
- Seitz, O. (1961): Die Inoceramen des Santon von Nordwestdeutschland I. Teil (Die Untergattungen *Platyceramus*, *Cladoceramus* und *Cordiceramus*). – Beih. Geol. Jb., **46**: 1-180.
- Sorokoletov, M. & Mutterlose, J. (2007): Kalkige Nannofossilien des Coniac-/Santon-Grenzbereichs (Oberkreide) der Mergelgrube Lessmöllmann (Castrop-Rauxel; NRW) – Geol. Paläont. Westf., **69**: 47-65.
- Stolley, E. (1916): Neue Beiträge zur Kenntnis der nordeutschen Kreide. – I – IV. - Jber. Niedersächs. Geol. Ver. Hannover, **9**: 62-108.
- Stradner, H. (1965): Neue mikropaläontologische Untersuchungen zur Gliederung der westfälischen Oberkreide. Nannofossiluntersuchungen an Bohrkernen der Tiefbohrung Donar 5 (südliches Münsterland, Mbl. Drenssteinfurt 4212). – Erdöl & Kohle, Erdg., Petroch., **18**: 737-738.

- Stratigraphische Kommission Deutschlands, Hrsg. (2000): Stratigraphie von Deutschland III. Die Kreide der Bundesrepublik Deutschland. – Courier Forschungsinstitut Senckenberg, **226**: 1-207.
- Svabenicka, L. (1991): Coccolithen-Stratigraphie der höheren Oberkreide der Bohrung Metelen 1001 (Münsterland, NW-Deutschland). – *Facies*, **24**: 107-112.
- Thibault, N. & Gardin, S. (2006): Maastrichtian calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoecology in the Equatorial Atlantic (Demerara Rise, ODP Leg 207 Hole 1258A). *Rev. Micropal.*, **49**: 199-214.
- Thierstein, H.R. (1976): Mesozoic calcareous nannoplankton Biostratigraphy of Marine Sediments. – *Mar. Micropaleontol.*, **1**: 325-362.
- Thierstein, H. R. (1981): Late Cretaceous nannoplankton and the change at the Cretaceous-Tertiary boundary. - In: Warme, J. E., Douglas, R.G. & Winterer, E.L. (Hrsg.), the Deep Sea Drilling Project: a decade of progress. - *SEPM Special Public.*, **32**: 355-394.
- Watkins, D.K. (1989): Nannoplankton productivity fluctuations and rhythmically-bedded pelagic carbonates of the Greenhorn Limestone (Upper Cretaceous). – *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **74**: 75-86.
- Wind, F.H. (1979): Maastrichtian-Campanian nannofloral provinces of the southern Atlantic and Indian Oceans. – In: Talwani, M., Hay, W. & Ryan, W.B.F. (Hrsg.), *Deep Drilling Results in the Atlantic Ocean: Continental Margins and Paleoenvironment*. American Geophysical Union, Washington: 123-137.

**Tafel 1:** Ansichten des Aufschlusses Westerwiehe im Frühjahr 2008.

**Figs. 1-3:** Nordwand der Mergelgrube mit den hellen Lagen 100, 102 und 106.

**Figs. 4-6:** Detailansicht der Lagen 101 – 105.

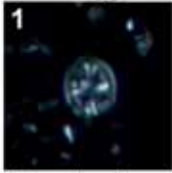


**Tafel 2:** Kalkige Nannofossilien (Chiastozygaceae, Eiffelithaceae).

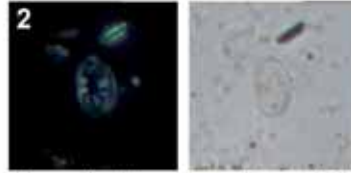


15µm

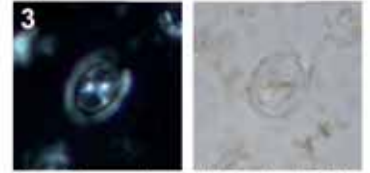
Chiastozygaceae →



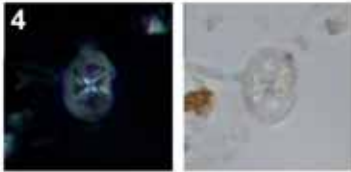
1 *Ahmuellerella octoradiata* (Probe 99/2)



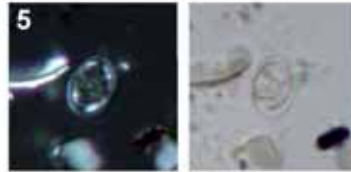
2 *Ahmuellerella regularis* (Probe 102/4)



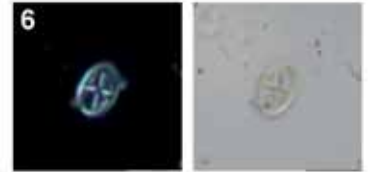
3 *Amphizygus brooksii* (Probe 102/4)



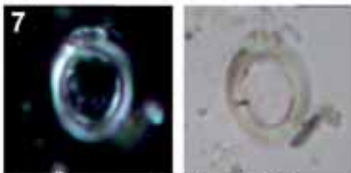
4 *Chiastozygus bifarius* (Probe 102/4)



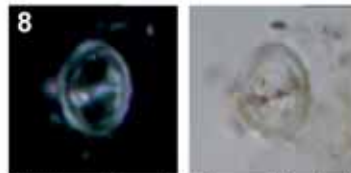
5 *Chiastozygus trabalis* (Probe 99/2)



6 *Chiastozygus synquadriperforatus* (Probe 99/2)



7 *Loxolithus armilla* (Probe 99/2)



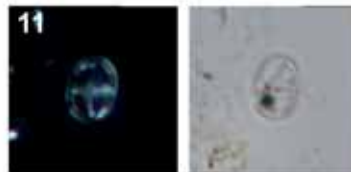
8 *Reinhardtites anthophorus* (Probe 99/9)



9 *Reinhardtites cf. levis* (Probe 99/9)



10 *Staurolithites ellipticus* (Probe 102/4)



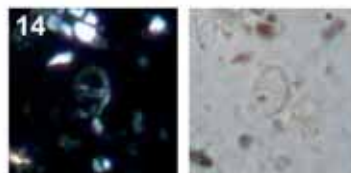
11 *Staurolithites imbricatus* (Probe 99/9)



12 *Tegumentum stradneri* (Probe 99/2)



13 *Tranolithus orionatus* (Probe 99/2)



14 *Zeugrhabdotus cf. diplogrammus* (Probe 102/4)



15 *Zeugrhabdotus bicrescenticus* (Probe 99/2)



16 *Zeugrhabdotus biperforatus* (Probe 102/4)



17 *Zeugrhabdotus trivectis* (Probe 99/2)



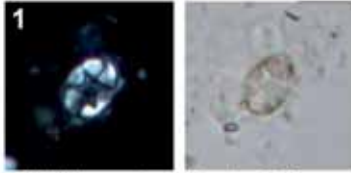
18 *Eiffellithus eximius* (Probe 99/2)

Eiffellithaceae →

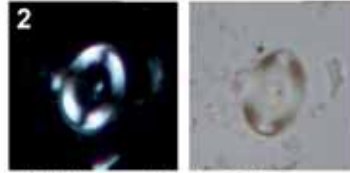
**Tafel 3:** Kalkige Nannofossilien (Chiastozygaceae, Calciosaleniaceae, Stephanolithiaceae, Axopodorhabdaceae, Biscutaceae, Prediscosphaeraceae).

15µm

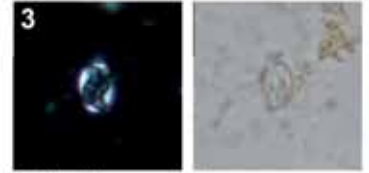
**Eiffellithaceae** →



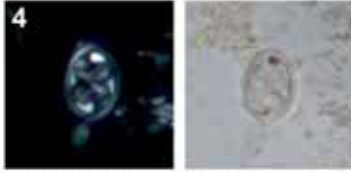
**1**  
*Eiffellithus gorkae* (Probe 99/2)



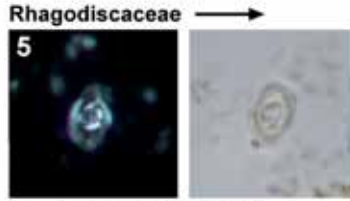
**2**  
*Eiffellithus* sp. (Probe 99/2)



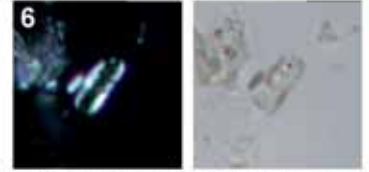
**3**  
*Helicolithus compactus*  
(Probe 102/4)



**4**  
*Helicolithus trabeculatus*  
(Probe 102/4)

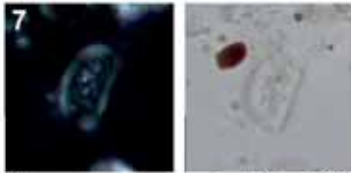


**5**  
*Rhagodiscus achlyostaurion*  
(Probe 99/2)

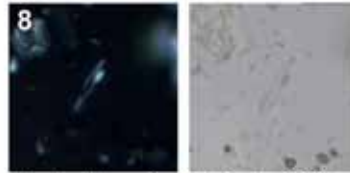


**6**  
*Rhagodiscus angustus* (Probe 99/2)

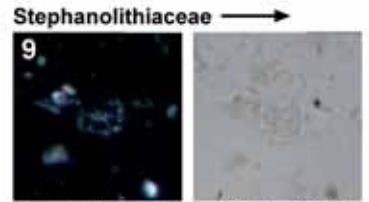
**Calciosoleniaceae**



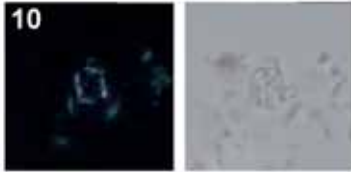
**7**  
*Rhagodiscus reniformis* (Probe 99/9)



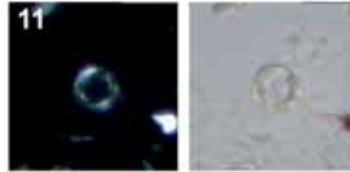
**8**  
*Scapholithus fossilis* (Probe 99/2)



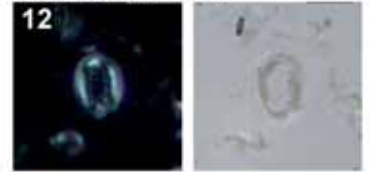
**9**  
*Corollithion exiguum* (Probe 101/4)



**10**  
*Corollithion signum* (Probe 99/9)



**11**  
*Rotelapillus crenulatus* (Probe 102/4)

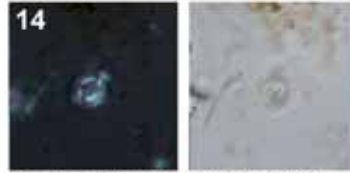


**12**  
*Cribrosphaerella ehrenbergii*  
(Probe 99/2)

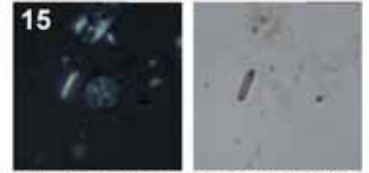
**Biscutaceae** →



**13**  
*Biscutum dissimilis* (Probe 99/2)



**14**  
*Biscutum ellipticum* (Probe 99/2)

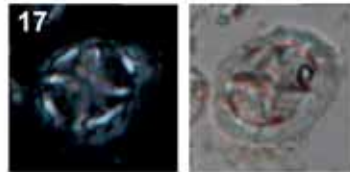


**15**  
*Discorhabdus ignotus* (Probe 99/2)

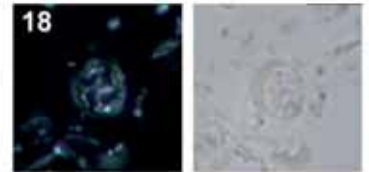
**Prediscosphaeraceae** →



**16**  
*Prediscosphaera cretacea*  
(Probe 99/2)



**17**  
*Prediscosphaera grandis*  
(Probe 101/3)

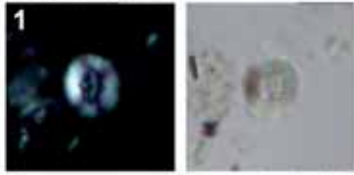


**18**  
*Prediscosphaera spinosa*  
(Probe 99/2)

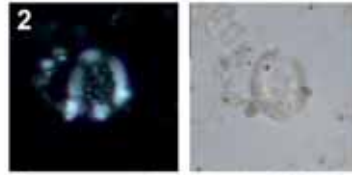
**Tafel 4:** Kalkige Nannofossilien (Cretarhabdaceae, Watznaueriaceae, Arkhangelskiellaceae, Kamptneriaceae, Calyptroshaeraceae, Braarudosphaeraceae, Microrhabdulaceae, Nannoconacea, Polycyclolithaceae).

15µm

**Cretarhabdaceae** →

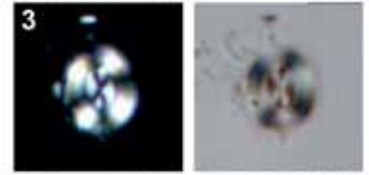


*Retecapsa angustiforata* (Probe 99/2)

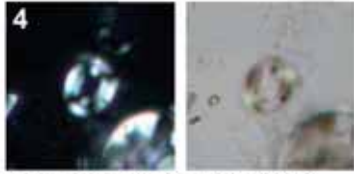


*Retecapsa surirella* (Probe 99/2)

**Watznaueriaceae** →

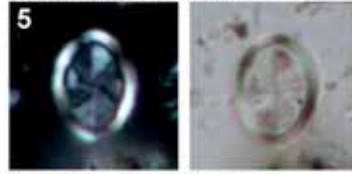


*Watznaueria barnesiae* (Probe 99/2)

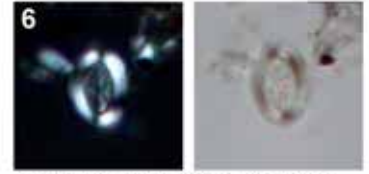


*Watznaueria ovata* (Probe 99/2)

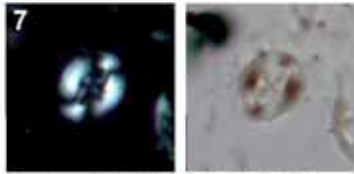
**Arkhangelskiellaceae** →



*Arkhangelskiella cymbiformis*  
(Probe 101/3)



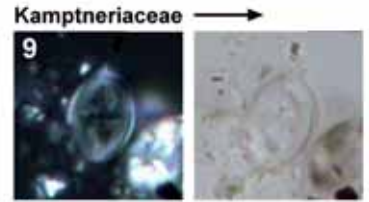
*Broinsonia enormis* (Probe 99/2)



*Broinsonia furtiva* (Probe 99/11)

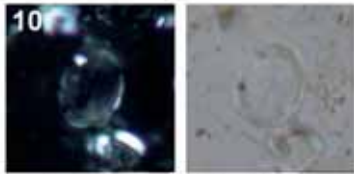


*Broinsonia signata* (Probe 99/9)

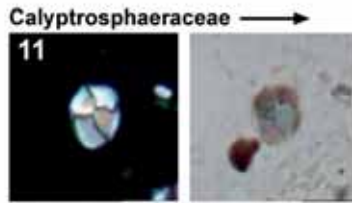


*Gartnerago segmentatum*  
(Probe 99/2)

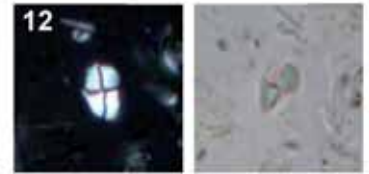
**Kamptneriaceae** →



*Kamptnerius magnificus* (Probe 99/2)



*Calculites obscurus* (Probe 102/4)

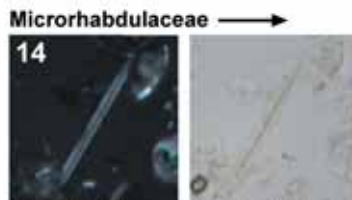


*Calculites ovalis* (Probe 99/2)

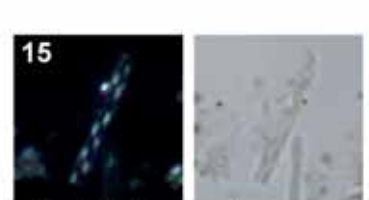
**Calyptosphaeraceae** →



*Braarudosphaera bigelowii*  
(Probe 99/2)

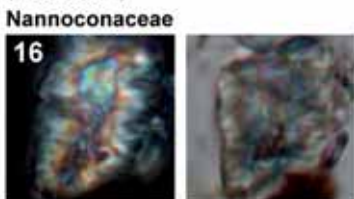


*Lithraphidites carniolensis* (Probe 99/2)

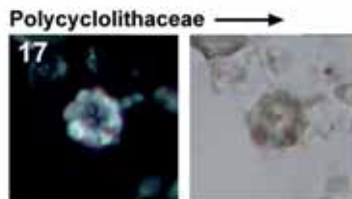


*Microrhabdulus decoratus*  
(Probe 99/2)

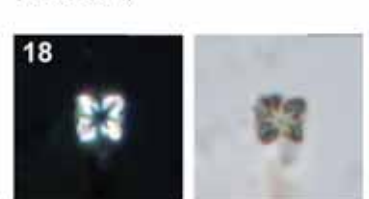
**Microrhabdulaceae** →



*Nannoconus* sp. (Probe 99/9)



*Eprolithus octopetalus* (Probe 99/9)



*Micula decussata* (Probe 99/2)

**Polycyclolithaceae** →