Geol. Paläont. Westf.	**84**	5 - 15	5 Abb. 1 Taf.	Münster Dezember 2012

Stratigraphie und kalkige Nannofossilien des Unter-Apt von Alstätte (NRW)

Jörg Mutterlose & Cinzia Bottini*

Kurzfassung 6

Abstract 6

Schlüsselworte 6

1 Einleitung 7

2 Geologischer Rahmen 7

3 Profil Alstätte 2 7
3.1 Allgemeines 7
3.2 Litho- und Biostratigraphie 8

4 Material und Methoden 8
4.1 Material 8
4.2 Methoden 9

5 Befunde 10
5.1 Kalkige Nannofossilien 10
5.2 Geochemie 10

6 Diskussion 11
6.1 Stratigraphie 11
6.2 Paläobiogeographie und Paläoozeanographie 11

7 Zusammenfassung 12

8 Taxonomischer Appendix 12

9 Literatur 13

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

Kurzfassung

Ein bisher nicht dokumentierter Tagesaufschluss aus dem Raum Alstätte (westliches Münsterland), in dem siltige Tonsteine der Unter-Kreide (Unter-Apt) anstehen, wird hier beschrieben. Neben der Litho- und Biostratigraphie, werden die kalkigen Nannofossilassoziationen und die stabilen Isotopensignale ($\delta^{13}C_{org}$) erfasst. Ausgehend von einer lithofaziellen Profilaufnahme wird die Biostratigraphie mit Hilfe der kalkigen Nannofossilien diskutiert. Die bearbeitete Schichtenfolge kann der *Flabellites oblongus* Nannofossil Zone des Unter-Apt zugeordnet werden.

Abstract

A new outcrop of Lower Cretaceous marine sediments (Lower Aptian) is described from Alstätte (western part of the Münsterland). The lithostratigraphy, the biostratigraphy, the calcareous nannofossil assemblages and the stable isotope signal ($\delta^{13}C_{org}$) are documented. Based on a detailed lithological log the calcareous nannofossil biostratigraphy is being discussed. The studied succession can be attributed to the *Flabellites oblongus* nannofossil zone of early Aptian age.

Schlüsselworte: Alstätte 2, Unter-Apt, kalkiges Nannoplankton, Biostratigraphie

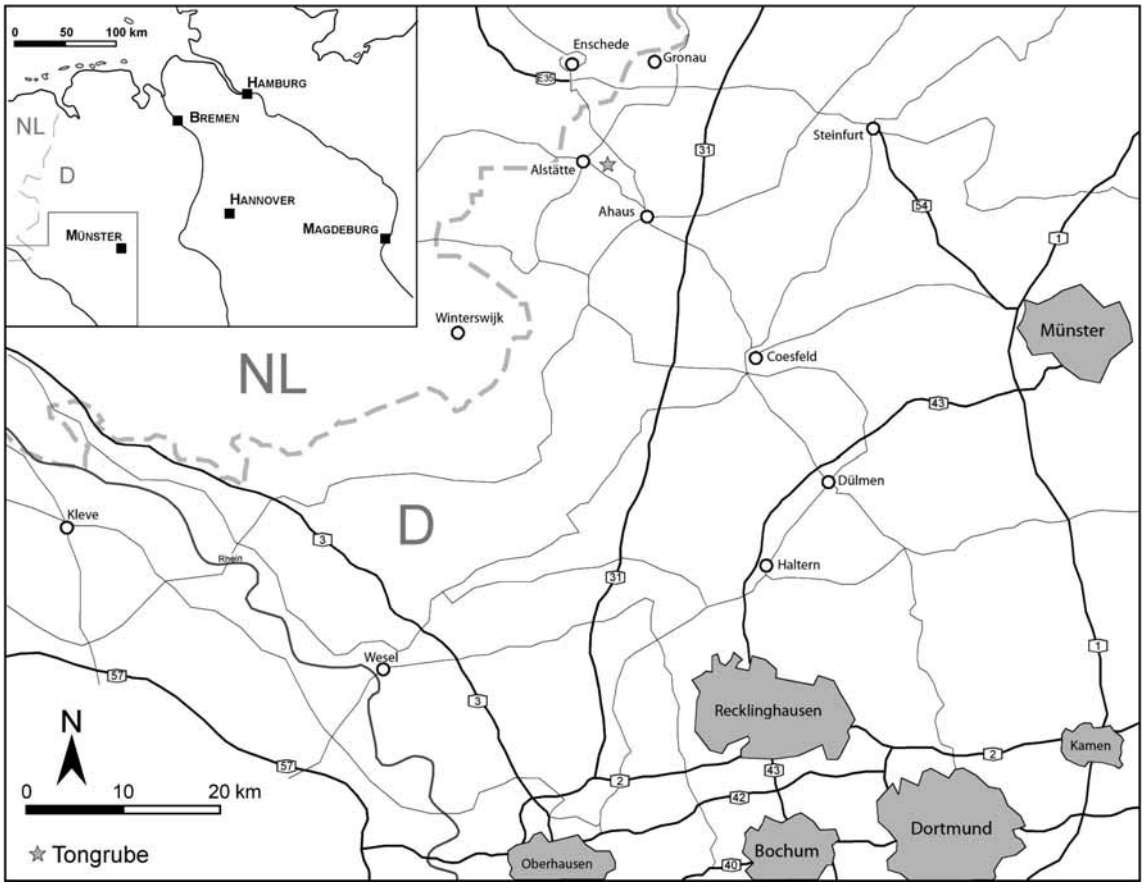


Abb. 1: Lage des bearbeiteten Aufschlusses Alstätte 2 (Stern).

1 Einleitung

Im Raum Alstätte erfolgte bis in die 70er Jahre des letzten Jahrhunderts der Tonabbau für Ziegeleizwecke in mehreren Gruben, die inzwischen alle verfüllt und nicht mehr zugänglich sind. Diese Aufschlüsse, die Unterkreidetone des Barrême und Apt erschlossen, wurden von KEMPER (1963, 1976) kurz beschrieben. Die marinen Tonsteinfolgen lieferten reiche Fossilfunde, die vor allem gut erhaltene Ammoniten des oberen Barrême und Unter-Apt umfassen. Diesem Material kommt neben den Ammonitenfunden aus dem Ostteil des Niedersächsischen Beckens eine Schlüsselrolle zum Verständnis der Ammonitenabfolgen des Unter-Apt zu. Eine im Jahr 2009 neu aufgefahrene Tongrube etwa 500m östlich der Deponie Alstätte erschloss eine 13m mächtige Schichtenfolge von Ton- und Mergelsteinen. Die reichen Ammoniten- und Belemnitenfaunen dieses Aufschlusses wurden dem mittleren Unter-Apt zugeordnet. Die Lithologie, Fauna und marine Mikroflora dieser Grube, die auch die feinlaminierten Sedimentes des Fischschiefers (= ozeanisches anoxisches Event 1a) umfasst, beschreiben HOFFMANN und MUTTERLOSE (2011), BOTTINI und MUTTERLOSE (2012), sowie LEHMANN et al. (2012).

Etwa 2 km südöstlich von Alstätte existiert seit einigen Jahren eine Grube (hier als Alstätte 2 bezeichnet) in der siltige Tonsteine abgebaut werden (Abb. 1). Da von dem Aufschluss Alstätte 2 bisher noch keine publizierten Daten vorliegen, sollen hier erstmalig paläontologische Befunde dokumentiert werden. Grundlage der vorliegenden Arbeit war eine Profilaufnahme und Probennahme für eine mikropaläontologische Bearbeitung. Hier sollen die Schichtenfolge, die Lithologie und die kalkigen Nannofossilvergesellschaftungen der erschlossenen Sedimente dargestellt und die stratigraphische Position des Aufschlusses geklärt werden.

2 Geologischer Rahmen

Die Grube liegt im südwestlichen Randgebiet des Niedersächsischen Beckens (=NB), eines Schollenrandtroges, der sich in frühkretazischer Zeit etwa von der holländischen Grenze im Westen über ca. 400km bis Brandenburg erstreckte. Das in Nord – Süd Richtung 100km breite Ablagerungsgebiet war im Süden durch die Festlandsbereiche der Rheinischen Masse (Küstenverlauf südlich Gronau – Rheine – Bielefeld – Goslar) und im Norden durch die Pompeckj' sche Schwelle (Großraum Bremen) gekennzeichnet. Infolge starker Subsidenz kamen im NB Sedimente mit z. T. über 2000m Mächtigkeit zur Ablagerung (SCHOTT et al. 1967, 1969; MICHAEL 1974, 1979; KEMPER 1979; MUTTERLOSE und BORNEMANN 2000). Wie auch im Osten war der Küstenverlauf im westlichen und südwestlichen Randgebiet des NB durch zahlreiche Buchten gegliedert. Im Gebiet um Alstätte reichte zeitweise eine 20km breite Meeresbucht nach Südwesten bis in den Raum Borken (Abb. 2). Die barrême- und aptzeitlichen Abfolgen der Aufschlüsse von Alstätte stammen aus dem küstennahen Randbereich der Alstätter Bucht (KEMPER 1963). Die Entfernung zur Paläoküstenlinie betrug nach Süden ca. 15km (SCHOTT et al. 1967, 1969). Diese küstennahe Position macht sich in den Sedimenten durch wiederholte Sandschüttungen bemerkbar, die die Ton- Siltsteinserien des Barrême und Apt in diesem Raum kennzeichnen.

Das Arbeitsgebiet liegt auf der Nordwestflanke des Lüntener Sattels. Diese Südwest – Nordost streichende Sattelstruktur, in deren Kernbereich Muschelkalk ansteht, ist auf mehrere Bewegungsphasen im Jura, in der Unterkreide und in der späten Oberkreide zurückzuführen (BENTZ 1933). Etwa 5km nördlich von Alstätte liegt der West - Ost streichende Eper Sattel der im Süden durch eine breite Verwerfungszone von der Eper Mulde getrennt ist. Im Kern des Sattels liegt in 1000m Tiefe das bis zu 400m mächtige Salzkissen Gronau-Epe mit Zechstein-Steinsalzen des Werra-Zyklus (HILDEN et al. 1993; Hiss 1995). Beide Strukturen kommen als Liefergebiete für die Klastika in Frage.

3 Profil Alstätte 2

3.1 Allgemeines

In der vor 2002 angelegten Grube, die hier als Alstätte 2 bezeichnet wird, werden Tonsteine für die Firma Hagemeister in Nottuln gewonnen. Der ca. 2km südöstlich von Alstätte und nordöstlich der Landstraße Alstätte – Wessum gelegene Aufschluß hat die Koordinaten N 52°07'15.5", E 6°56'30.3". Die Grube befindet sich noch im Abbau, derzeit erfolgt eine Erweiterung nach Norden.

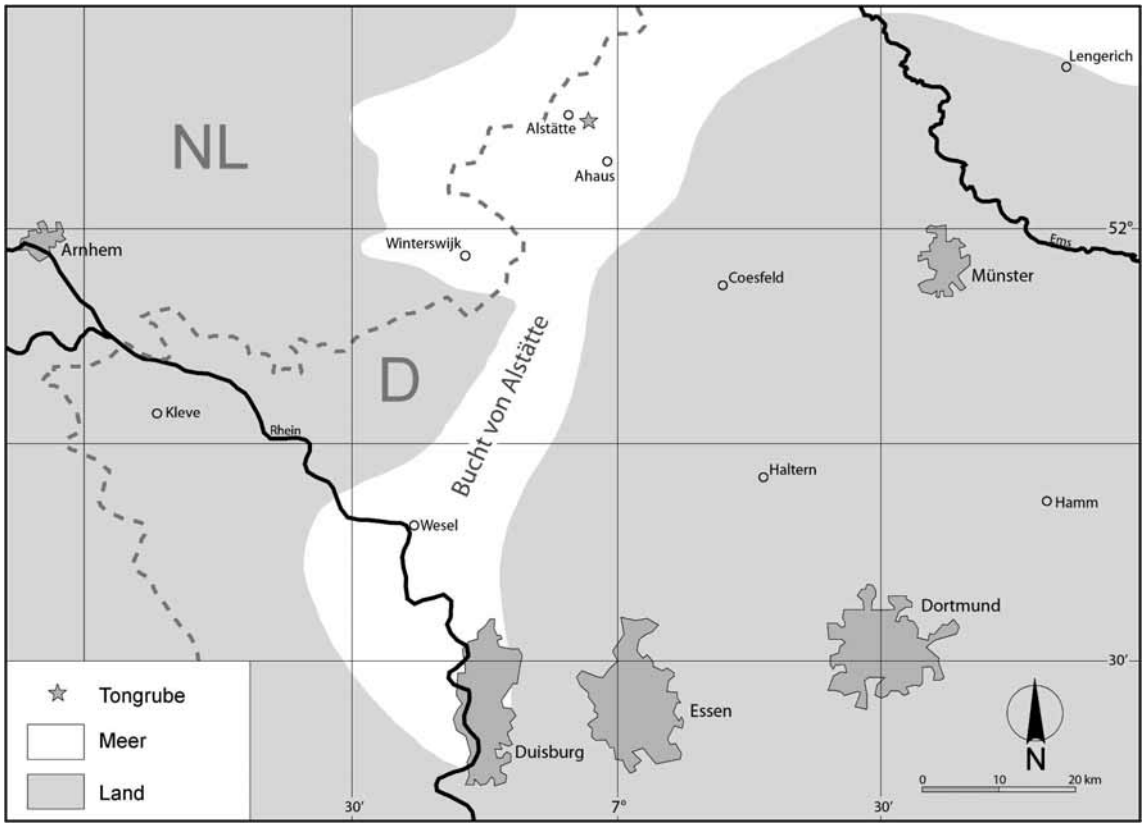


Abb. 2: Paläogeographische Karte des Arbeitsgebietes mit Lage des bearbeiteten Aufschlusses (Stern). Modifiziert nach SCHOTT et al. (1967, 1965).

3.2 Litho- und Biostratigraphie

Das im Sommer 2011 aufgenommene 4,1m mächtige Profil kann biostratigraphisch in die *Flabellites oblongus* Nannofossil Zone des tiefen Unter-Apt eingestuft werden (Abb. 3, 4). Es handelt sich um eine mittel- bis hellgraue siltige Tonstein Abfolge, die durch mehrere sideritische Konkretionslagen gegliedert werden kann. Überlagert wird die unterkretazische Sequenz durch eine geringmächtige Grundmoräne.

Im unteren derzeit erschlossenen Profilabschnitt tritt ein markanter 0,2m mächtiger, sandig-siltiger Siderithorizont auf (Schicht 100). Die horizontbeständigen Konkretionen, die z. T. als Septarien entwickelt sind, bilden einen markanten Leithorizont. Schicht 100 führt häufig z. T. großwüchsige Ammoniten, die hier dem Formenkreis um *Deshayesites tenuicostatus* zugeordnet wurden. Es folgen mittel- hellgraue siltige Tonsteine, die mitunter auch sandstreifig ausgebildet sind. Mehrere sideritische Konkretionslagen untergliedern diese Abfolge. Diese Sideritlagen bilden z. T. sehr dünnplattige, nur 2cm starke rotbraune Lagen aus (Abb. 4).

4 Material und Methoden

4.1 Material

Aus dem Profil der Grube Alstätte 2 sind insgesamt 7 Proben auf kalkige Nannofossilien bearbeitet worden. Weiterhin wurden geochemische Daten ($CaCO_3$, TOC, $ð^{13}C_{org}$) gewonnen.

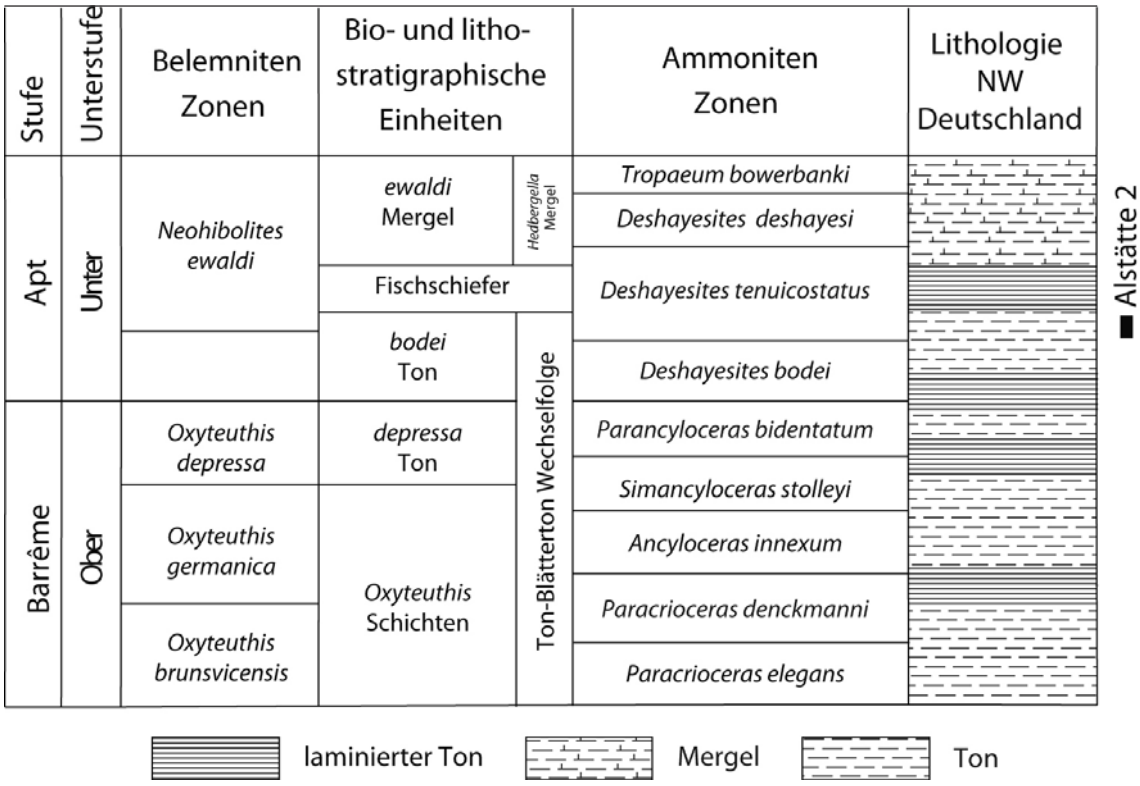


Abb. 3: Biostratigraphie und Reichweite des bearbeiteten Aufschlusses.

4.2 Methoden

Für die Bearbeitung der kalkigen Nannofossilien wurden einfache Schmierpräparate angefertigt. Zur nachfolgenden lichtmikroskopische Bearbeitung wurde ein Olympus BH-2 Polarisationsmikroskop mit einer Vergrößerung von 1500x benutzt. Je Präparat wurden mindestens 300 bestimmbare kalkige Nannofossilien gezählt. Ergänzend wurde das Präparat über die Länge seiner Längs- und Querachse auf weitere, biostratigraphisch wichtige Arten durchgesehen. Die Präparate werden in der Sammlung des Institut 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 erfolgte nach PERCH-NIELSEN (1985) und BOWN (1998). Weitere zur Bearbeitung herangezogene Arbeiten sind der Taxonomieliste im Anhang bzw. der Literaturliste zu entnehmen.

Die Farbansprache, die in hohem Maße von der Durchfeuchtung des Gesteins, den Lichtverhältnissen usw. beeinflusst wird, wurde im Gelände vorgenommen. Die Karbonatgehalte der Proben wurden mit Hilfe einer Karbonatbombe ermittelt (MÜLLER und GASTNER 1971). Der TOC-Gehalt einer Probe wird durch die Analyse des CO_2-Gehalts des Gesamtkohlenstoffs mittels Coulomat (Verbrennung) und des $CaCO_3$ (Säure) bestimmt. Der TOC-Gehalt berechnet sich dann aus der Differenz des Gesamtkohlenstoffgehalts und des $CaCO_3$-Gehalts (TOC=TC-IC) (I: inorganisch, karbonatisch; T: total, gesamt).

Der $\delta^{13}C$ Wert, der sich aus dem Verhältnis der beiden stabilen Isotopen des Kohlenstoffs ^{12}C und ^{13}C berechnet, ist ein Proxy für die Produktivität. Das Verhältnis der beiden Isotope wird in Sedimenten des Känozoikums und der Kreide aber auch erfolgreich als stratigraphisches Hilfsmittel eingesetzt (z. B. WEISSERT et al. 2008). In der Kreide ist neben dem Valangin und dem Cenoman/Turon insbesondere das Unter-Apt durch signifikante Schwankungen der $d^{13}C$ Werte gekennzeichnet. Diese zeigen für die drei genannten Abschnitte der Kreidezeit eine markante stratigraphisch gut nutzbare Signatur. Die gemörserten Proben wurden durch Zugabe von 100%iger Phosphorsäure in einer Gasbench aufgeschlossen, das entweichende CO_2 wurde dann in einem ThermoFinnigan Five Plus Massenspektrometer auf seine stabilen Kohlenstoffisotope gemessen. Durchgeführt wurden die Messungen am Isotopenlabor des GeoZentrums Nordbayern an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (Prof. Dr. M. Joachimski).

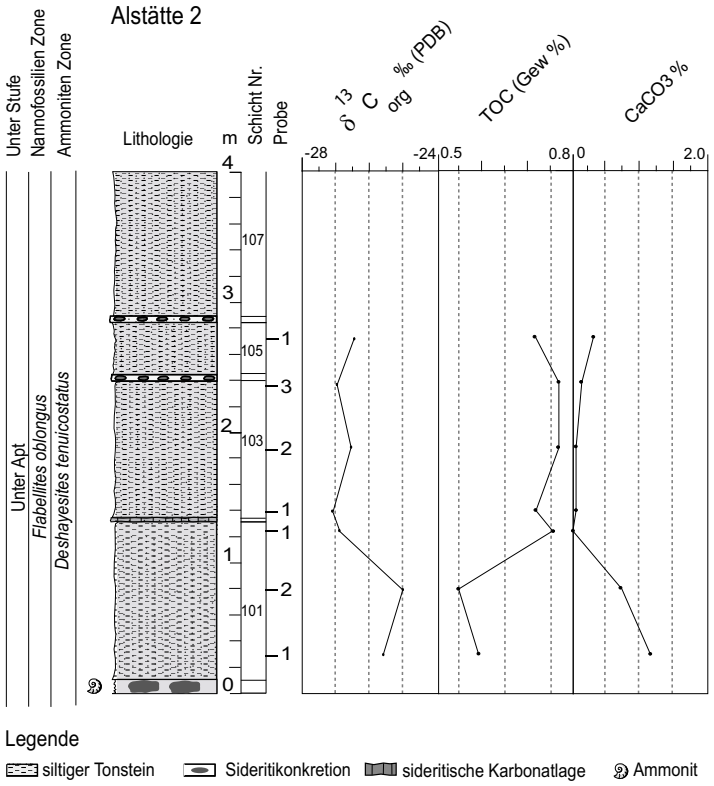


Abb. 4: Lithologie und Biostratigraphie des Profils Alstätte 2.

5 Befunde

5.1 Kalkige Nannofossilien

Die Erhaltung der kalkigen Nannofossilien ist im unteren Profilabschnitt (Proben 101/1 – 101/2) als moderat bis gut zu bezeichnen. Im oberen Teil (Proben 101/3 – 105/1) hingegen konnten keine Nannofossilien beobachtet werden (Abb. 5).

Die einfache Diversität (Anzahl der Arten pro Probe) beträgt 22 für die beiden nannofossilreichen Proben (101/1, 101/2). Diese Diversität ist damit im Vergleich zu altersgleichen stärker pelagischen Profilen als gering einzustufen. Die Gattung *Watznaueria* vertreten vor allem durch *Watznaueria barnesiae* ist bei weitem die häufigste Art, gefolgt von *Rhagodiscus asper*. Weitere häufige Arten umfassen *Zeugrhabdotus erectus, Discorhabdus rotatorius, Crucibiscutum hayi, Biscutum constans, Cretarhabdus surirellus* und *Cyclagelosphaera margerelii.* Deutlich seltener sind die Taxa *Repagulum parvidentatum, Lithraphidites carniolensis, Manivitella pemmatoidea, Microstaurus chiastius, Rotelapillus laffittei* und *Staurolithites stradneri* (Abb. 5).

Biostratigraphisch wichtige Taxa beinhalten *Chiastozygus litterarius* und *Flabellites oblongus.* Das Erstauftreten von *C. litterarius* erfolgt im Ober-Barreme und definiert die Basis der *C. litterarius* Zone, das Erstauftreten von *F. oblongus* markiert die Barreme /Aptgrenze und die Basis der *F. oblongus* Zone. Bei gleichzeitigem Fehlen von *Eprolithus floralis* kann die in Alstätte 2 erschlossene Abfolge dem tiefen Unter-Apt unterhalb des in Alstätte 2 nicht erschlossenen Fischschiefers zugeordnet werden.

5.2 Geochemie

Die Kalziumkarbonatwerte der Abfolge von Alstätte 2 sind mit Werten von 1.1 % bis 0.8% insgesamt sehr gering und erklären die relativ gering diversen Nannofossil Vergesellschaftungen (Abb. 4). Auch der TOC Gehalt ist mit Werten von 0.55 bis 0.72% als gering einzustufen.

Das $\delta^{13}C_{org}$ Signal (Gesamtgestein) der Proben von Alstätte 2 zeigt einen Rückgang der Werte von -25‰ auf -27‰.

Alstätte 2																											
Schicht	m	Erhaltung	Diversität	Zone	*W. barnesiae*	*W. britannica*	*R. asper*	*C.s surlellus*	*Z. diplogrammus*	*Z. erectus*	*Z. xenotus*	*Z. scutula*	*L. carniolensis*	*B. constans*	*C. hayi*	*D. rotatorius*	*M. pemmatoidea*	*M. chiastius*	*Tubodiscus spp.*	*C. margerelli*	*E. striatus*	*S. stradneri*	*C. litterarius*	*R. parvidentatum*	*R. laffitelli*	*F. oblongus*
105/1	2,72			Keine Nannofossilien																							
103/3	2,37			Keine Nannofossilien																							
103/2	1,87			Keine Nannofossilien																							
103/1	1,29			Keine Nannofossilien																							
101/3	1,25			Keine Nannofossilien																							
101/2	0,8	m/g	21	*Flabellites oblongus*	C	R	F	R	R	F	R	R	R	F	F	F	R	R	R	F	R	R	R	R	R	R
101/1	0,3	m/g	22	*Flabellites oblongus*	C	R	C	F	R	F	R	R	R	F	F	F	R	R	R	F	R	R	R	R	R	R

Abb. 5: Verteilung der kalkigen Nannofossilien im Profil Alstätte 2. Erhaltung: m = moderat, g = gut.

6 Diskussion

6.1 Stratigraphie

Für das Boreale Reich sind biostratigraphische Zonierungen, die auf kalkigen Nannofossilien beruhen, von JAKUBOWSKI (1987), MUTTERLOSE (1992a), BISCHOFF und MUTTERLOSE (1998), BOWN et al. (1998), AINSWORTH et al. (2000), JEREMIAH (2001), MALKOČ et al. (2010) und jüngst von BOTTINI und MUTTERLOSE (2012) erstellt worden. Dem Schema von BISCHOFF und MUTTERLOSE (1998) folgend kann die Schichtenfolge des Profils Alstätte 2 dem tiefen Unter-Apt zugeordnet werden. Das gemeinsame Vorkommen von *C. litterarius* und *F. oblongus* bei einem gleichzeitigen Fehlen von *Eprolithus floralis* und *Eprolithus apertior* erlaubt eine stratigraphische Zuordnung der Schichtenfolge von Alstätte 2 in das tiefe Unter-Apt der *Flabellites oblongus* Nannofossilzone.

Der Rückgang der $\delta^{13}C_{org}$ Werte auf Werte um -27‰ bei einem gleichzeitigen leichten Anstieg des TOC Gehalts und einem leichten Rückgang der Karbonatwerte könnte in Alstätte 2 die Verschiebung zu stärker negativen Werten kurz unterhalb des Fischschiefers (= Ozeanisches Anoxisches Event 1a) andeuten. Allerdings ist die bearbeitete Abfolge zu geringmächtig und der Probenumfang deutlich zu klein, um hier sichere Aussagen machen zu können.

6.2 Paläobiogeographie und Paläoozeanographie

Das Barrême war durch regressive Tendenzen gekennzeichnet, es kam zu einer Aussüßung der Karpatenstraße und einer Unterbrechung der Verbindung zur Tethys. Die marinen Floren und Faunen des Barreme haben entsprechend eindeutig boreales oder endemisches Gepräge (MUTTERLOSE 1992b). Die Benthosvergesellschaftungen belegen im Laufe des Barrême eine kontinuierliche Verarmung infolge eines reduzierten Sauerstoffangebotes (MICHAEL 1967). Typisch für das Barrême sind feinlaminierte Tonsteine, die Blättertone, die unter anoxischen Bedingungen abgelagert wurden. Eine im tiefen Apt einsetzende Transgression führte zu einer großräumigen Änderung der paläoozeanographischen Rahmenbedingungen. Es erfolgte ein Wechsel von der relativ abgeschlossenen Nebenmeersituation zu einem stärker pelagisch beeinflußten Randmeer. Diese Entwicklung ist allerdings erst im mittleren Apt (*Eprolithus apertior*/*Eprolithus floralis* Zone sensu BISCHOFF und MUTTERLOSE 1998) abgeschlossen.

Floristisch und faunistisch ist der Barreme/Apt Grenzbereich im Niedersächsichen Becken (NB) durch das Aussterben von endemischen Formen gekennzeichnet, die im Barrême häufig vorkommen. Im Apt setzen dann verstärkt kosmopolitische Taxa bei den kalkigen Nannofossilien, Calcisphären und Foraminiferen ein (MUTTERLOSE 1991, 1992a,b; KEUPP und MUTTERLOSE 1994; BISCHOFF und MUTTERLOSE 1998; MUTTERLOSE und BÖCKEL 1998; HABERMANN und MUTTERLOSE 1998; diese Arbeit). Dieser Abschnitt korrespondiert mit raschen globalen Änderungen, die mit weltweit verstärkten Speziationsraten der marinen Biota einhergehen. Das verstärkte Auftreten von neuen Arten im NB ist hier jedoch eher gekoppelt an die transgressiven Bedingungen und die Öffnung einer neuen Meeresverbindung zur Tethys über den Proto-Ärmelkanal (MUTTERLOSE 1991, 1992a,b; KEUPP und MUTTERLOSE 1994; BISCHOFF und MUTTERLOSE 1998; MUTTERLOSE und BÖCKEL 1998; HABERMANN und MUTTERLOSE 1998).

Die im Profil Alstätte 2 angetroffenen kalkigen Nannofossilien spiegeln stärker regional-boreale Einflüsse wider, die im Zusammenhang mit den paläogeographischen Verhältnissen zu sehen sind. Der eigentliche Umbruch zu kosmopolitischen Floren erfolgt etwas später, oberhalb des Fischschiefer Horizontes. *Rhagodiscus* spp., ein vermutliches Warmwassertaxon, ist recht häufig und deutet damit auf Warmwasserbedingungen hin. TEX_{86} Daten aus dem Ostteil des NB machen Temperaturen von > 28°C für die Abfolge des Unter-Apt wahrscheinlich (MUTTERLOSE et al. 2010). *R. parvidentatum,* eine Art der hohen Latituden (MUTTERLOSE 1992a; STREET und BOWN 2000; MUTTERLOSE et al. 2009), kann als Hinweis auf die boreale Affinität der Vergesellschaftungen angesehen werden. Die recht häufig vorkommenden Arten *Biscutum* spp., *Z. erectus* und *D. rotatorius* werden als Proxies für höhere Primärproduktivitäten unter meso-eutrophic Bedingungen gewertet (e.g. ROTH und KRUMBACH 1986; WATKINS 1989; ERBA 2004; MUTTERLOSE et al. 2005; TIRABOSCHI et al. 2009).

7 Zusammenfassung

Das neue Profil von Alstätte 2 kann stratigraphisch der *Flabellites oblongus* Zone des Unter-Apt zugeordnet werden. Die Abfolge ist relativ arten- und individuenarm an kalkigen Nannofossilien, ein Hinweis auf relativ küstennahe Bedingungen. Die Nannofossilassoziationen zeigen ein deutlich regional-boreales Gepräge, bei vermutlich relativ hohen Primärproduktivitäten. Grosse Häufigkeiten von meso- eutrophen Taxa gehen einher mit einem starken siliziklastischen Eintrag.

8 Taxonomischer Index

Taxonomischer Index der im Text und in den Tabellen aufgeführten Gattungen und Arten.
Kalkiges Nannoplankton (in alphabetischer Reihenfolge nach Gattungen):
Biscutum Black in Black and Barnes 1959
Biscutum constans (Górka 1957) Black in Black and Barnes 1959
Chiastozygus Gartner 1968
Chiastozygus litterarius (Górka 1957) Manivit 1971
Cretarhabdus Bramlette & Martini, 1964
Cretarhabdus surirellus (Deflandre, 1954) Reinhardt, 1970
Crucibiscutum Jakuboski 1986
Crucibiscutum hayi (Black 1973) Jakubowski 1986
Cyclagelosphaera Noël 1965
Cyclagelosphaera margerelii Noël 1965
Discorhabdus Noël 1965
Discorhabdus rotatorius (Bukry, 1969) Thierstein, 1973
Eiffellithus striatus (Black 1971) Applegate & Bergen 1988
Flabellites Thierstein 1973
Flabellites oblongus (Bukry 1969) Crux in Crux et al. 1982
Litraphidites Deflandre 1963
Litraphidites carniolensis Deflandre, 1963
Manivitella Thierstein 1971
Manivitella pemmatoidea (Deflandre in Manivit 1965) Thierstein 1971
Microstaurus chiastius M. Black
Repagulum Forchheimer 1972
Repagulum parvidentatum (Deflandre and Fert 1954) Forchheimer 1972
Rhagodiscus Reinhardt 1967
Rhagodiscus asper (Stradner 1963) Reinhardt 1967
Rotelapillus Nöel 1973
Rotelapillus laffittei (Nöel 1957) Nöel 1973
Staurolithites Caratini 1963
Staurolithites stradneri (Rood et *al.,* 1971) Bown, 1998
Tubodiscus Thierstein 1973
Watznaueria Reinhardt 1964
Watznaueria barnesiae (Black 1959) Perch-Nielsen 1968
Watznaueria britannica (Stradner 1963) Reinhardt 1964

Zeugrhabdotus Reinhardt 1965
Zeugrhabdotus diplogrammus (Deflandre in Deflandre and Fert 1954) Burnett in Gale et al. 1996
Zeugrhabdotus erectus (Deflandre in Deflandre and Fert 1954) Reinhardt 1965
Zeugrhabdotus scutula (Bergen 1994) Rutledge & Bown 1996
Zeugrhabdotus xenotus (Stover, 1966) Burnett in Gale et al., 1996

9 Literatur

AINSWORTH, N.R., RILEY, L.A., GALLAGHER, LT. (2000): An Early Cretaceous lithostratigraphic and biostratigraphic framework for the Britannia Field reservoir (Late Barremian- Late Aptian), UK North Sea. – Petroleum Geoscience **6**: 345–367.

BENTZ, A. (1933): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarter deutscher Länder. Lieferung 293 Blatt Alstätte Nr. 2072 (Neue Nr. 3807). – 84 S., Berlin.

BISCHOFF, G., MUTTERLOSE, J. (1998): Calcareous nannofossils of the Barremian/Aptian boundary interval in NW Europe: biostratigraphic and palecologic implications of a high resolution study. – Cretaceous Research **19**: 635–661.

BOTTINI, C., MUTTERLOSE, J. (2012): Early Aptian black shales in the Boreal Realm: calcareous nannofossil and stable isotope evidence for global and regional processes. – Newsletter on Stratigraphy 45/2: 115-137.

BOWN, P.R. (1998): Calcareous nannofossil biostratigraphy, 314 pp. (Chapman & Hall, London).

BOWN, P.R., RUTLEDGE, D.C., CRUX, J.A., GALLAGHER, LT. (1998): Lower Cretaceous. In: Bown, P.R. (Ed.), Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. – Chapman and Hall, London, p. 86–102.

ERBA, E. (2004): Calcareous nannofossils and Mesozoicoceanicc events. – Marine Micropalaeontology **52**: 85–106.

HABERMANN, A., MUTTERLOSE, J. (1998): Early Aptian black shales from NW Germany: calcareous nannofossils and their palaeoceanographic implications. – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen **212 (1–3)**: 379–400.

HILDEN, H.D., HISS, M., JUCH, D., V. KAMP, H., KÖWING, K., MEYER, B., MICHEL, G., THIERMANN, A. & ZELLER, M. (1993): Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100 000, Erläuterungen zu Blatt C 3906 Gronau (Westf.). 76 S., Krefeld.

HISS, M. (1995): Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25 000, Erläuterungen zu Blatt 3808 Heek. 180 S., Krefeld.

HOFFMANN, R., MUTTERLOSE, J. (2011): Stratigraphie und Cephalopodenfauna des Unter-Apt von Alstätte (NRW). – Geologie und Paläontologie in Westfalen **80**: 43-59..

JAKUBOWSKI, M. (1987): A proposed Lower Cretaceous calcareous nannofossil zonation scheme for the Moray Firth area of the North Sea. – Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt (Wien) **39**: 99–119.

JEREMIAH, J. (2001): A Lower Cretaceous nannofossil zonation for the North Sea Basin. – Journal of Micropalaeontology **20**: 45–80.

KEMPER, E. (1963): Die Aufschlüsse der Unterkreide im Raum Rheine-Ahaus. – Geologisches Jahrbuch, **80:** 447-494.

KEMPER, E. (1976): Geologischer Führer durch die Grafschaft Bentheim und die angrenzenden Gebiete mit einem Abriß der emsländischen Unterkreide. 206 S., Verlag Heimatverein der Grafschaft Bentheim e. V. (Nordhorn - Bentheim).

KEMPER, E. (1979): Die Unterkreide Nordwestdeutschlands. Ein Überblick. – In: Wiedmann, J. (ed.), Aspekte der Kreide Europas. IUGS Series **A 6**: 1-9; Schweizerbart, Stuttgart.

KEUPP, H., MUTTERLOSE, J. (1994): Calcareous phytoplankton from the Barremian/Aptian boundary interval from NW Germany. – Cretaceous Research **15**: 739–763.

LEHMANN, J., FRIEDRICH, O., VON BARGEN, D., HEMKER, T. (2012): Early Aptian bay deposits at the southern margin of the Lower Saxony Basin: Integrated stratigraphy, palaeoenvironment and OAE1a. – Acta Geologica Polonica 62/1: 35-62.

MALKOČ, M., MUTTERLOSE, J., PAULY, S. (2010): Timing of the Early Aptian ð^{13}C excursion in the Boreal Realm. – Newsletter on Stratigraphy **43/3:** 251–273.

MICHAEL, E. (1967): Die Mikrofauna des NW-deutschen Barrême. Teil I: Die Foraminiferen des NW-deutschen Barrême. – Palaeontographica (Suppl.) **12:** 176 S.

MICHAEL, E. (1974): Zur Palökologie und Faunenführung des norddeutschen Unterkreide-Meeres. – Geologisches Jahrbuch **A 19:** 1-68.

MICHAEL, E. (1979): Mediterrane Fauneneinflüsse in den borealen Unterkreide-Becken Europas, besonders Nordwestdeutschlands. – In: Wiedmann, J. (ed.), Aspekte der Kreide Europas. IUGS Series **A 6**: 305-321; Schweizerbart, Stuttgart.

MÜLLER, G., GASTNER, M. (1971): The "Karbonat-Bombe", a simple device for the determination of the carbonate content in sediments, soils and other materials. – Neues Jahrbuch Mineralogie Monatsheft **10**: 466–469.

MUTTERLOSE, J. (1991): Das Verteilungs- und Migrationsmuster des kalkigen Nannoplanktons in der borealen Unterkreide (Valangin-Apt) NW-Deutschlands. – Palaeontographica **B 221**: 27–152.

MUTTERLOSE, J. (1992a): Biostratigraphy and palaeobiogeography of Early Cretaceous calcareous nannofossils. – Cretaceous Research **13:** 167–189.

MUTTERLOSE, J. (1992b): Migration and evolution patterns of floras and faunas in marine Early Cretaceous sediments of NW Europe. – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology **94:** 261-282.

MUTTERLOSE, J. (1998): The Barremian-Aptian turnover of biota in northwestern Europe: evidence from belemnites. – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **144:** 161-173.

MUTTERLOSE, J., BÖCKEL, B. (1998): The Barremian-Aptian interval in NW Germany: a review. – Cretaceous Research **19:** 539–568.

MUTTERLOSE, J. & BORNEMANN, A. (2000): Distribution and facies patterns of Lower Cretaceous sediments in northern Germany – a review. – Cretaceous Research **21**: 733-759.

MUTTERLOSE, J., BORNEMANN, A., HERRLE, J.O. (2005): Mesozoic calcareous nannofossils - state of the art. – Paläontologische Zeitschrift **79**: 113–133.

MUTTERLOSE, J., PAULY, S., STEUBER, T. (2009): Temperature controlled deposition of early Cretaceous (Barremian – early Aptian) black shales in an epicontinental sea. – Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. **273:** 330–345.

MUTTERLOSE J., MALKOČ, M., SCHOUTEN, S., SINNINGHE DAMSTÉ , J.S., FORSTER, A. (2010). TEX_{86} and stable ^{18}O paleothermometry of early Cretaceous sediments: Implications for belemnite ecology and paleotemperature proxy application. Earth and Planetary Science Letters **298**: 286–298, doi:10.1016/j.epsl.2010.07.043.

PERCH-NIELSEN, K. (1985): Mesozoic Calcareous nannofossils. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., Perch-Nielsen, K. (Eds.), Plankton Stratigraphy. Cambridge Earth Science Series. –Cambridge University Press, pp. 329–426.

ROTH, P.H., KRUMBACH, K.R. (1986): Middle Cretaceous calcareous nannofossil biogeography and preservation in the Atlantic and Indian Oceans: implications for palaeoceanography. – Marine Micropaleontology **10:** 235–266.

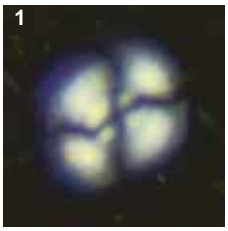
SCHOTT, W., JARITZ, W., KOCKEL, F., SAMES, C.W., V. STACKELBERG, V., STETS, J., STOPPEL, D., BALDSCHUHN R. & KRAMPKE, K.D. (1967/69): Paläogeographischer Atlas der Unterkreide von Nordwestdeutschland mit einer Übersichtsdarstellung des nördlichen Mitteleuropa. – 306 Kt., 1 Tab.; Hannover. Hierzu Erläuterungen zum Paläogeographischen Atlas der Unterkreide von NW-Deutschland. 315 S.; Hannover.

STREET, C., BOWN, P.R. (2000): Palaeobiogeography of Early Cretaceous (Berriasian–Barremian) calcareous nannoplankton. – Marine Micropaleontology **39**: 265–291.

TIRABOSCHI, D., ERBA, E., JENKYNS, H.C. (2009). Origin of rhythmic Albian black shales (Piobbico core, central Italy): calcareous nannofossil quantitative and statistical analyses and paleoceanographic reconstructions. – Paleoceanography **24**: PA2222. doi:10.1029/2008PA001670.

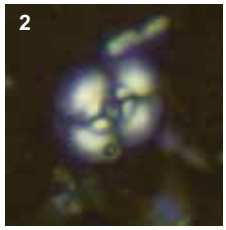
WATKINS, D.K., WISE, S.W., POSPICHAL, J.J., CRUX, J. (1996): Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoceanography of the Southern Ocean. In: Moguilevski, A., Whatley, R. (Eds.), Microfossils and Oceanic Environments. University of Wales, Aberystwyth Press, pp. 355–381.

WEISSERT, H., JOACHIMSKI, M., SARNTHEIN, M. (2008): Chemostratigraphy. – Newsletter on Stratigraphy **42/**3: 145–179.

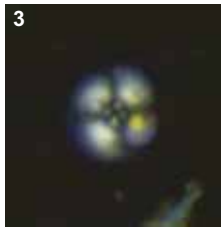


3µm

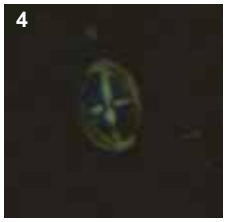
Watznaueria barnesiae
(Probe 101/1)



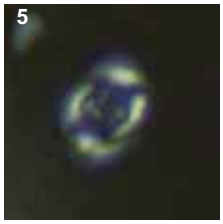
Watznaueria britannica
(Probe 101/1)



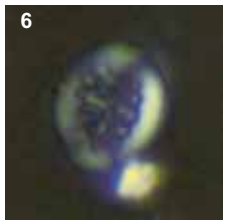
Cyclagelosphaera margerelii
(Probe 101/2)



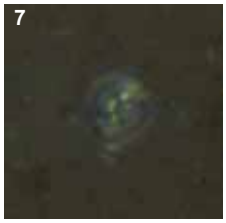
Staurolithites stradneri
(Probe 101/1)



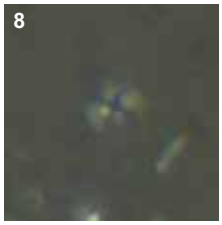
Flabellites oblongus
(Probe 101/2)



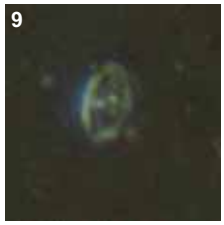
Cretarhabdus surirellus
(Probe 101/1)



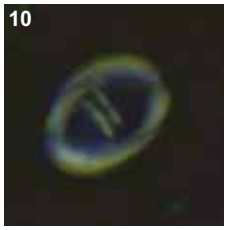
Biscutum constans
(Probe 101/1)



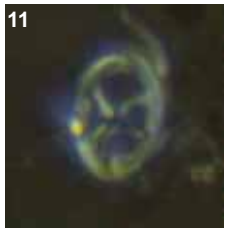
Discorhabdus rotatorius
(Probe 101/1)



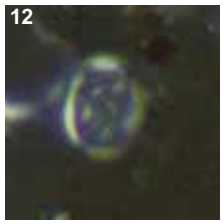
Zeugrhabdotus erectus
(Probe 101/2)



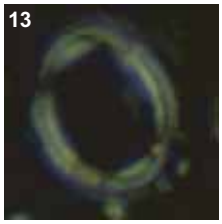
Zeugrhabdotus diplogrammus
(Probe 101/2)



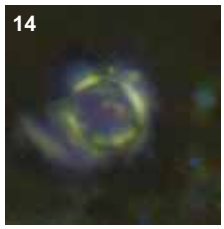
Chiastozygus litterarius
(Probe 101/1)



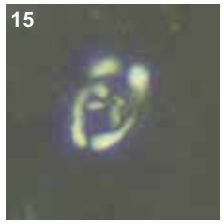
Rhagodiscus asper
(Probe 101/1)



Tubodiscus spp.
(Probe 101/1)



Rotelapillus laffittei
(Probe 101/2)



Eiffellithus striatus
(Probe 101/1)

Tafel 1: Kalkige Nannofossilien aus dem Profil Alstätte 2.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Geologie und Paläontologie in Westfalen

Jahr/Year: 2012

Band/Volume: 84

Autor(en)/Author(s): Mutterlose Jörg, Bottini Cinzia

Artikel/Article: Stratigraphie und kalkige Nannofossilien des Unter-Apt von Alstätte (NRW) 5-15