

Geol. Paläont. Westf.	87	S. 75 - 91	7 Abb. 2 Tab.	Münster November 2015
--------------------------	----	------------	------------------	--------------------------

Stratigraphie und Nannofossilienführung der turonzeitlichen Tuffe (Oberkreide) des östlichen Münsterlandes

Nathalie Lübke¹, Ulrich Kaplan² und Jörg Mutterlose¹

Kurzfassung

Die marinen Sedimente des Oberturoniums des Münsterländer Kreidebeckens sind durch vier jeweils 2 bis 10 cm dicke vulkanische Aschelagen gekennzeichnet, von denen drei hier untersucht werden. Die biostratigraphische Einordnung dieser Horizonte erfolgt traditionell über Ammoniten und Inoceramen. In dieser Arbeit werden zum ersten Mal kalkige Nannofossilien aus den Tuffen untersucht, um zusätzliche biostratigraphische Daten zu erhalten. Weiterhin soll eine quantitative Analyse der Nannofossilien-Vergesellschaftung weitere Informationen zur Ökologie der Tufflagen liefern.

Insgesamt wurden 28 Proben aus den drei Tuffen D, E und F und eingeschalteten Mergellagen aus drei Aufschlüssen (Halle, Westfalen – Dissen – Bad Laer) genommen und auf Nannofossilien untersucht. Jeder Tuff wurde mit mindestens 3 Proben pro Lage hochauflösend beprobt. Biostratigraphisch ist Tuff D der Nannofossil-Zone UC 9b zuzuordnen; Tuff E liegt nach bisherigem Erkenntnisstand im Grenzbereich der Zonen UC 9b und UC 9c. Tuff F ist in Zone UC 9c einzuordnen. Die Vergesellschaftungen der Tuffe und der Mergellagen unterscheiden sich durch die Häufigkeitsanteile der Nannofossilgattungen *Zeughrabdotus* und *Helicolithus*. In allen drei Tufflagen sind Arten, die eine erhöhte Produktivität anzeigen, seltener als in den Mergellagen.

Die Nannofossil-Assoziationen der einzelnen Tuffe können genutzt werden, um die Tuffe D, E und F zu unterscheiden. Bei einer hochauflösenden Beprobung der Tuffhorizonte konnte innerhalb dieser keine Veränderung der Nannofossil-Vergesellschaftung festgestellt werden. Die Auswirkungen der vulkanischen Aktivität auf die Nannofossil-Vergesellschaftungen waren gering.

Abstract

The successions of marine upper Turonian sediments from the Münsterländer Kreidebecken are punctuated by four thin volcanic ash-layers, three of which are subject to this study. Traditionally, these horizons are dated by ammonite and inoceramid biostratigraphy. In this study, calcareous nannofossils from the ash-layers are used for the first time to gain additional biostratigraphic information. In addition, a quantitative analysis of the nannofossil assemblages is applied in order to obtain data of the ecology of the ash-layers.

A total of 28 samples from the ash-layers D, E and F and the intercalated marls have been collected from three outcrops (Halle, Westfalen - Dissen - Bad Laer) and studied for nannofossils. Each ash-layer has been sampled in high resolution with at least three samples per layer. Ash-layer D is assigned to nannofossil-zone UC 9b, layer E is located at the UC 9b – UC 9c – boundary, and layer F is assigned to zone UC 9c. The nannofossil assemblages within the ash-layers differ from those of the marls by the abundance patterns of *Zeughrabdotus* and *Helicolithus*. All three ash-layers show lower abundances of high productivity species.

Nannofossils are a useful tool to distinguish the ash-layers D, E and F. Despite the high-resolution sampling of the ash-layers, no changes in nannofossil assemblage composition within the ash-layers were detected. The impact of the volcanic activity on the nannofossil assemblages was low.

Anschrift der Verfasser:

¹ Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum, BRD.

² Eichenallee 141, 33332 Gütersloh, BRD.

Email: nathalie.luebke@rub.de

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	77
2 Lokalitäten und Proben	78
2.1 Halle (Westfalen).....	78
2.2 Dissen.....	78
2.3 Bad Laer	78
3 Methoden	78
4 Ergebnisse	81
4.1 Erhaltung und Diversität.....	81
4.2 Biostratigraphie	82
4.3 Quantitative Analyse	83
5 Zusammenfassung	85
Taxonomischer Index.....	86
Literatur.....	87
Anhang	88

1 Einleitung

Die marinen Sedimente der Oberkreide (Cenomanium - Campanium) des Münsterländer Kreidebeckens (Abb. 1) sind durch karbonatreiche Kalk- und Mergelwechselfolgen gekennzeichnet. Eingeschaltet in die Sedimente des Turoniums sind markante, tonreiche Lagen mit Mächtigkeiten von etwa 2 bis 10 cm, die als korrelierbare Tufflagen in NW-Deutschland, Frankreich und England beschrieben wurden (DORN & BRÄUTIGAM, 1959; BRÄUTIGAM, 1962). Die ursprüngliche Beschreibung umfasst acht Tuffhorizonte, die mit den Buchstaben O, A, B, C, D, E, F und G (von alt zu jung) benannt wurden (BRÄUTIGAM, 1962). Durch die Analyse der Lanthanoiden (Seltene Erdmetalle) gelang allerdings nur bei den Tuffen C, D, E und F der Nachweis, dass sie tatsächlich vulkanischen Ursprungs sind (WRAY, 1995, WRAY et al., 1995, 1996). Biostratigraphisch verteilen sich die hier untersuchten Tuffe D, E und F über die gesamte *Subprionocyclus neptuni*-Zone des Oberturoniums. Die beiden älteren Tuffe D und E sind der *Inoceramus perplexus*-Zone zuzuordnen, während Tuff F in der *Mytiloides striatoconcentricus*-Zone liegt (Abb. 2). Der hier nicht bearbeitete Tuff C gehört in die *Inoceramus lamarcki*-Zone des Mittelturoniums.

Die Tufflagen wurden auf der nach Norden abtauchenden Rheinischen Masse abgelagert. Damit kommen sie in Sedimentationsräumen vor, die von der Beckenfazies im nördlichen Teutoburger Wald, über die Karbonatplattform am Ostrand bis zur glaukonitischen Randfazies am Südrand des Beckens reichen. In der Schreibkreidefazies der Wüllen-Formation bei Ahaus-Wüllen und im Gebiet westlich von Unna wurden bislang weder in Tagesaufschlüssen noch in Bohrkernen Hinweise auf vulkanische Aschenlagen gefunden. Damit sind die Tuffe regionalgeologisch auf den östlichen Teil des Münsterländer Kreidebeckens beschränkt.

Die biostratigraphische Einordnung der Oberkreidesedimente und der Tuffe erfolgt traditionell über Ammoniten und Inoceramen. In dieser Studie werden zum ersten Mal kalkige Nannofossilien genutzt, um die Tuffe des Oberturoniums zu datieren. Die Vorteile der Datierung mit Nannofossilien sind die globale Verbreitung der meisten Leitarten während des Meeresspiegelhochstandes der späten Kreidezeit und deren hohe absolute Häufigkeit in marinen Sedimenten. Die untersuchten Tuffe D, E und F sind in drei Steinbrüchen im östlichen Münsterland aufgeschlossen und beprobt worden. Neben der biostratigraphischen Einordnung erfolgt auch eine quantitative Analyse der Nannofossil-Vergesellschaftungen der Tuffe und eingeschalteten Mergellagen, um die ökologischen Auswirkungen der vulkanischen Aktivität auf die Primärproduzenten zu erfassen.

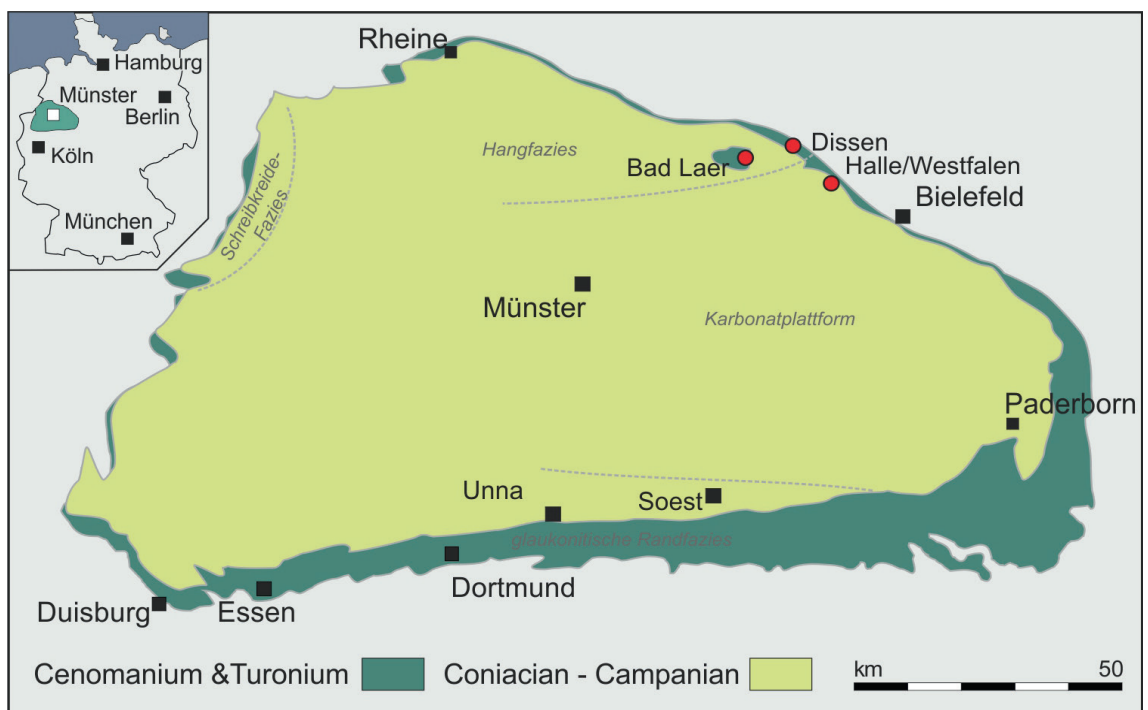


Abb. 1: Geologischer Überblick Münsterländer Kreidebeckens und Lage der drei untersuchten Aufschlüsse (Halle, Westfalen – Dissen – Bad Laer).

2 Lokalitäten und Proben

Die Lage der drei Aufschlüsse wird in Abb. 1 dargestellt. Sie befinden sich im Ostteil des Münsterländer Kreidebeckens im Raum Halle (Westfalen) – Dissen – Bad Laer. Die hier entwickelten Sedimentabfolgen entsprechen dem Übergangsbereich zwischen Hangfazies und Karbonatplattform.

2.1 Halle (Westfalen)

Der Steinbruch DIMAC (TK 25 Blatt 3916 Halle (Westf.) UTM Zone 32 N, Ost 455165, Nord 5769450) etwa 2 km außerhalb von Halle (Westfalen) erschließt Schichten vom oberen Unterconomanium bis zum oberen Unterconiacium mit etwa 350 m Mächtigkeit. Im südwestlichen Teil des Steinbruches sind Schichten des Oberturoniums, die die Tuffe D, E und F führen, und Unterconiaciums aufgeschlossen (KAPLAN, 2011). Mit Mächtigkeiten von 4,5 cm, 3 cm bzw. 4 cm bilden die Tuffe markante Leithorizonte innerhalb der Abfolge dünnbankiger Mergelkalksteine. Insgesamt 18 Proben wurden aus den drei Tufflagen und den eingeschalteten Mergellagen genommen. Die Tuffe wurden hochauflösend mit einem Probenabstand von 1 bis maximal 2 cm Abstand beprobt (Tab. 1).

2.2 Dissen

Im aufgelassenen Steinbruch in der Noller Schlucht (TK 25 Blatt 3815 Bad Iburg UTM 32, Zone Ost 3445280 Nord 5777730) am Petersbrink, etwa 1 km nördlich von Dissen, ist Tuff F aufgeschlossen (WRAY et al., 1995). Die Mächtigkeit der Tufflage beträgt hier 8 cm. Insgesamt wurden 5 Proben im 2 cm Abstand genommen (Tab. 1).

2.3 Bad Laer

Der aufgelassene Steinbruch an der Westseite der Tiefendehne, östlich Steinbruch Anneliese, Kleiner Berg (TK 25 Blatt 3814 Bad Iburg UTM 32, Zone Ost 32439985 Nord 5773500) liegt 1 km östlich von Bad Laer. Der hier erschlossene Tuff F hat eine Mächtigkeit von etwa 3 cm. Proben wurden im Abstand von 1,5 cm genommen (Tab. 1).

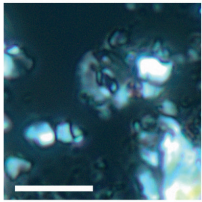
3 Methoden

Zur Auswertung der Nannofossil-Assoziationen wurden Schmierpräparate gemäß der Technik von BOWN & YOUNG (1998) von allen 28 Proben angefertigt. Diese wurden anschließend unter gekreuzten Polarisatoren mit einem Polarisations-Durchlichtmikroskop (Olympus BX53) bei einer Vergrößerung von 1250x untersucht. Die Klassifikation der kalkigen Nannofossilien erfolgte unter Nutzung der Standardliteratur (BOWN & YOUNG, 1998; BOWN et al., 1998; BURNETT, 1998). Denjenigen Proben, welche Nannofossilien enthalten, wurden Probennummern zugeordnet, die im nachfolgenden Text Erwähnung finden. Die biostratigraphische Zuordnung der Proben erfolgte nach LEES (2008) und BURNETT (1998).

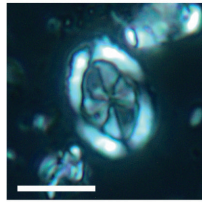
Zur quantitativen Analyse der Nannofossil-Assoziationen wurden mindestens 300 Individuen pro Probe auf dem Artniveau bestimmt und gezählt. Die so erhaltenen Daten wurden anschließend unter Benutzung des Programmes PAST3 (HAMMER et al., 2001) statistisch ausgewertet. Dabei wurden die einfache Diversität, der Shannon-Index und der Evenness-Index bestimmt. Bei der einfachen Diversität handelt es sich um die Anzahl aller Arten in einer Probe. Der Shannon-Index ist eine mathematische Größe, um Biodiversität zu charakterisieren, und berücksichtigt sowohl die Zahl der Arten als auch deren Abundanz. Der Shannon-Index liegt nahe 0 für Assoziationen, die von einer einzigen Art dominiert werden, während hohe Werte für eine höhere Zahl von Arten, die jeweils nur durch wenige Individuen repräsentiert werden, stehen. Der Evenness-Index beschreibt Biodiversität unter Berücksichtigung der Dominanz einzelner Arten bzw. der Ausgeglichenheit der Assoziationen ohne die tatsächliche Zahl der Arten einzubeziehen. Niedrige Werte bedeuten demnach, dass die Assoziationen von einer oder wenigen Arten dominiert werden, während hohe Werte charakteristisch sind für ein ausgeglichenes Artenverhältnis sind.

					Nannofossilien	
	Lithologie	Beschreibung	Position	Probennr.	Erhaltung	Abundanz
Halle (Westfalen)	Mergel	Mergellage	60 m ü. Tuff F	22	M	H
	Grünsand	Rothenfelder Grünsand	8 m ü. Tuff F	21	M	H-SH
	Mergel	<i>Micraster</i> -Event	Basis	20	M	H-SH
	Mergel	Mergellage	2 m ü. Tuff F	19	M	H-SH
	Tuff	Tuff F	Top, 4 cm ü. B.	18	M	H
	Tuff	Tuff F	3 cm ü. B.	17	M	W
	Tuff	Tuff F	2 cm ü. B.		-	-
	Tuff	Tuff F	Basis	16	M	W-H
	Mergel	Mergellage	4,75 m ü. Tuff E	15	M	H-SH
	Mergel	MEchen	Top	14	M	SH
	Mergel	MEchen	Basis	13	M	SH
	Mergel	Zwischen MEchen und Tuff E	3 m ü. Tuff E	12	M	H-SH
	Tuff	Tuff E	Top, 3 cm ü. B.	11	M	H
	Tuff	Tuff E	Mitte, 1,5 cm ü. B.	10	M	W
	Tuff	Tuff E	Basis	9	S-M	W
	Tuff	Tuff D	Top, 4,5 cm ü. B.	8	M	H
	Tuff		Mitte, 2,5 cm ü. B.		-	-
	Tuff	Tuff D	Basis		-	-
Dissen	Tuff	Tuff F	8 cm ü. B.	7	M	H-SH
	Tuff	Tuff F	6 cm ü. B.	6	M	W
	Tuff	Tuff F	4 cm ü. B.		-	-
	Tuff	Tuff F	2 cm ü. B.	5	M	SH
	Tuff	Tuff F	Basis	4	M	SH
Bad Laer	Grünsand	Rothenfelder Grünsand	Basis		-	-
	Tuff	Tuff F	Top, 3 cm ü. B.	3	M	H
	Tuff	Tuff F	Mitte, 1,5 cm ü. B.	2	M	H
	Tuff	Tuff F	Basis	1	S-M	H

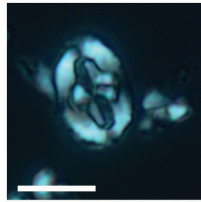
Tab. 1: Zusammenfassung der untersuchten Proben. Erhaltung: M=moderat; S=schlecht. Abundanz: SH=sehr häufig, H=häufig, W=wenig. Proben, die keinen Nannofossilien führen sind mit – gekennzeichnet.



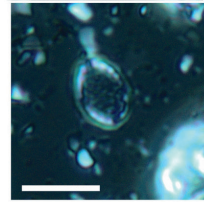
Biscutum constans
Probe 19



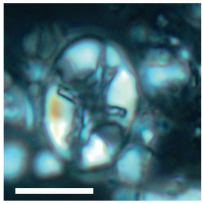
Broinsonia parca expansa
Probe 2



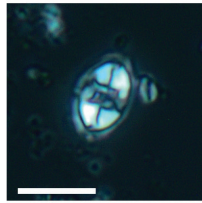
Broinsonia signata
Probe 10



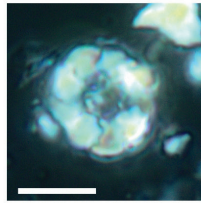
Cribrosphaerella ehrenbergii
Probe 13



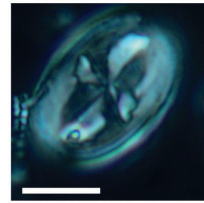
Eiffelithus eximius
Probe 10



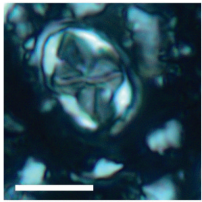
Eiffelithus gorkae
Probe 8



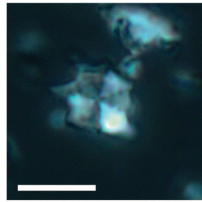
Eprolithus floralis
Probe 1



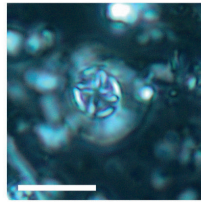
Gartnerago segmentatum
Probe 1



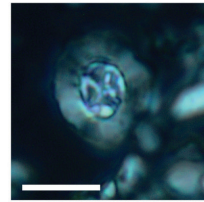
Helicolithus turonicus
Probe 17



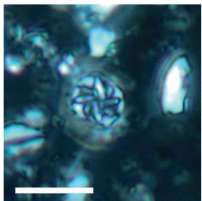
Lithastrinus septenarius
Probe 1



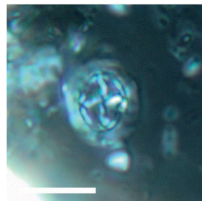
Prediscosphaera columnata
Probe 14



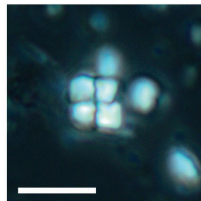
Prediscosphaera cretacea
Probe 10



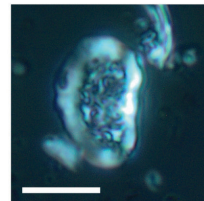
Prediscosphaera ponticula
Probe 13



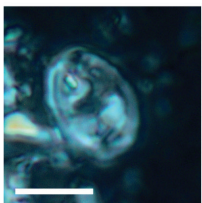
Prediscosphaera spinosa
Probe 4



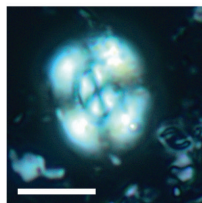
Quadrum gartneri
Probe 8



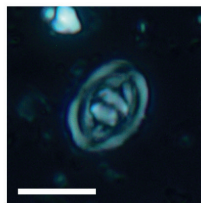
Rhagodiscus reniformis
Probe 22



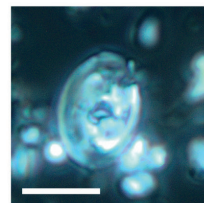
Tranolithus orionatus
Probe 14



Watznaueria barnesiae
Probe 14



Zeughabdotus birescenticus
Probe 2



Zeughabdotus biperforatus
Probe 15

Abb. 2: Lichtmikroskopische Aufnahmen der wichtigsten Nannofossilien-Arten aus den oberturonen Proben von Halle (Westfalen), Dissen und Bad Laer mit Nennung der Probe, aus dem die jeweiligen Aufnahmen stammen. Der Maßbalken entspricht 5 µm.

4 Ergebnisse

4.1 Erhaltung und Diversität

Von den 28 untersuchten Proben der drei Lokalitäten enthalten 22 Proben Nannofossilien. Eine detaillierte Aufstellung der Daten ist in Tab. 1 zu finden. Die Erhaltung der Nannofossilien ist zumeist moderat, in wenigen Fällen (Proben 1 und 9) moderat bis schlecht. Die Häufigkeit (= Abundanz) variiert von einzelnen Individuen pro Blickfeld bis hin zu mehr als 20 Individuen. Der Erhaltungsgrad und die Abundanz der Nannofossilien wurden nach den Standardschemata von BOWN & YOUNG (1998) und BOWN et al. (1998) abgeschätzt. Insgesamt wurden 60 verschiedene Arten identifiziert. Einige wichtige Arten sind in Abb. 2 dargestellt.

Die Ergebnisse der Diversitätsanalyse sind in Abb. 3 dargestellt. Die Diversität der Nannofossilien-Assoziationen schwankt zwischen 13 (Probe 9) und 33 Arten (Probe 22) in den Proben aus Halle (Westfalen). Innerhalb der Tufflagen D, E und F liegt die Diversität im Schnitt bei 30, 20 und 24 Arten. Außer für Probe 9 aus Tuff E unterscheiden sich die Diversitätswerte der Tuff-Proben nicht von denen aus den eingeschalteten Mergellagen. Proben von Tuff F aus Dissen und aus Bad Laer weisen mit 16 und 18 im Schnitt geringere Diversitäten auf, als die altersgleiche Tufflage in Halle (Westfalen).

Die beiden Biodiversitäts-Indices (Shannon-Index, Evenness-Index) zeigen sowohl in Halle (Westfalen) als auch in den Tuff-Proben aus Dissen und Bad Laer ähnliche Werte. Die Tufflagen in Halle (Westfalen) unterscheiden sich kaum von denen der Mergellagen, während die Indices in den Tuff F – Lagen aus Dissen und Bad Laer etwas geringer sind. Eine Ausnahme bildet die Probe 6 aus dem Tuff F aus Dissen. Die geringen Shannon-Index-Werte (0,29) und hohen Evenness-Index-Werte (0,33) werden hier vor allem durch die unterdurchschnittliche Diversität (4 Arten pro Probe) verursacht.

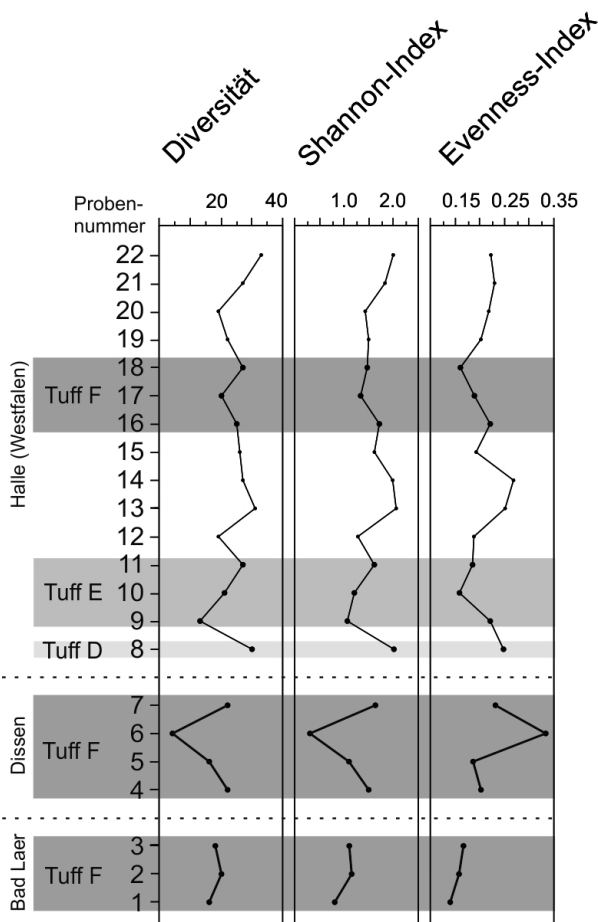


Abb. 3: Ergebnisse der Biodiversitätsanalyse aller 22 Proben mit Nannofossilien (Nummern 1 bis 22) mit Diversität (Anzahl der Arten pro Probe), Shannon-Index und Evenness-Index. Große Datenpunkte markieren Tuff-Proben.

4.2 Biostratigraphie

Die Turonium-Coniacium-Grenze in NW-Deutschland wird über das Erstauftreten der Inoceramenart *Cremnoceramus deformis erectus* definiert. Die Abfolge von Nannofossil-Ereignissen (Erstauftreten: EA; Letztauftreten: LA) wurde im Raum Salzgitter-Salder, der als potenzieller Stratotyp der Turonium-Coniacium-Grenze angesehen wird (z. B. WOOD et al., 1984; WALASZCZYK & WOOD, 1999; WALASZCZYK & COBBAN, 2000; WALASZCZYK et al., 2010), von LEES (2008) untersucht.

Biostratigraphisch relevante Nannofossil-Ereignisse (Abb. 4), die in den Proben aus Halle (Westfalen) gefunden wurden, sind das EA von *Zeughrabdotus biperforatus* in der ältesten Probe (Probe 8), das EA von *Broinsonia parca expansa* in Probe 11 und die kontinuierliche Präsenz von *Helicolithus turonicus* (siehe auch Tab. 2, Anhang). Somit sind der untere Teil des Aufschlusses in Halle (Westfalen) (Proben 8 bis 10 bzw. Top Tuff D bis Top Tuff E) der Zone UC 9b zuzuordnen. Die darüber liegenden Schichten (Proben 9 bis 22) gehören zur Zone UC 9c.

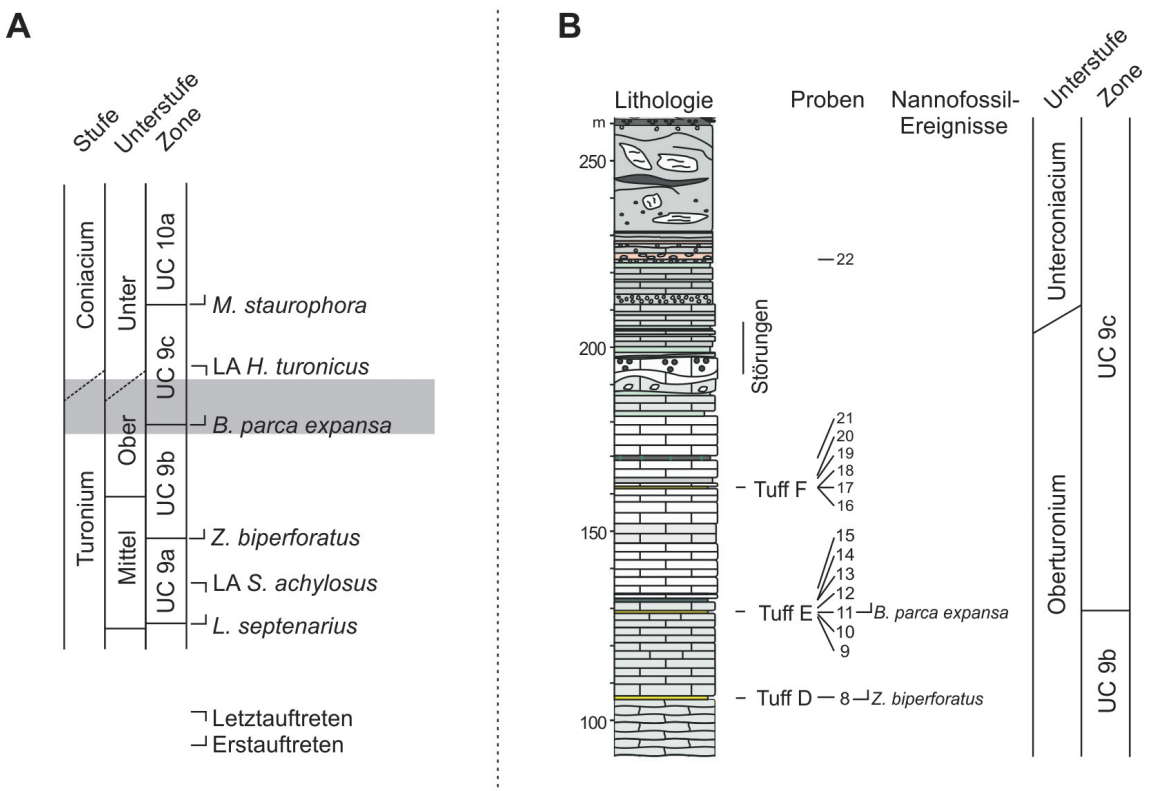


Abb. 4: (A) Zusammenfassung der Nannofossil-Biostratigraphie des Turonium-Coniacium-Grenzbereichs (BURNETT, 1998; LEES, 2008) und (B) Resultate der biostratigraphischen Analyse der Proben aus Halle (Westfalen), modifiziert nach KAPLAN (2011). Grauer Bereich markiert das untersuchte Profilstück.

Innerhalb der Zone UC 9c liegt die Turonium-Coniacium-Grenze, die im vorliegenden Fall jedoch mit Hilfe von Nannofossilien nicht genau lokalisiert werden kann. Das EA der Inoceramenart *C. deformis erectus*, die die Turonium-Coniacium-Grenze definiert, ist in Halle (Westfalen) nicht zu erfassen, da der Bereich tektonisch stark gestört ist und nicht beprobt werden konnte (KAPLAN, 2011). Das Auftreten der Inoceramen-Arten *Cremnoceramus deformis* und *Cremnoceramus crassus* datiert den obersten Teil des Aufschlusses in Halle (Westfalen) in das Unterconiacium. Alle Proben führen *H. turonicus*, eine Art, die im Unterconiacium ausstrirbt. Somit ist die bearbeitete Schichtfolge dem Oberturonium und maximal dem untersten Unterconiacium zuzuordnen. Neben den genannten Leitarten bestätigt vor allem die Präsenz von *Lithastrinus septenarius*, *Eiffelithus eximius* und *Quadrum gartneri* das turonzeitliche Alter der Proben.

In den Tuff F-Proben aus Dissen und Bad Laer finden sich ebenfalls die Leitarten *Z. biporatus*, *B. parca expansa* und *H. turonicus*. Tuff F ist auch in diesen Aufschlüssen der Nannofossilien-Zone UC 9c zuzuordnen.

Die biostratigraphischen Ergebnisse erlauben es Tuff D (UC 9b) von Tuff F (UC 9c) zu unterscheiden. Die UC 9b – UC 9c –Grenze liegt innerhalb von Tuff E. In Aufschlüssen mit komplizierter Tektonik oder ver- einzelten Tuffvorkommen wird die Identifizierung der Tuffe D, E und F durch Nannofossil-Biostratigraphie vereinfacht.

4.3 Quantitative Analyse

Daten auf Artniveau

Die häufigsten Nannofossilien-Arten in den oberturonzeitlichen Ablagerungen in allen drei Aufschlüssen sind in abnehmender Häufigkeit (durchschnittliche Häufigkeit in %) *Watznaueria barnesiae* mit 66 %, *Tranolithus orionatus* mit 9,4 %, *Eprolithus floralis* und *H. turonicus* mit jeweils 3,1 %, *E. eximius* mit 1,8 %, *Zeugrhabdotus bicrescenticus* mit 1,7 %, *Q. gartneri* mit 1,4 %, *Biscutum constans* mit 1,3 %, sowie *Prediscosphaera cretacea* und *Zeugrhabdotus howei* mit jeweils 1 %. Die Ergebnisse der quantitativen Analyse sind in Abb. 5 in Form der Zähl- daten aller Arten, die Durchschnittshäufigkeiten von mehr als 0,5 % erreichen, dargestellt.

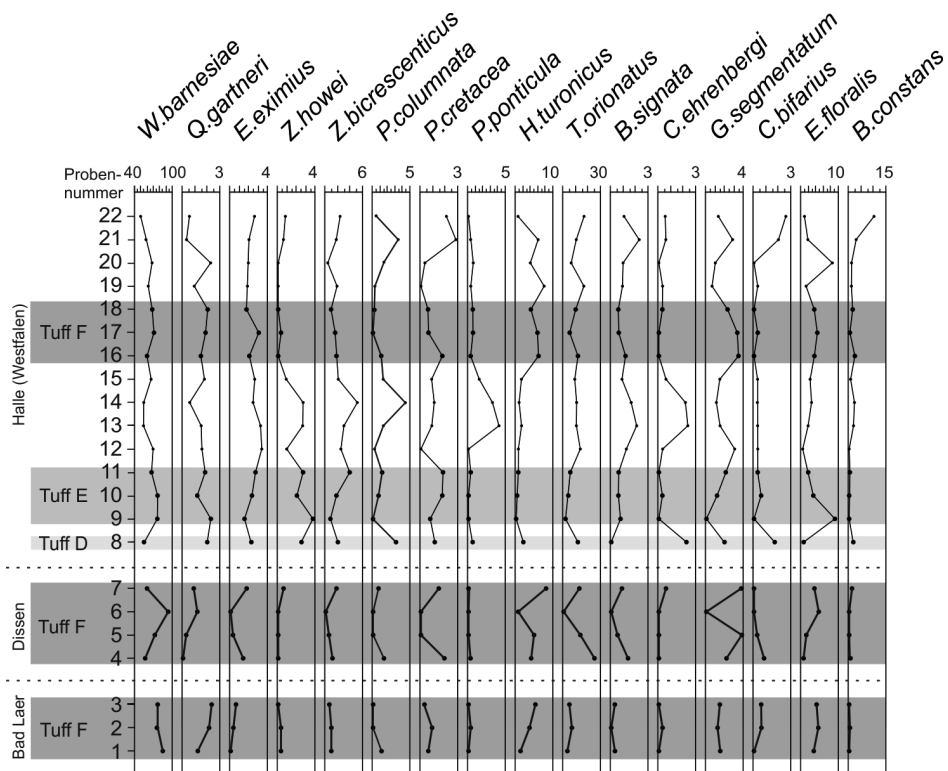


Abb. 5: Relative Häufigkeitsverteilung (in %) aller Arten, die im Schnitt mehr als 0,5 % der Vergesellschaftung ausmachen. Alle Grafiken beginnen bei 0, falls nicht anders angegeben. Große Datenpunkte markieren Tuff-Proben.

Bis auf wenige Ausnahmen sind die Nannofossil-Assoziationen in allen Proben ähnlich. Diese Ausnahmen bilden die Arten *Z. howei* und *H. turonicus*. Die erstgenannte Art ist in den Tuffen D und E mit einer Häufigkeit von um die 3 % stärker vertreten als in Tuff F mit 0 bis maximal 0,5 %. Die Art *H. turonicus* ist wiederum mit etwa 6 % deutlich häufiger in Tuff F vertreten als in den Tuffen D und E (etwa 0 %).

Neben den Unterschieden in den Häufigkeitsmustern der einzelnen Tuffe, variieren die Daten auch zwischen den Tuffen und den dazwischen liegenden Mergellagen. In Halle (Westfalen) zeigen die Arten *Predicosphaera columnata*, *Predicosphaera ponticula* und *Broinsonia signata* zwischen Tuff E und Tuff F ein Häufigkeitsmaximum (Proben 13, 14 und 15). Innerhalb der Tuffe selbst zeichnet sich allerdings kein erkennbarer Trend der Verteilungsmuster auf Artniveau ab.

Daten auf Gattungsniveau

In Abb. 6 sind die Abundanzen der häufigsten Gattungen dargestellt: *Watznaueria* (66,5 %), *Predicosphaera* (3%), *Broinsonia* (1%), *Zeugrhabdotus* (3%), *Quadrum* (1,7%), *Helicolithus* (3,2%) und *Eiffelithus* (2,5 %). Einige Gattungen zeigen markante Verteilungsmuster in Bezug auf die unterschiedlichen Tuffe. *Zeugrhabdotus* ist in Proben aus Tuff D und E mit etwa 5 % deutlich häufiger als in Tuff F mit ca. 1 %. *Helicolithus* ist mit 6% in Tuff F hingegen deutlich häufiger als in den Tuffen D und E (1%). Diese Verteilung basiert hauptsächlich auf den Verteilungsmustern der Arten *Z. howei* und *H. turonicus*.

Predicosphaera, *Broinsonia* und *Zeugrhabdotus* zeigen eine erhöhte Häufigkeit zwischen den Tufflagen E und F. *Predicosphaera* und *Broinsonia* zeigen zusätzlich noch eine erhöhte Häufigkeit in den Proben 20 bis 22 über Tuff F. Die Häufigkeitsmuster dieser drei Gattungen verlaufen synchron. Innerhalb der Tuffe selbst zeichnet sich allerdings kein erkennbarer Trend der Verteilungsmuster auf Gattungsniveau ab.

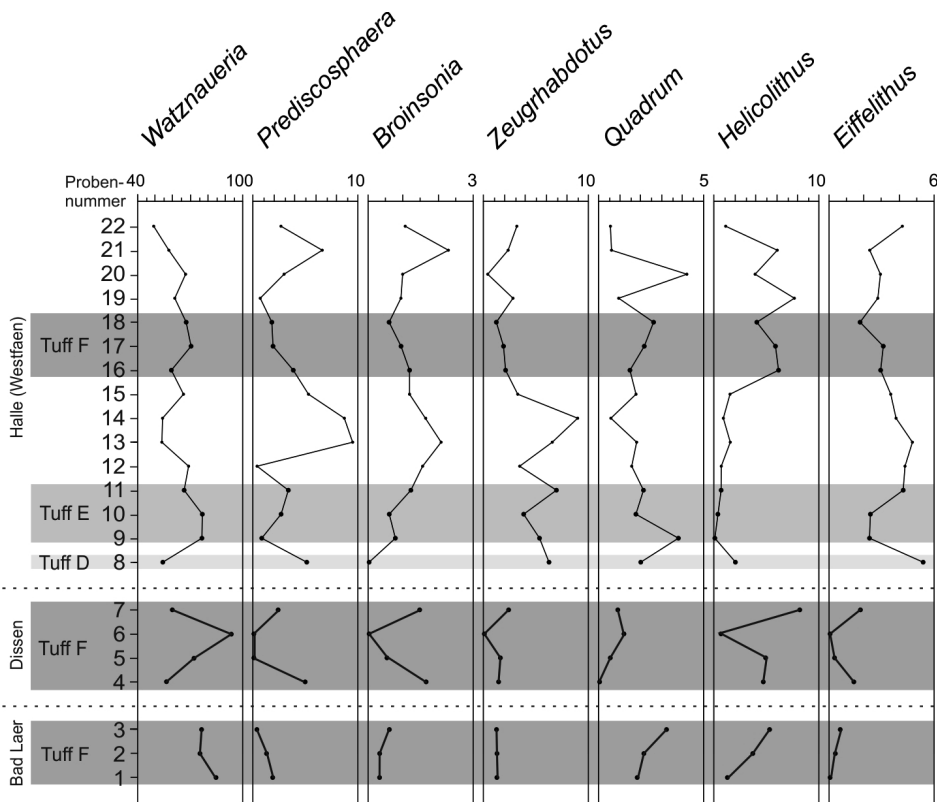


Abb. 6: Relative Häufigkeitsverteilung (in %) der häufigsten Gattungen. Alle Grafiken beginnen bei 0, falls nicht anders angegeben. Große Datenpunkte markieren Tuff-Proben.

Die Nannofossil-Vergesellschaftungen der Tuffe D und E ähneln sich stark, während Tuff F eine andere Zusammensetzung aufweist. Die erhöhte Häufigkeit von *Zeughrabdotos* in Tuff D und E deutet auf eine im Vergleich zu Tuff F erhöhte Produktivität hin (z. B. ERBA et al., 1987; CRUX, 1991; GALE et al., 2000; LINNERT et al., 2011). Neben *Zeughrabdotos* wird auch die Gattung *Biscutum* als Anzeiger für erhöhte Produktivität betrachtet. Diese Gattung ist allerdings in allen hier untersuchten Proben sehr selten. *Helicolithus* zeigt ein gegenläufiges Verteilungsmuster zu *Zeughrabdotos* und es kann spekuliert werden, ob diese Gattung unter verstärktem Nährstoffeintrag weniger konkurrenzfähig ist.

Neben *Zeughrabdotos* wird auch *Broinsonia* eine Affinität zu erhöhter Produktivität zugeschrieben (z. B. ROTH & BOWDLER, 1981; CRUX, 1991). Dies scheint in dieser Arbeit dadurch unterstützt zu werden, dass beide Gattungen ähnliche Häufigkeitsmuster zeigen. Diesem Muster folgt auch *Prediscosphaera*. Das Maximum dieser drei Gattungen in den Proben 13 bis 15 (Mergellagen zwischen Tuff E und F) und ein Maximum von *Broinsonia* und *Prediscosphaera* in den obersten Proben (20-22) deuten auf Schwankungen der Produktivität bzw. des Nährstoffeintrages hin.

Die Tatsache, dass die vermeintlichen Produktivitätsunterschiede zwischen den Tuffen nur in den Häufigkeitsdaten von *Zeughrabdotos* zu finden sind und gar nicht oder nur bedingt in denen von *Prediscosphaera* und *Broinsonia*, kann darauf hindeuten, dass *Zeughrabdotos* opportunistischer auf schon leichte Erhöhungen des Nährstoffangebotes reagiert. Die nicht vorhandenen Diversitätsunterschiede zwischen den Tuffen und Mergellagen und die relativ ähnlichen Nannofossil-Vergesellschaftungen deuten darauf hin, dass die Phasen erhöhter vulkanischer Aktivität neben den leichten Produktivitätsunterschieden keine erheblichen Veränderungen und Stressbedingungen im Ökosystem bewirkten. Die Tufflagen kommen in NW-Deutschland, Frankreich und England vor und ihre Mächtigkeiten ist gering. Es kann also davon ausgegangen werden, dass es sich um regionale Ereignisse handelt, die keine Auswirkungen auf das Klima (z. B. in Form von kurzfristigen Temperatursenkungen oder langfristigen Temperaturerhöhungen) hatten.

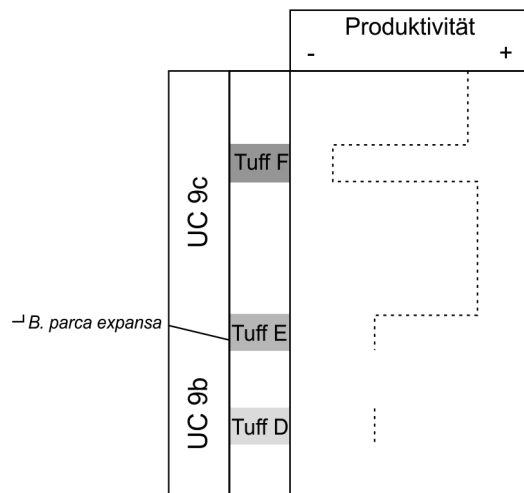


Abb. 7:
Schematische Darstellung der Produktivitätsveränderungen basierend auf Nannofossil-Vergesellschaftungen.

5 Zusammenfassung

Die drei untersuchten turonzeitlichen Tuffe (Tuff D, E, F) können sowohl biostratigraphisch als auch ökologisch unterschieden werden. Tuff D kann der Nannofossil-Zone UC 9b zugeordnet werden, während Tuff F eindeutig zu Zone UC 9c zu zählen ist. Tuff E liegt an der UC 9b / UC 9c-Grenze. *Z. howei* ist in den Tuffen D und E häufiger als in Tuff F, während *H. turonicus* in Tuff F häufiger ist als in den Tuffen D und E. Diese markanten Häufigkeitsmuster können zur Unterscheidung der einzelnen Tuffe herangezogen werden. Das anhand der quantitativen Faunenanalyse erstellte Produktivitätsmodell zeigt, dass während der Ablagerung der Tuffe D, E und F Nannofossil-Arten und Gattungen, die eine erhöhte Produktivität anzeigen, häufiger waren als in den Zeiten zwischen den vulkanischen Episoden.

Taxonomischer Index

Nannofossilien:

Arten:

Biscutum constans (GORKA, 1957) BLACK, 1959
Broinsonia parca expansa WISE & WATKINS, 1983
Broinsonia signata (NOEL, 1969) NOEL, 1970
Eiffelithus eximius (STOVER, 1966) PERCH-NIELSEN, 1968
Eprolithus floralis (STRADNER, 1962) STOVER, 1966
Helicolithus turonicus VAROL & GIRGIS, 1994
Lithastrinus septenarius FORCHHEIMER, 1972
Prediscosphaera columnata (STOVER, 1966) PERCH-NIELSEN, 1984
Prediscosphaera cretacea (ARKHANGELSKY, 1912) GARTNER, 1968
Prediscosphaera ponticula (BUKRY, 1969) PERCH-NIELSEN, 1984
Quadrum gartneri PRINS & PERCH-NIELSEN, 1977
Tranolithus orionatus (REINHARDT, 1966a) REINHARDT, 1966b
Watznaueria barnesiae (BLACK, 1959) PERCH-NIELSEN, 1968
Zeugrhabdotus bicrescenticus (STOVER, 1966) BURNETT, 1996
Zeugrhabdotus biperforatus (GARTNER, 1968) BURNETT, 1997
Zeugrhabdotus howei BOWN, 2000

Gattungen:

Broinsonia BUKRY, 1969
Eiffelithus REINHARDT, 1965
Helicolithus NOEL, 1971
Prediscosphaera VEKSHINA, 1959
Quadrum PRINS & PERCH-NIELSEN, 1977
Watznaueria REINHARDT, 1964
Zeugrhabdotus REINHARDT, 1964

Inoceramen:

Arten:

Cremnoceramus deformis erectus MEEK, 1877
Cremnoceramus deformis MEEK, 1871
Cremnoceramus crassus PETRASCHEK, 1903
Inoceramus lamarcki PARKINSON, 1819
Inoceramus perplexus WHITFIELD, 1877
Mytiloides striatoconcentricus GÜMBEL, 1868

Ammoniten:

Arten:

Subprionocyclus neptuni GEINITZ, 1849

Literatur

- BOWN, P.R., Rutledge, D.C., Crux, J.A. & Gallagher, L.T. (1998): Lower Cretaceous. - In: BOWN, P.R. (Hrsg.): *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*, 86 – 131; London.
- BOWN, P.R. & YOUNG, J. R. (1998): *Techniques*. - In: BOWN, P.R. (Hrsg.): *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*, 16 – 28; London.
- BURNETT, J.A. (1998): Upper Cretaceous. - In: BOWN, P.R. (Hrsg.): *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*, 132 – 199; London.
- CRUX, J.A. (1991): Albian calcareous nannofossil from the Gault Clay of Munday's Hill (Bedfordshire, England). – *Journal of micropalaeontology*, **10**: 203 – 222.
- ERBA, E. (1987): Mid Cretaceous cyclic pelagic facies from the Umbrian-Marchean Basin: what do calcareous nannofossil suggest? – *INA Newsletters*, **9**: 52 – 53.
- GALE, A.S., SMITH, A.B., MONKS, N.E.A., YOUNG, J.R., HOWARD, A., WRAY, D.S. & HUGGETT, J.M. (2000): Marine biodiversity through the Late Cenomanian-Early Turonian: palaeoceanographic controls and sequence stratigraphic biases. – *Journal of the Geological Society, London*, **157**: 745 – 757.
- HAMMER, Ø, HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. (2001): PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. – *Palaeontologia Electronica*, **4**: 1 – 9.
- KAPLAN, U. (2011): Turonium und Unterconiacium (Oberkreide) im Steinbruch DIMAC bei Halle (Westfalen), Teutoburger Wald (Östliches Münsterländer Kreidebecken). – *Geologie und Paläontologie in Westfalen*, **81**: 75 – 105.
- LEES, J.A. (2008): The calcareous nannofossil record across the Late Cretaceous Turonian/Coniacian boundary, including new data from Germany, Poland, the Czech Republic and England. – *Cretaceous Research*, **29**: 40 – 64.
- LINNERT, C., MUTTERLOSE, J. & HERRLE, J.O. (2011): Late Cretaceous (Cenomanian-Maastrichtian) calcareous nannofossil from the Goban Spur (DSDP Sites 549, 551): Implications for the paleoceanography of the proto North Atlantic. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **299**: 507 – 528.
- ROTH, P.H. & BOWDLER, J.L. (1981): Middle Cretaceous calcareous nannoplankton biogeography and the oceanography of the Atlantic Ocean. – *SEPM Special Publication*, **32**: 517 – 546.
- WALASZCZYK, I. & WOOD, D. (1998): Inoceramids and biostratigraphy at the Turonian/Coniacian boundary; based on the Salzgitter – Salder Quarry, Lower Saxony, Germany, and the Słupia Nadbrzezna section, Central Poland. – *Acta Geologica Polonica*, **48**: 395 – 434.
- WALASZCZYK, I. & COBBAN, W.A. (2000): Inoceramid faunas and biostratigraphy of the Upper Turonian-Lower Coniacian of the Western Interior of the United States. – *Special papers in Paleontology*, **64**: 118.
- WALASZCZYK, I., WOOD, C.I., LEES, J.A., PERYT, D., VOIGT, S. & WIESE, F. (2010): The Salzgitter-Salder Quarry (Lower Saxony, Germany) and Słupia Nadbrzezna river cliff section (central Poland): a proposed candidate composite Global Boundary Stratotype Section and Point for the base of the Coniacian Stage (Upper Cretaceous). – *Acta Geologica Polonica*, **60**: 445 – 477.
- WOOD, C.J., ERNST, G. & RASEMANN, G. (1984): The Turonian-Coniacian stage boundary in Lower Saxony (Germany) and adjacent areas: the Salzgitter-Salder Quarry as a proposed international standard section. – *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, **33**: 225 – 238.
- WRAY, D.S. (1995): Origin of clay-rich beds in Turonian chalks from the Lower Saxony, Germany – a rare-earth element study. – *Chemical Geology*, **119**: 161 – 178.
- WRAY, D.S., KAPLAN, U. & WOOD, C.J. (1995): Tuff-Vorkommen und ihre Bio- und Eventstratigraphie im Turon des Teutoburger Waldes, der Egge und des Haarstranges. – *Geologie und Paläontologie in Westfalen*, **37**: 5 – 53.
- WRAY, D.S., ERNST, G., WOOD, C.J., KAPLAN, U. (1996): Geochemical subdivision and correlation of clay beds in the Turonian of northern Germany. – *Terra Nova*, **8**: 6003 – 610.

Anhang

Tab. 2: Zählliste der angetroffenen Nannofossilien-Arten und deren relative Häufigkeiten in %.
entspricht vorhandenen und beobachteten Arten, die nicht gezählt wurden.

Art	Probe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>A. octoradiata</i>			0,30								0,87
<i>B. constans</i>			0,30					1,17	1,69		#
<i>B. melaniae</i>				0,88							
<i>B. bigelowii</i>								0,58	0,28		#
<i>B. furtiva</i>											
<i>B. parca expansa</i>			0,30	0,29	0,27			0,58			
<i>B. signata</i>		0,30		0,29	1,37	0,51		0,87		0,76	0,58
<i>B. ambiguus</i>									0,56		
<i>C. bifarius</i>			0,61	0,58	0,82	0,26			1,69		0,58
<i>C. litterarius</i>											
<i>C. signum</i>											
<i>C. conicus</i>		0,30							0,28		
<i>C. striatus</i>											
<i>C. surella</i>											
<i>C. ehrenbergi</i>			0,30					0,58	2,26		0,29
<i>C. hayi</i>		0,30						0,29			
<i>D. ignotus</i>									0,56		0,29
<i>E. eximius</i>			0,30	0,58	1,37	0,26		1,75	2,26	1,52	2,33
<i>E. gorkae</i>									3,11	0,76	#
<i>E. floralis</i>		3,31	4,56	4,09	0,55	1,29	4,68	3,50	0,56	9,09	3,20
<i>E. moratus</i>											
<i>G. nanum</i>											
<i>G. segmentatum</i>		1,51	1,22	1,46	2,19	3,86		3,79	1,98		1,16
<i>G. coronadventis</i>											
<i>H. circumradiatus</i>											
<i>H. compactus</i>											
<i>H. leckiae</i>					0,27						
<i>H. turonicus</i>		1,20	3,65	5,26	4,11	4,88	0,58	8,16	1,98		0,29
<i>K. magnificus</i>						0,26			0,28		0,90
<i>L. carniolensis</i>									0,28		
<i>L. septenarius</i>		0,60	1,22	0,29	0,55	0,77		0,58			
<i>L. quadrifidus</i>				0,29					0,56		0,87
<i>M. pemmatoidea</i>											
<i>M. decoratus</i>			0,30								
<i>Nannoconus sp.</i>											
<i>P. columnata</i>		1,20			1,64			0,87	3,11		0,87
<i>P. columnata Untergruppe unsicher</i>					0,82						
<i>P. cretacea</i>		0,60	0,91	0,29	1,92			1,46	1,13	0,76	1,74
<i>P. ponticula</i>			0,30		0,27				0,56		
<i>P. spinosa</i>					0,27				0,28		
<i>Q. gartneri</i>		1,20	2,13	2,34		0,26	1,17	0,87	1,98	2,27	1,16
<i>Q. intermedium</i>		0,60		0,88		0,26				1,52	0,58
<i>R. crenulata</i>								0,29			
<i>R. octofenestrata</i>									2,54		
<i>R. reniformis</i>											
<i>R. angustus</i>									0,28		
<i>R. asper</i>			0,30								
<i>R. crenulatus</i>											

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		#	0,27		0,29		0,29	0,31			0,78
0,30	#	1,78	2,17	0,58	2,33	0,31	1,44	0,92	0,97	2,86	10,16
						#					
0,30				0,58	#	#	0,29	0,61	#		1,04
		#									
0,60	0,31		#	0,29		0,31	#		#		
0,60	1,23	2,08	1,63	0,87	1,17	0,61	0,58	0,92	0,97	2,29	1,04
		0,30	#	#					#		#
0,30	0,31	0,30	0,27	0,29		0,31	#	0,31	#	2,00	2,60
					0,29						
		0,30									
			0,54				0,58	0,31		0,29	0,26
										0,29	
		#	0,27	0,87	0,29						
#	0,31	2,37	2,17	0,58			0,29	0,31	#	0,57	0,52
										0,29	0,26
	#	0,30	0,54	0,87	0,29					0,29	0,78
2,71	3,40	3,26	2,45	2,62	2,04	3,07	1,73	1,83	1,94	2,00	2,60
1,51	0,93	1,48	1,36	0,87	0,87			0,92	0,97	0,29	1,56
1,81	0,31	1,78	2,72	2,33	3,50	4,29	3,46	1,22	8,39	1,71	0,78
						0,31					
					0,58						0,26
2,11	3,09	1,48	1,09	1,46	3,50	4,00	2,60	2,70	0,97	2,86	1,30
											#
										#	
											0,26
											0,26
0,60	0,62	1,48	0,82	1,46	6,12	5,83	4,03	7,65	3,87	6,00	0,52
1,20	0,62						3,00			0,29	0,52
0,30									0,32		0,26
		0,59	0,54		0,29	#	0,58		0,97	0,57	#
2,11	0,31	#	#	1,17	0,29		0,29	0,31		0,29	1,30
				#							
	0,31	0,30	#		0,29		0,29			#	0,26
0,30											
1,20	0,31	1,48	4,35	1,46	1,17		0,29	0,31	1,61	3,43	0,52
		1,48		1,46	0,58	0,31			0,32		
1,81	#	0,89	1,09	0,87	1,75	0,61	0,58		0,32	2,86	2,08
0,30		4,15	3,26	1,46	0,29	0,61	0,58	0,31	0,65	0,29	
		1,48	#			0,31	0,29				#
1,81	1,54	1,48	0,54	1,75	1,46	1,84	2,02	0,92	2,26	0,29	0,52
0,30		0,30	#		#	0,31	0,58	#	1,94	0,29	
			0,27								
0,90	0,62	0,30	0,27	#			0,29				
											#
							0,29				0,26
	#	0,30								#	0,26
											0,26

Art	Probe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>S.fossilis</i>											
<i>S.primitivum</i>			0,29	0,27	0,26						#
<i>T.orionatus</i>		3,01	6,69	4,68	25,21	13,62		12,83	11,58	1,52	3,78
<i>W.barnesiae</i>		84,64	75,08	76,32	56,32	71,72	93,57	58,89	53,95	75,76	76,16
<i>W.biporta</i>								0,29		0,76	0,58
<i>W.ovata</i>			0,30			0,26		0,29			
<i>Z.bicrescenticus</i>		0,90	0,91	0,58	1,10	0,51		1,75	1,98	0,76	1,74
<i>Z.biperforatus</i>				0,58					0,28		
<i>Z.diplogrammus</i>											
<i>Z.embergeri</i>					0,27	1,03			0,28	0,76	
<i>Z.howei</i>		0,30	0,30					0,58	2,54	3,79	2,03
<i>Z.noeliae</i>									1,13		

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
											0,26
0,30					#						
5,42	13,58	10,39	10,60	9,04	11,66	4,91	9,80	16,51	6,13	10,29	16,67
66,27	68,83	53,12	53,53	65,60	58,89	70,25	64,44	60,86	67,10	57,14	48,44
		0,30	0,27	#				#			
	#			0,29	#					0,29	0,26
3,92	2,47	2,97	5,16	2,04	1,75	1,53	0,86	1,83	0,32	1,71	2,34
				0,29			0,29	0,31			
			#								
0,30	#	0,59	1,09		0,29			0,61			#
2,71	0,93	2,67	2,72	0,87		0,31				0,57	0,78
		0,30									