

Geologie und Paläontologie in Westfalen

Heft 87

**Oerlinghausen- und Salder-Formation (Mittel- und Oberturonium,
Oberkreide) der Paderborner Hochfläche und des Haarstrangs zwischen
Borchen und Anröchte (Südöstliches Münsterländer Kreidebecken)**

Ulrich Kaplan

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

Nathalie Lübke, Ulrich Kaplan und Jörg Mutterlose

**Nachweise von Pterosauriern aus einer unterkreidezeitlichen Karstfüllung
im nördlichen Sauerland (Rheinisches Schiefergebirge, Deutschland)**

Klaus Peter Lanser

Hinweise für die Autoren

In der Schriftenreihe **Geologie und Paläontologie** werden geowissenschaftliche Beiträge veröffentlicht, die den Raum Westfalen betreffen.

Druckfertige Manuskripte sind an die Schriftleitung zu schicken.

Aufbau des Manuskriptes

1. Titel kurz und bezeichnend.
2. Klare Gliederung.
3. Zusammenfassung in Deutsch am Anfang der Arbeit.

Äußere Form

4. Manuskriptblätter einseitig und weitzeilig beschreiben; Maschinenschrift, Verbesserungen in Druckschrift.
5. Unter der Überschrift: Name des Autors (ausgeschrieben), Anzahl der Abbildungen, Tabellen und Tafeln; Anschrift des Autors auf der 1. Seite unten.
6. Literaturzitate im Text werden wie folgt ausgeführt: (AUTOR, Erscheinungsjahr: evtl. Seite) oder AUTOR (Erscheinungsjahr: evtl. Seite). Angeführte Schriften werden am Schluss der Arbeit geschlossen als Literaturverzeichnis nach den Autoren alphabetisch geordnet. Das Literaturverzeichnis ist nach folgendem Muster anzuordnen:

SIEGFRIED, P. (1959): Das Mammut von Ahlen (*Mammonteus primigenius* BLUMENB.).-Paläont. Z. 30,3: 172-184, 3 Abb., 4 Taf.; Stuttgart.

WEGNER, T. (1926): Geologie Westfalens und der angrenzenden Gebiete. 2. Aufl. – 500 S., 1 Taf., 244 Abb.; Paderborn (Schöningh).
7. Schrifttypen im Text:
doppelt unterstrichen = Fettdruck
einfach unterstrichen oder `g e s p e r r t` = S p e r r u n g
Gattungs- und Artnamen unterschlängeln = Kursivdruck
Autoren timer durch GROSSBUCHSTABEN wiedergeben.

Abbildungsvorlagen

8. In den Text eingefügte Bilddarstellungen sind Abbildungen (Abb. 2). Auf den Tafeln stehen Figuren (Taf. 3, Fig. 2) oder Profile (Taf. 5, Profil 2).
9. Strichzeichnungen können auf Transparentpapier oder Fotohochglanzpapier vorgelegt werden. Fotografien müssen auf Hochglanzpapier abgezogen sein.

Korrekturen

10. Korrekturfahnen werden den Autoren einmalig zugestellt. Korrekturen gegen das Manuskript gehen auf Rechnung des Autors.

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren allein verantwortlich.

Geologie und Paläontologie in Westfalen

Heft 87

Oerlinghausen- und Salder-Formation (Mittel- und Oberturonium, Oberkreide) der Paderborner Hochfläche und des Haarstrangs zwischen Borchen und Anröchte (Südöstliches Münsterländer Kreidebecken)

Ulrich Kaplan

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

Nathalie Lübke, Ulrich Kaplan und Jörg Mutterlose

Nachweise von Pterosauriern aus einer unterkreidezeitlichen Karstfüllung im nördlichen Sauerland (Rheinisches Schiefergebirge, Deutschland)

Klaus Peter Lanser

Geol. Paläont. Westf.	87	118 S.	89 Abb. 2 Tab. 4 Taf.	Münster November 2015
--------------------------	-----------	--------	-----------------------------	--------------------------

Impressum

Geologie und Paläontologie in Westfalen

Herausgeber:

Landschaftsverband Westfalen-Lippe (LWL)
LWL-Museum für Naturkunde, Münster
Sentruper Str. 285, 48161 Münster
Telefon 02 51/591-05, Telefax: 02 51/591 60 98
www.lwl-naturkundemuseum-muenster.de

Druck: DruckVerlag Kettler GmbH, Bönen/Westf.

Schriftleitung: Dr. Peter Lanser

ISSN 0176-148X
ISBN 978-3-940726-37-7

© 2015 Landschaftsverband Westfalen-Lippe

Alle Rechte vorbehalten. Kein Titel des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung des LWL reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Geol. Paläont. Westf.	87	S. 5 - 74	80 Abb.	Münster November 2015
--------------------------	----	-----------	---------	--------------------------

Oerlinghausen- und Salder-Formation (Mittel- und Oberturonium, Oberkreide) der Paderborner Hochfläche und des Haarstrangs zwischen Borchten und Anröchte (Südöstliches Münsterländer Kreidebecken)

Ulrich Kaplan

Kurzfassung

45 Aufschlüsse der Oerlinghausen- und der Salder-Formation mit Soest-Grünsand-Subformation, Mittel- und Oberturonium (Oberkreide), der Paderborner Hochfläche und des Haarstrangs zwischen Borchten und Anröchte, südöstliches Münsterländer Kreidebecken, werden anhand bestehender Gliederungen litho-, bio- und eventstratigraphisch dokumentiert und ihre Fauneninhalte beschrieben. Die Oerlinghausen-Formation besteht aus gebankten hellgrauen Mergelkalksteinen mit Zentimeter- bis Dezimeter mächtigen Mergelstein-Zwischenlagen. Der untere Abschnitt der Salder-Formation wird bis auf den äußersten Osten des Arbeitsgebietes von der Soest-Grünsand-Subformation eingenommen, mäßig sand- und glaukonitführende Mergelkalksteinbänke mit einer Mächtigkeit von 2 – 3 Meter. Die überliegende Salder-Formation besteht aus dickbankigen, weißen bis hellgrauen Mergelkalksteinen mit zwischengeschalteten dünnen Mergelsäumen und nur wenigen mächtigen Ton- und Tonmergelsteinlagen bis 50 cm. Während im Westen des Arbeitsgebietes die Salder-Formation und die überliegende untere Erwitte-Formation auf ein Schichtpaket von etwa 4,5 Metern kondensiert sind, schließt sie sich im Osten sehr eng an litho- und biostratigraphisch vollständig entwickelten Gesteinsfolgen im südöstlichen Teutoburger Wald an. Der hier erstmals beschriebene oberturone Alme-Grünstein tritt im Raum Borchten – Salzkotten-Niederntudorf zwischen dem *Micraster*-Event und der Basis der Grauweißen-Wechselfolge auf. Er besteht aus glaukonitreichen, etwas sandigen und harten Mergelkalksteinbänken, die bislang mit der Soest-Grünsand-Subformation gleichgesetzt wurden. Bio- und eventstratigraphisch korreliert das Mittelturonium eng mit Vorkommen im Teutoburger Wald. Dagegen kann die Basis des Oberturoniums nur lithostratigraphisch eingegrenzt werden. Der Abschnitt bis zur Soest-Grünsand-Subformation ist weitgehend fossilarm. Die Werksteinbänke der Soest-Grünsand-Subformation werden in die *Subprionocyclus neptuni*-Zone gestellt und mit dem Bereich von Mergellage M_E und *Hyphantoceras*-Event korreliert. Im Westen des Arbeitsgebietes liegt die Turonium – Coniacium – Grenze etwa 2 Meter über den Werksteinbänken der Soest-Grünsand-Subformation. Im Osten mit liegt die Grenze etwa 35 m darüber.

Abstract

45 exposures of the Oerlinghausen and the Salder Formation including the Soest-Greensand Subformation, Middle- and Upper Turonian (Upper Cretaceous), of Paderborn plateau and Haarstrang between Borchten and Anröchte, southeastern Munster Basin, are described by means of existing litho-, bio- and event stratifications and their faunal contents. The Oerlinghausen Formation consists of bedded

Anschrift des Verfassers:

Ulrich Kaplan, Eichenallee 141, D 33332 Gütersloh, Deutschland, E-Mail: U.K.Kaplan@t-online.de.

light grey marly limestones with centimetre to decimetre thick intercalated marls. The Soest-Greensand Subformation substitutes the basal Salder-Formation. It is built by moderate sandy and glauconitic horizons of marly limestones 2 – 3 metres thick, with the exception of the extreme east of the working area. The overlaying Salder Formation consists of thick beds of white to light grey marly limestones with intercalated thin marl seams and only few layers of clay and marl up to 50 centimetres thick. Where as in the west of the working area the Salder Formation and the overlaying lower Erwitte Formation are condensed to a package of approximately 4.5 metres, in the east it is closely connected with completely developed sequences of southeastern Teutoburger Wald. The Upper Turonian Alme Greenstone (Alme Grünstein), described here for the first time, is distributed in the realm of Borchten – Salzkotten-Niedertudorf, and occurs between *Micraster*-Event and basis of Grauweiße Wechselfolge, subformation of Erwitte Formation. Its beds consist of hard marly limestone, and are glauconitic and a little sandy. These beds were correlated with the Soest Greensand Subformation so far. The Middle Turonian closely correlates with occurrences of Teutoburger Wald by means of bio- and event stratigraphy. In contrast, the base of the Upper Turonian can be located only by lithostratigraphy. The sections up to the base of the Soest Greensand Subformation are to a large extent barren of fossils. The freestone horizons of the Soest Greensand Subformation are *Subprionocyclus neptuni*-Zone and can be correlated with the section from marl M_E to *Hyphantoceras*-Event. In the western working area, the Turonian Coniacian boundary lies approximately 2 metres above the freestone horizons of the Soest Greensand Subformation. In the eastern working area, the boundary lies 35 metres higher.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	8
2 Lokalitäten	9
3 Stratigraphie.....	15
3.1 Lithostratigraphie.....	15
3.2 Bio-, Eventstratigraphie und Faunen	18
3.3 Korrelation	21
4 Schriftenverzeichnis	22

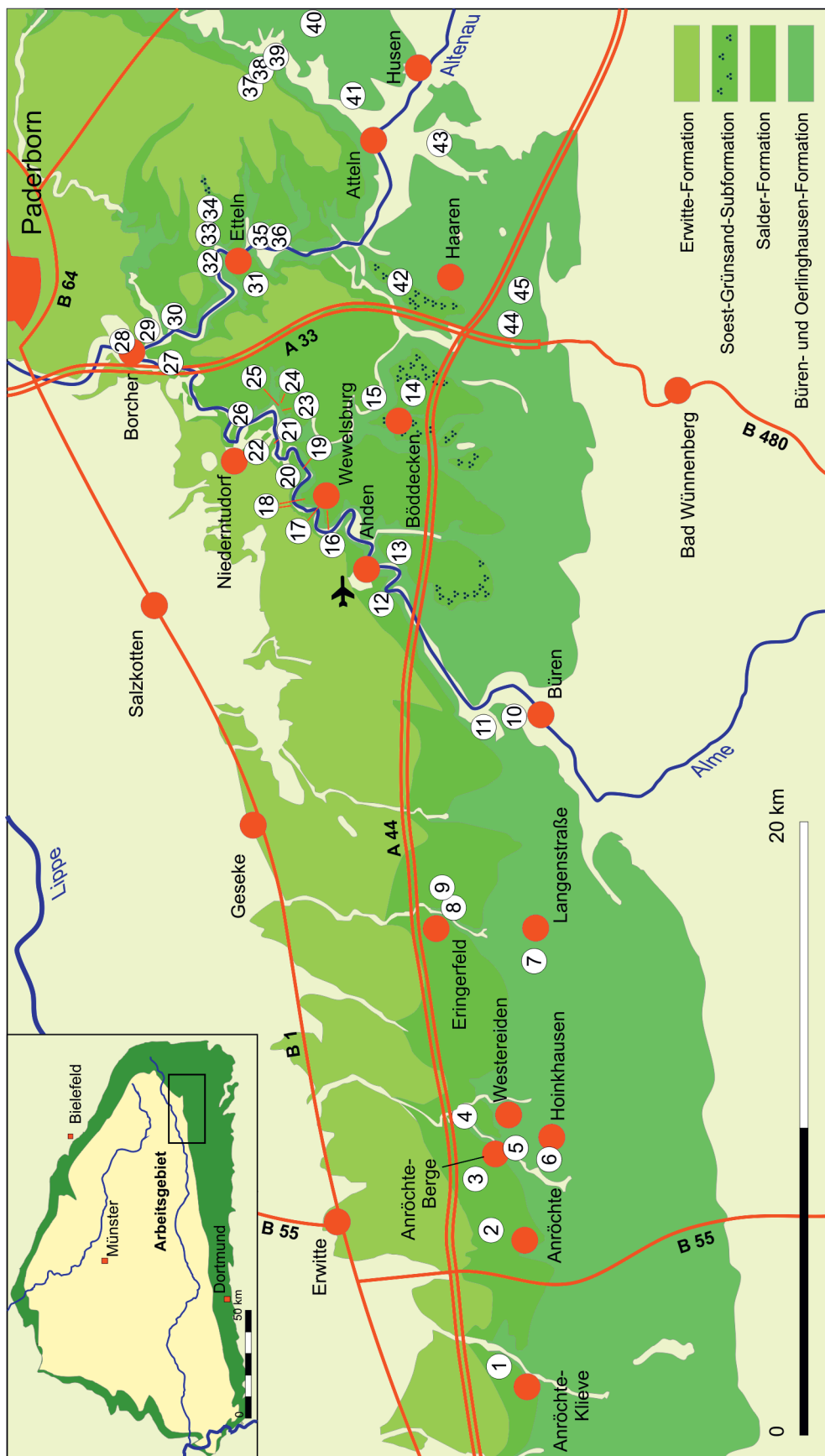


Abb. 1: Übersichtskarte des Arbeitsgebiets am Südostrand des Münsterländer Kreidebeckens im Bereich der Paderborner Hochfläche und des Haarstrangs mit den im Text erwähnten Aufschlüssen.

1. Einleitung

Auf der Paderborner Hochfläche und am Haarstrang streichen Ablagerungen der oberkretazischen Plänerkalkgruppe weitflächig aus. Sie fallen flach und unbeeinträchtigt durch größere Störungen nach Norden zum Zentrum des Münsterländer Kreidebeckens ein. Im Rahmen der Neubearbeitung der Stratigraphie der tiefen Oberkreide des Münsterländer Kreidebeckens und besonders des Turoniums und Unterconiaciums standen vorrangig die profilmäßig mächtigen und damit auch stratigraphisch bedeutsamen Aufschlüsse im mittleren und nordwestlichen Teutoburger Wald zwischen Lengerich und Oerlinghausen im Vordergrund (KAPLAN 2011a mit vollständiger Literatur). Damit einhergehend wurden Aufschlüsse des Turoniums und Unterconiaciums zwischen Augustdorf und Altenbeken stratigraphisch dokumentiert (KAPLAN 2011b). Die Ablagerungen auf der Paderborner Hochfläche und dem Haarstrang fanden eine erste grundlegende Bearbeitung durch SEIBERTZ (1979). An dessen Ergebnissen orientierten sich auch die im Arbeitsgebiet liegenden geologischen Neukartierungen der Blätter GK 25 Blatt 4417 Büren (HISS 1989) und GK 25 Blatt 4418 Wünnenberg (SKUPIN 1989). In einen ersten Ansatz, Aufschlüsse dieses Gebietes in das etablierte bio- und eventstratigraphische Schema zu integrieren unternahm KAPLAN (1994) für das Vorkommen von glaukonitischen Mergelkalksteinen der Soest-Grünsand-Subformation zwischen Anröchte und Niederntudorf. Neue Geländebefunde im Raum Niederntudorf – Wewelsburg und isotopenstratigraphische Untersuchungen zweier Bohrungen bei Werl und Anröchte (RICHARDT & WILMSEN 2012) legen ihre Neuinterpretation nahe.

Ziel dieser Arbeit ist es, die bedeutsamen Aufschlüsse der mittel- und oberturonen Oerlinghausen- und Salder-Formation zwischen Borchon und Anröchte-Klieve zu dokumentieren und soweit wie möglich in das etablierte multistratigraphische Gliederungsschema der NW-deutschen Oberkreide zu integrieren, um die Grundlage und den Rahmen zu schaffen für notwendiger Weise nachfolgende Untersuchungen.

Danksagung

K.-P. Lanser, LWL-Museum für Naturkunde in Münster betreute diese Arbeit redaktionell. M. Dölling und M. Hiß, beide Geologischer Dienst NRW, Krefeld, gaben wertvolle Hinweise im Rahmen von gemeinsamen Exkursionen. W. und H. Rinsche, Anröchte-Klieve, J. Stelbrink und F. Steinhagen, beide Niederntudorf, gewährten großzügig Zugang zu ihren Aufschlüssen. M. Wilmsen, Dresden, regte durch seine Arbeitsergebnisse und kritischen Diskussionen eine Neubearbeitung der Aufschlüsse im Arbeitsgebiet an. F. Wiese, Hardeggen-Asche, diskutierte bei gemeinsamen Geländearbeiten Überlegungen und Problemstellungen vor Ort und gab mir wertvolle Hinweise ebenso wie E. Seibert, Wolfsburg. Ich danke allen für ihre Unterstützung.

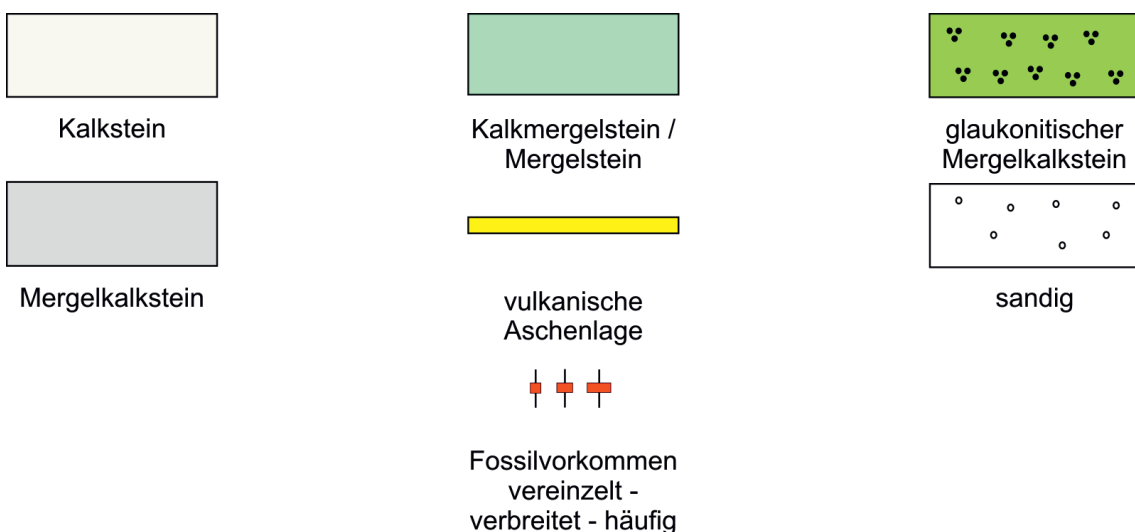


Abb. 2: Lithologische und stratigraphische Symbole.

2. Lokalitäten

Die im Text erwähnten 45 Aufschlüsse werden in Abb. 1 in ihrer Verbreitung von West nach Ost und Süd dargestellt, sich orientierend am Verlauf des Haarstrangs und des östlich anschließenden Altenautals im Gebiet der Paderborner Hochfläche. Die lithologischen Symbole bildet Abb. 2 ab. Abb. 3 liefert den stratigraphischen Rahmen. Die Numerierung der Aufschlüsse in Text und Abb. 1 entsprechen sich. Aufschlüsse aus der hangenden Erwitte-Formation werden immer dann berücksichtigt, wenn diese für das Verständnis der örtlichen geologischen und stratigraphischen Situation bedeutsam sind. Kleinere Aufschlüsse wie sie beispielsweise immer wieder an Wegrändern vorkommen, werden dann erwähnt, wenn sie eine bemerkenswerte Fauna liefern oder von stratigraphischer Relevanz sind. Ein Foto dokumentiert den aktuellen Zustand der Aufschlüsse. Für das Gros der Aufschlüsse werden lithologische Profile mit bio- und eventstratigraphischer Deutung sowie nachgewiesener Fauna beigelegt. Auf feinstratigraphische Neuaufsammlungen von Fossilien in Kleinsteinbrüchen und Forstwegrändern wurde bei Notwendigkeit aus Naturschutzgründen verzichtet, so dass einige Profile ohne oder mit nicht vollständig dokumentierter Fauna abgebildet werden. Die Lagen der Aufschlüsse werden mit dem Gauß-Krüger-Koordinatensystem verortet.

1. Anröchte-Klieve, Steinbruch Klieve Natursteinwerk Rinsche GmbH (Abb. 1 bis 4),
Lage: TK 25 Blatt 4415 Anröchte, Rechts 3451450, Hoch 5715760, NN + 150 m,
Stratigraphie: Salder-Formation, Soest-Grünsand-Subformation bis Erwitte-Formation; Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone bis Unterconiacium, *Peroniceras subtricarination*-Zone, stark kondensiert im Bereich der Soest-Grünsand-Subformation.
Schriften: BRAUN (1964), KAPLAN (1994, 2009), SEIBERTZ (1978, 1979), RICHARDT & WILMSEN (2012).
2. Anröchte, Steinbruch Anröchte Natursteinwerk Rinsche GmbH (Abb. 5),
Lage: TK 25 Blatt 4416 Effeln, Rechts 3454550, Hoch 5716200, NN + 173 m,
Stratigraphie: Salder-Formation, Soest-Grünsand-Subformation bis Erwitte-Formation; Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone bis Unterconiacium, *Peroniceras subtricarination*-Zone, stark kondensiert im Bereich der Soest-Grünsand-Subformation.
Schriften: BRAUN (1964), KAPLAN (1994, 2009), SEIBERTZ (1978, 1979).
3. Anröchte-Berge, Schotterwerk Westereiden GmbH & Co. KG (Abb. 6),
Lage: TK 25 Blatt 4416 Effeln, Rechts 3455180, Hoch 5716310, NN + 170 m,
Stratigraphie: Salder-Formation, Soest-Grünsand-Subformation bis Erwitte-Formation; Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone bis Unterconiacium, *Peroniceras subtricarination*-Zone, stark kondensiert im Bereich der Soest-Grünsand-Subformation, mächtigstes Profil im Bereich der Erwitte-Formation im Raum Anröchte – Berge,
Schriften: BRAUN (1964), KAPLAN (1994, 2009), SEIBERTZ (1978, 1979).
4. Rüthen-Westereiden, aufgelassener Steinbruch am Hochwasser-Rückhaltebecken im Pöppelsche Tal (Abb. 8),
Lage: TK 25 Blatt 4416 Effeln, Rechts 3457690, Hoch 5716870, NN + 153 m,
Stratigraphie: oberste Oerlinghausen-Formation, Salder-Formation, Soest-Grünsand-Subformation bis Erwitte-Formation; Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone bis Unterconiacium, *Peroniceras subtricarination*-Zone, stark kondensiert im Bereich der Soest-Grünsand-Subformation.
Schriften: BRAUN (1964), KAPLAN (1994, 2009), SEIBERTZ (1979), WRAY et al. (1995).
5. Anröchte-Berge, Wegesteinbruch an der Rütthener Straße im Pöppelsche Tal (Abb. 9),
Lage: TK 25 Blatt 4416 Effeln, Rechts 3456763, Hoch 5714515, NN +180 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979).
6. Rüthen-Hoinkhausen, Steinbruchwand an der Wilhelm-Schröder-Straße (Abb. 10),
Lage: TK 25 Blatt 4416 Effeln, Rechts 3458215, Hoch 5713895, NN + 210 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979).

Lithostratigraphische Einheiten						Unter- stufen	Ammoniten- Zonen	Inoceramen- Zonen	Events & Leithorizonte
Egge- gebirge		Raum Eتلن- Wewelsburg		Raum Anröchte					
Erwitte-Formation (pars)	Obere -Plänerkalkstein-Einheit (pars)	Erwitte-Formation (pars)	Obere -Plänerkalkstein-Einheit (pars)	Erwitte-Formation (pars)	Obere -Plänerkalkstein-Einheit (pars)	Unterconiacium	<i>Peroniceras subtridorsatum</i>	<i>Cremnoceramus deformis/crassus</i>	– <i>Cremnoceramus deformis erectus</i> -Event
							keine leitende Ammoniten	<i>Cremnoceramus inconstans</i> ?	
								<i>Cr. e. hannov. ?</i>	
	<i>Cr. deformis erectus</i>								
G.W.W.		G.W.W.		Mangelsedimentation/ Hiatus		<i>Prionocyclus germari</i>	<i>Mytiloides scupini</i>	– Alme-Grünstein	
Salder-Formation	Salder-Formation	S.G. .S.	Sal- Form. S.G. .S.		Oberturonium		<i>Mytiloides striato- concentricus</i>	– <i>Micraster</i> -Event – Tuff TF	
				mergelige Folge		mergelige Folge	<i>Subprionocyclus neptuni</i>	<i>Inoceramus perplexus</i> ?	– <i>Hyphantoceras</i> -Event nur Borchten & Niederntudorf
	Oerlinghausen-Formation	Oerlinghausen-Formation	kalkige Folge				kalkige Folge		
				Oerlinghausen-Formation		Oerlinghausen-Formation		kalkige Folge	kalkige Folge
		– Mergellage MTeuto							
		– Weiße Grenzbank							
		<i>Inoceramus lamarcki</i> -Lage							
Büren-Formation (pars)						Unter- turonium	<i>Cibolaites molenaari</i>	<i>Mytiloides hercynicus</i>	– <i>Inoceramus apicalis</i> & – <i>cuvierii</i> -Lagen – Bochumer Grünsand – <i>Mytiloides hercynicus</i> -Event
							<i>M. nodosoides</i>	<i>Myt. myt. / lab.</i>	

Abb. 3: Stratigraphie Übersicht der Oerlinghausen- und Salder-Formation im Arbeitsgebiet und im östlich angrenzenden Eggegebirge, G.W.M. = Grauweiße Wechselfolge, S.G.S. = Soest-Grünsand-Subformation, Sal-Form. = Salder-Formation.

- 7.** Rüthen-Langenstraße-Heddinghausen, aufgelassener und teilweise wiederverfüllter Steinbruch an der L 747 am Johannesholz (Abb. 11 und 12),
Lage: TK 25 Blatt 4416 Effeln, Rechts 3462090, Hoch 5713640, NN + 250 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979).
- 8.** Geseke-Eringerfeld, aufgelassener und teilweise wiederverfüllter Steinbruch an der Steinhäuser Straße (Abb. 13 und 14),
Lage: TK 25 Blatt 4416 Effeln, Rechts 3463970, Hoch 5717110, NN + 177 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, *Subprionocyclus neptuni*-Zone, Soest-Grünsand-Subformation, Salder-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979).
- 9.** Geseke-Eringerfeld, Böschung der Steinhäuser Straße (Abb. 15 und 16),
Lage: TK 25 Blatt 4416 Effeln, Rechts 3464275, Hoch 5717080, NN + 196 m,
Stratigraphie: Grauweiße Wechselfolge, Subformation der Erwitte-Formation, *Prionocyclus germari*-Zone, *Mytiloides scupini*-Zone,
Schriften: - .
- 10.** Büren, aufgelassener Steinbruch Burania und Solaranlage am Buraniaweg (Abb. 17 und 18),
Lage: TK 25 Blatt 4417 Büren, Rechts 3469480, Hoch 5714330, NN + 220 m,
Stratigraphie: obere Brochterbeck-Formation, Hesseltal-Formation, beide Obercenomanium, Büren-Formation, Unterturonium, Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignonicerias woollgarii*-Zone, *Inoceramus apicalis* & *cuvierii*-Zone,
Schriften: HISS (1989), HISS et al. (2007), SEIBERTZ (1979).
- 11.** Büren, Bahneinschnitt am Brennenberg (Abb. 19),
Lage: TK 25 Blatt 4417 Büren, Rechts 3469215, Hoch 5715300, NN + 240 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignonicerias woollgarii*-Zone – Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979).
- 12.** Büren-Ahden, Straßenböschung und aufgelassener Steinbruch an der Kluskapelle (Abb. 20 und 22),
Lage: TK 25 Blatt 4417 Büren, Rechts 3473795, Hoch 5717990, NN + 191 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignonicerias woollgarii*-Zone,
Schriften: HISS (1989), SEIBERTZ (1979).
- 13.** Büren-Ahden, südlicher Bahneinschnitt (Abb. 21 und 22),
Lage: TK 25 Blatt 4417 Büren, Rechts 3474200, Hoch 5718255, NN + 187 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignonicerias woollgarii*-Zone,
Schriften: HISS (1989), SEIBERTZ (1979).
- 14.** Büren-Böddecken, aufgelassener Steinbruch östlich vom Gut Böddecken an der L 751 (Abb. 23 und 24),
Lage: TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3478145, Hoch 5717900, NN + 255 m,
Stratigraphie: Salder-Formation, Soest Grünsand-Subformation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979), SKUPIN (1989).
- 15.** Büren-Wewelsburg, aufgelassener Steinbruch am Ziegenberg (Abb. 25),
Lage: TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3479074, Hoch 5718239, NN + 230 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979), SKUPIN (1989).
- 16.** Büren-Wewelsburg, oberer Abschnitt des Wasserrisses südlich der Burg (Abb. 26 und 27),
Lage: TK 25 Blatt 4317 Geseke, Rechts 3475835, Hoch 5719055, NN + 184 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation bis Salder-Formation, Soest-Grünsand-Subformation, Mittelturonium, *Collignonicerias woollgarii*-Zone, bis Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979), SKUPIN (1985).

17. Büren-Wewelsburg, Bahneinschnitt Waldsiedlung (Abb. 29),
Lage: TK 25 Blatt 4317 Geseke, Rechts 3475410, Hoch 572000, NN + 176 m,
Stratigraphie: obere Oerlinghausen-Formation bis Salder-Formation, Soest-Grünsand-Subformation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979), SKUPIN (1985).

18. Büren-Wewelsburg, nördlicher Bahneinschnitt (Abb. 28 und 29),
Lage: TK 25 Blatt 4317 Geseke, Rechts 3475890, Hoch 5720500, NN + 173 m,
Stratigraphie: Top Oerlinghausen-Formation bis Salder-Formation, Soest-Grünsand-Subformation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979), SKUPIN (1985),

nördlich von Aufschluss 18:

Salzkotten-Oberntudorf, aufgelassene Steinbrüche am Prallhang der Alme unter dem Horenberg (Abb. 30),

Lage: TK 25 Blatt 4317 Geseke, Rechts 3476424, Hoch 5720936, NN + 169 m,
Stratigraphie: Grauweiße Wechselfolge, Subformation der Erwitte-Formation, Oberturonium, *Prionocyclus germari*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979), SKUPIN (1985).

19. Salzkotten-Niederntudorf, Almeufer unter westlichem Bahneinschnitt (Abb. 31, Abb. 32, Abb. 43),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3477095, Hoch 5720685, NN + 159 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: - .

20. Salzkotten-Niederntudorf, westlicher Bahneinschnitt (Abb. 33, Abb. 34, Abb. 43),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3477330, Hoch 5720960, NN + 163 m;
Stratigraphie: Salder-Formation, Oberturonium, obere *Subprionocyclus neptuni*- bis *Prionocyclus germari*-Zone,
Schriften: - .

21. Salzkotten-Niederntudorf, Almeufer unter mittlerem Bahneinschnitt, **a** Wegeprofil an der Bahnunterführung, **b** Steinbruch unter mittleren Bahneinschnitt am Prallhang der Alme (Abb. 35, Abb. 36, Abb. 43),
Lage: **a** TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3477384, Hoch 5721468, NN + 162 m, **b** Rechts 3477497, Hoch 5721481, NN + 164 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Salder-Formation, Soest-Grünsand-Subformation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: - .

22. Salzkotten-Niederntudorf, mittlerer Bahneinschnitt (Abb. 37 und Abb. 43),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3477585, Hoch 5721665, NN + 171 m,
Stratigraphie: Salder-Formation, Oberturonium, *Prionocyclus germari*-Zone, Abschnitt über Alme-Grünstein,
Schriften: - .

23. Salzkotten-Niederntudorf, aufgelassener Steinbruch im Betriebsgelände Asphaltwerk Steinhagen (Abb. 38),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3478635, Hoch 5720955, NN + 195 m,
Stratigraphie: Salder-Formation, Oberturonium, *Prionocyclus germari*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979).

24. Salzkotten-Niederntudorf, Steinbruch Stelbrink (Abb. 39, Abb. 40, Abb. 43),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3478620, Hoch 5721300, NN + 180 m,
Stratigraphie: Salder-Formation, Oberturonium, obere *Subprionocyclus neptuni*-Zone bis untere *Prionocyclus germari*-Zone,
Schriften: KAPLAN (1994), WRAY et al. (1995), SEIBERTZ (1979).

- 25.** Salzkotten-Niederntudorf, Wegesteinbruch unterhalb Steinbruch Stelbrink (Abb. 41 und Abb. 43),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3478630, Hoch 5721374, NN + 152 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: - .
- 26.** Salzkotten-Niederntudorf, östlicher Bahneinschnitt und Steinbruch am Rissenweg (Abb. 42 und Abb. 43),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3478465, Hoch 5722590, NN + 160 m,
Stratigraphie: Salder-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone bis *Prionocyclus germari*-Zone,
Schriften: KAPLAN (1994), WRAY et al. (1995), SEIBERTZ (1979).
- 27.** Kirchborchen-Gallihöhe, Felswände an der Alme (Abb. 44 und Abb. 45),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3480355, Hoch 5724940, NN + 142 m,
Stratigraphie: Salder-Formation; Oberturonium, obere *Subprionocyclus neptuni*, basale *Prionocyclus germari*-Zone,
Schriften: KAPLAN (1994), WRAY et al. (1995), SEIBERTZ (1979).
- 28.** Borchten-Kirchborchen, aufgelassener Steinbruch am Lagerhaus Borchten, ehemals Lippes Mühle (Abb. 46 und Abb. 47),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten Rechts 3480850, Hoch 5725375, NN + 151 m,
Stratigraphie: Salder-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone, Bereich *Hyphantoceras*-Event bis untere *Prionocyclus germari*-Zone,
Schriften: KAPLAN (1994), WRAY et al. (1995), SEIBERTZ (1979), STILLE (1904, 1979).
- 29.** Borchten-Kirchborchen, Hinterhof Wohnhaus Merschweg (Abb. 48 und Abb. 49),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3481060, Hoch 5724699, NN + 135 m,
Stratigraphie: Salder-Formation, Oberturonium, obere *Subprionocyclus neptuni*-Zone bis untere *Prionocyclus germari*-Zone,
Schriften: KAPLAN (1994), WRAY et al. (1995).
- 30.** Borchten-Kirchborchen, aufgelassener Steinbruch im Altenautal, Südhang Rauer Berg (Abb. 50 und Abb. 51),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3481475, Hoch 5723770, NN + 160 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979).
- 31.** Borchten-Etteln, aufgelassener Steinbruch am Bohmweg beim Busunternehmen Suerland (Abb. 52 und Abb. 55),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3483280, Hoch 5720815, NN + 198 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979).
- 32.** Borchten-Etteln, Zur Kapelle, Schuppen- und Wegeaufschluss (Abb. 53 und Abb. 55),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3483530, Hoch 5722615, NN + 168 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignoniceras woollgari*- Zone, *Inoceramus lamarcki*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979).
- 33.** Borchten-Etteln, aufgelassener westlicher Wegesteinbruch am Sehtweg (Abb. 54 und Abb. 55),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3483910, Hoch 5722415, NN + 174 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, obere *Collignoniceras woollgari*-Zone bis untere *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979).
- 34.** Borchten-Etteln, aufgelassener östlicher Wegesteinbruch am Sehtweg (Abb. 56 und Abb. 57),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3484755, Hoch 5722580, NN + 231 m,
Stratigraphie: Salder-Formation, Soest-Grünsand-Subformation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979).

35. Borchten-Etteln, **a** Unterm Berg, **b** nördlicher Straßenaufschluss (Abb. 58 und Abb. 60),
Lage: **a** TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3483830, Hoch 5721210, NN + 180 m, **b** Rechts 3483582, Hoch 5720639, NN + 180 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignoniceras woollgari*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979).

36. Borchten-Etteln, südlicher Straßenaufschluss an der K 20 (Abb. 59 und Abb. 60),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3483650, Hoch 5720180, NN + 170 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignoniceras woollgari*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979).

37. Lichtenau-Ebbinghausen 1, aufgelassener Steinbruch an der Ortbergstraße (K 1), 285 m südwestlich
Seniorenresidenz Lichtenau,
Lage: TK 25 Blatt 4319 Lichtenau, Rechts 3488475, Hoch 5721280, NN + 273 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: FRIEDLEIN (2004).

38. Lichtenau-Ebbinghausen 2, aufgelassener Steinbruch an der Ortbergstraße (K 1), 210 m südwestlich
Seniorenresidenz Lichtenau (Abb. 61),
Lage: TK 25 Blatt 4319 Lichtenau, Rechts 3488478, Hoch 5721288, NN + 270 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: FRIEDLEIN (2004).

39. Lichtenau-Ebbinghausen 3, Straßenböschung der Ortbergstraße (K 1) südöstlich Seniorenresidenz
Lichtenau (Abb. 62),
Lage: TK 25 Blatt 4319 Lichtenau, Rechts 3488855, Hoch 5721340, NN + 238 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignoniceras woollgari*-Zone,
Schriften: FRIEDLEIN (2004).

40. Lichtenau-Husen, aufgelassener Steinbruch im Kurtental, Huser Holz (Abb. 63 und Abb. 64),
Lage: TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3489110, Hoch 5718885, NN + 253 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignoniceras woollgari*-Zone,
Schriften: - .

41. Lichtenau-Atteln, aufgelassener Steinbruch im Sauertal beim Hochwasserrückhaltebecken (Abb.
65 und Abb. 66),
Lage: TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3487730, Hoch 5718910, NN + 241 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignoniceras woollgari*-Zone,
Schriften: - .

42. Bad Wünnenberg-Haaren, aufgelassener Wegesteinbruch im Taubengrund an der Totengrundstraße
(Abb. 67 und Abb. 68),
Lage: TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3482050, Hoch 5718000, NN + 270 m,
Stratigraphie: Salder-Formation, Soest-Grünsand-Subformation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone,
Schriften: SEIBERTZ (1979), SKUPIN (1989).

43. Lichtenau-Atteln, Plänerklippen, Riependahl, SW-Hang Blissenberg (Abb. 69 und Abb. 70),
Lage: TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3487270, Hoch 5716730, NN + 265 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignoniceras woollgari*-Zone,
Schriften: - .

44. Bad Wünnenberg-Haaren, aufgelassener Steinbruch an der Wünnenberger Straße (L 751) (Abb. 71
und Abb. 73),
Lage: TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3480715, Hoch 5713435, NN + 348 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignoniceras woollgari*-Zone,
Schriften: - .

45. Bad Wünnenberg-Haaren, aufgelassener Steinbruch an der Fürstenberger Straße (L 751) (Abb. 72 und Abb. 73),
Lage: TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3480715, Hoch 5713435, NN + 348 m,
Stratigraphie: Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignonicerias woollgari*-Zone,
Schriften: - .

3. Stratigraphie

Der stratigraphische Rahmen des Arbeitsgebietes wird in Abb. 3 dargestellt. Er orientiert sich an der Neubearbeitung der Stratigraphie der nordwestdeutschen Oberkreide in den letzten 30 Jahren. Lithostratigraphisch wird auf die Beiträge in NIEBUHR et al. (2007) mit neu definierten lithostratigraphischen Einheiten Bezug genommen, die den Ansprüchen moderner Definitionen genügen. Diesen werden im Text auch ältere Schichtbeschreibungen gegenüber gestellt (FRIEDLEIN 2004, FRIEG et al. 1989; HISS 1989, SKUPIN 1985, 1989; STILLE 1979). Die bio- und eventstratigraphische Gliederung orientiert sich für das Turonium an WIESE et al. (2001), Das eventstratigraphische Gerüst wird ergänzt durch WIESE & KAPLAN (2004) und WIESE et al. (2004). In den zitierten Arbeiten findet sich auch weiterführende ältere Literatur. Untersuchungen an vulkanischen Aschenlagen (Tuffen), die im Arbeitsgebiet durchgeführt wurden, stammen von WRAY et al. (1995). Erste Analysen zur Isotopenstratigraphie für den Mittel- / Oberturonium-Grenzbereich ($\delta^{13}\text{C}$), im Arbeitsgebiet werden separat publiziert (WIESE & KAPLAN in Vorbereitung).

3.1 Lithostratigraphie

Oerlinghausen-Formation

Lamarckipläner (kro2ß) STILLE (1904, 1979),
Untere Plänerkalkstein-Einheit FRIEG et al. (1989)
lamarcki-Schichten (krt2) HISS (1989), SKUPIN (1985, 1989), FRIEDLEIN (2004)

Die Oerlinghausen-Formation entspricht im Arbeitsgebiet dem Lamarckipläner von STILLE (1904, 1979) bzw. den *lamarcki*-Schichten von FRIEDLEIN (2004), HISS (1989) und SKUPIN (1985, 1989). Sie korreliert eng mit dem unteren Abschnitt der Unteren Plänerkalkstein-Einheit von FRIEG et al. (1989). HISS et al. (2007c) fassen die Lithologie knapp zusammen: gebankte hellgraue Mergelkalksteine mit Zentimeter bis Dezimeter mächtigen Mergelstein-Zwischenlagen. Für Blatt 4317 Geseke beschreibt SKUPIN (1985, S. 26) die Ablagerungen „als gelbliche bis graue, flaserige Mergelkalksteine, die besonders im unteren und oberen Teil von Tonmergelstein- und Kalkknollenlagen unterbrochen werden“, für Blatt 4418 Wünnenberg als „als zum Teil dickbankige, plänerartige, mittelgraue weiß- bis gelbgraue Mergelkalksteine, die mit geringmächtigen, dunkelgrauen Kalkmergel- bis Tonmergelsteinbänken wechsellagern“ (SKUPIN 1989). Entsprechend ist die Beschreibung von HISS (1989) für Blatt 4417 Büren: „Weiß - gelbgraue, hellgraue oder graue, häufig dickbankige, glattflächig und weitständig geklüftete, flaserige Mergelkalksteine mit zentimeterdicken, grauen Ton- bis Kalkmergelsteinzwischenlagen wechseln mit Partien, die neben Mergelkalksteinbänken oder Mergelkalksteinknollenlagen auch dezimeter- bis metermächtige, hellgraue bis graue Kalkmergelsteinlagen aufweisen“.

Von der unterliegenden Büren-Formation unterscheidet sich die Oerlinghausen-Formation durch ihren deutlich höheren Carbonatgehalt und damit einhergehend stärkere Lithifizierung des Gesteins. Die Basis der Oerlinghausen-Formation wird auf Blatt 4418 Wünnenberg durch zwei 0,4 – 0,5 m mächtige Mergelkalksteinbänke mit einem auffallenden Sand- und Glaukonitgehalt gekennzeichnet (SKUPIN 1989). Sonst ist sie nur im Steinbruch Burania (Abb. 17 und 18) bei Büren als schwach glaukonitische etwa 0,5 m mächtige Mergelkalksteinbank aufgeschlossen. Sie ist ein distales Vorkommen der Bochum-Grünsand-Subformation (HISS 1989). Den unteren Abschnitt der Oerlinghausen-Formation kennzeichnet eine Wechsellagerung von Mergelkalkstein- mit Mergel- und Kalkmergelstein-Lagen, wobei der Carbonatgehalt zum Hangenden hin zunimmt. Aufgeschlossen sind der untere Teil dieser Schichtfolge im Steinbruch Burania bei Büren (Abb. 17 und 18) und Teilabschnitte in einem Straßenaufschluss an der K 20 südlich von Borchon-Etteln, (Abb. 59 und 60, dort Profil a), im Steinbruch im Kurtental östlich von Lichtenau-Husen, (Abb. 63 und 64) und südlich von Bad Wünnenberg-Haaren in zwei benachbarten Steinbrüchen (Abb. 71, 72 und 73). Die Mächtigkeit dieses Abschnittes beträgt bei Büren etwa 17 m (Abb. 18).

Dort ist auch der anschließende Übergang zum mittleren, carbonatreichen Abschnitt zu beobachten. Sein unterer Teil steht in Etteln im Straßenaufschluss der K 20 (Abb. 60, Profilabschnitt b) und an der Straße „Untern Berg“ an (Abb. 58). Das Profil an der Straße „Zur Kapelle“ in Etteln (Abb. 53 und 55) erschließt den unteren und zentralen Abschnitt. Als wichtiger lithostratigraphischer Marker konnte hier die Mergellage MTeuto nachgewiesen werden. Sie steht auch im alten Bahneinschnitt am Brennenberg nordöstlich Büren an (Abb. 19). Auffällig ist, dass hier die harten Kalksteine nicht wie im Gebiet des Eggegebirges (KAPLAN 2011a) und des Teutoburger Waldes (KAPLAN 2011b) stylolithisch überprägt sind. Abschnitte über MTeuto sind östlich von Husen (Abb. 63 und 64) sowie östlich von Atteln (Abb. 65 und 66) aufgeschlossen. Ein weiterer kleiner Aufschluss in diesem Abschnitt sind die Plänerklippen am SW-Hang des Blissenbergs westlich von Atteln (Abb. 69 und 70). Stratigraphisch nicht eindeutig präzisierbar ist der Straßenaufschluss Ebbinghausen 3 (Abb. 62).

Der prägnante Übergang zum oberen Abschnitt der Oerlinghausen-Formation wird durch einen Fazieswechsel von der liegenden carbonatreichen Fazies zu einer Wechsellagerung von dezimeterdicken Mergelkalkstein- und Kalkmergelsteinlagen charakterisiert. Er ist in Ahden am südlichen Bahneinschnitt sowie an der Kluskapelle (Abb. 20 und 22) und in Etteln am Sehtweg (Abb. 54 und 55) aufgeschlossen. Optisch prägnant tritt die Wechsellagerung in Rüthen-Hoinkhausen, Steinbruchwand an der Wilhelm-Schröder-Straße (Abb. 10) und in Büren-Wewelsburg im aufgelassenen Steinbruch am Ziegenberg (Abb. 25) hervor. Ebenso expandiert, aber in seiner Erscheinung nicht so auffallend, ist in Büren-Wewelsburg der Wasserriss südlich der Burg (Abb. 26 und 27). Untere Abschnitte der Wechselfolge sind in Rüthen-Langenstraße-Heddinghausen der aufgelassene und teilweise wiederverfüllte Steinbruch an der L 747 (Abb. 11 und 12) und der Steinbruch bei Ahden – Kluskapelle (Abb. 20 und 22). Stark überwachsen ist heute der aufgelassene Steinbruch am Bohmweg beim Busunternehmen Suerland in Borchon-Etteln, (Abb. 52 und Abb. 55, Profilabschnitt c). Kleine Aufschlüsse im oberen Teil der Wechselfolge sind in Salzkotten-Niederntudorf das Almeufer unter dem westlichen Bahneinschnitt (Abb. 31 und 32) und der Wegesteinbruch unterhalb Steinbruch Stelbrink (Abb. 41) sowie in Borchon-Kirchborchen ein aufgelassener Steinbruch im Altenautal am Südhang des Rauen Bergs (Abb. 50 und 51). Das bislang bekannteste östlichste Vorkommen dieser Kalk-Mergel-Wechsellagerung in der Oerlinghausen-Formation steht bei Ebbinghausen in zwei kleinen Steinbrüchen an der Ortbergstraße (K 1) an (Abb. 61 und Abb. 62).

Im Top der Oerlinghausen-Formation wurde in Anröchte-Klieve im Steinbruch Rinsche in Bohrkernen ebenso wie in dem 6,5 km östlich liegenden aufgelassenen Steinbruch am Hochwasser-Rückhaltebecken im Pöppelsche Tal bei Rüthen-Westereiden etwa 4 Meter unter dem Top der Oerlinghausen-Formation eine vulkanische Aschenlage angetroffen, vermutlich Tuff T_E. Während für Westereiden der geochemische Nachweis vorliegt (WRAY et al. 1995), ist er für Anröchte-Klieve noch in Bearbeitung (CEVRIM et al., in Vorber.). Diese Vorkommen korrelieren mit der von SEIBERTZ & VORTISCH (1979) beschriebenen Bentonit-Lage bei Erwitte-Serringhausen, 3,2 km westlich vom Steinbruch Rinsche in Anröchte-Klieve.

Die Gesamtmächtigkeit der Oerlinghausen-Formation beträgt auf Blatt 4317 Geseke 70 – 100 m (SKUPIN 81985), auf Blatt 4417 Büren 55 – 70 m (HISS 1989), auf Blatt 4418 Wünnenberg 60 – 80 m (SKUPIN 1989) und auf Blatt 4319 Lichtenau 80 – 90 m (FRIEDLEIN 2004).

Salder-Formation mit Soest-Grünsand-Subformation

Scaphitenpläner (kroγ) STILLE (1904, 1979), ohne oberen Abschnitt
striatoconcentricus-Schichten (krt3) (SKUPIN 1985), FRIEDLEIN (2004), ohne oberen Abschnitt
striatoconcentricus-Schichten (krt3) mit Soester Grünsand (krt3S) (HISS 1989), SKUPIN (1989), ohne oberen Abschnitt
 Weißgrauer Kalkstein FRIEG et al. (1989), zentraler Teil

WIESE et al. (2007a) geben folgende lithologische Beschreibung der Salder-Formation: Vorwiegend dickbankige, weiße bis hellgraue Mergelkalksteine mit zwischengeschalteten dünnen Mergelsäumen und nur wenigen mächtigen Ton- und Tonmergelsteinlagen bis 50 cm.

Die Salder-Formation entspricht im Arbeitsgebiet dem Scaphitenpläner von STILLE (1904, 1979) bzw. den *striatoconcentricus*-Schichten von FRIEDLEIN (2004), HISS (1989) und SKUPIN (1985, 1989) bis auf deren oberen Abschnitt, der nach neuer lithostratigraphischer Auffassung zur Grauweißen Wechselfolge gehört,

der unteren Subformation der Erwitte-Formation (WIESE et al. 2007b). Die Salder-Formation korreliert mit dem zentralen Teil der Unteren Plänerkalkstein-Einheit von FRIEG et al. (1989). Für Blatt 4317 Geseke beschreibt SKUPIN (1985) die Ablagerungen für die kalkige Normalfazies als feste, zum Teil dickbankige, im frischen Zustand dunkelgrau oder bläulich-weißliche Plänerkalksteine. Im unteren Bereich tritt ein feinsandiger und glaukonitischer Mergelkalkstein auf, der der Soest-Grünsand-Subformation entspricht. Auch auf Blatt 4418 Wünnenberg kartierte SKUPIN (1989) die Soest-Grünsand-Subformation an der Basis der Salder-Formation aus, die hier als mäßig sand- und glaukonitführende Mergelkalksteinbank auftritt. Sie geht über in die kalkige Normalfazies. Diese Beschreibung korrespondiert mit der von HISS (1989) für Blatt 4417 Büren: Auch hier wird die Basis der Salder-Formation durch die Soest-Grünsand-Subformation gebildet, wobei sich lateral von Westen nach Osten der Übergang von der Grünsandfazies zur kalkigen Normalfazies anschließt. Der obere Teil der Salder-Formation ist wieder von festen Kalkmergel- und Mergelkalksteinen gebildet. Die Lithologie der Soest-Grünsand-Subformation wurde wiederholt detailliert dargestellt, so dass an dieser Stelle auf die Beschreibungen von BRAUN (1964), HISS (1989) und SKUPIN (1985; 1989) verwiesen werden kann.

Der Übergang von der Oerlinghausen- zur Salder-Formation ist im Arbeitsgebiet in sieben kleineren aufgelassenen Steinbrüchen aufgeschlossen. Außerdem wurde sie in Anröchte-Klieve im Natursteinwerk Rinsche GmbH durch die Kernbohrungen Rinsche 2010 und 4415/1002 durchteuft (frdl. pers. Mitt. B. Dölling, Geologischer Dienst NRW) (Abb. 4 und 74). Im Raum Anröchte zeugen an seiner Basis armdicke Bauten von *Thalassinoides* sp. (Abb. 77) und faustgroße Plänerkalkstein-Gerölle von einem erosiven Kontakt zur liegenden Oerlinghausen-Formation. Im östlichen Verbreitungsgebiet konnten keine offensichtlichen Anzeichen für Schichtlücken gefunden werden. Gut aufgeschlossen ist die Soest-Grünsand-Subformation immer noch in Geseke-Eringerfeld im aufgelassenen und teilweise wiederverfüllten Steinbruch an der Steinhäuser Straße (Abb. 13 und 14) und in Büren-Böddecken im aufgelassener Steinbruch östlich vom Gut Böddecken an der L 751 (Abb. 23 und 24). Sie ist im Wasserriss südlich der Burg Wewelsburg bei Büren-Wewelsburg nicht sonderlich gut zugänglich (Abb. 26 und 27). Auch die Bahneinschnitte bei Büren-Wewelsburg, (Abb. 28 und 29) bieten unverwachsene Profile. Am mittleren Bahneinschnitt westlich Salzkotten-Niederntudorf (Abb. 36 und 37) befinden sich zwei benachbarte und bislang unbeachtete Vorkommen der Soest-Grünsand-Subformation in ihrem östlichen Verbreitungsgebiet. In dieses Gebiet gehört auch der aufgelassene Wegesteinbruch im Taubengrund an der Totengrundstraße nördlich Bad Wünnenberg-Haaren (Abb. 67 und 68) und der stark überwachsene östliche Wegesteinbruch am Sehtweg bei Borchon-Etteln (Abb. 56 und 57). Bei Anröchte und auch noch bei Rüthen-Westereiden sind die Werkstein-Horizonte deutlich bankig entwickelt und es lassen sich eine untere grüne und eine obere blaue Werksteinbank unterscheiden. Weiter nach Osten wird sie insgesamt flasriger und carbonathaltiger, der Glaukonit- und Feinsandgehalt nimmt ab. Die Soest-Grünsand-Subformation setzt im Osten des Arbeitsgebiets relativ rasch aus. Beispielsweise ist sie bei der Unterführung des östlichen Bahnschnitts bei Niederntudorf (Abb. 43) nur noch schwach glaukonitisch und feinsandig entwickelt. In Borchon im aufgelassenen Steinbruch Lippes Mühle (Abb. 47) treten in ihrem stratigraphischen Niveau lediglich flasrige Kalksteine auf.

Die lithofazielle Entwicklung im Hangenden der Soest-Grünsand-Subformation zeigt deutliche Differenzen zwischen dem Osten und dem Westen des Arbeitsgebietes (Abb. 75). In den Aufschlüssen bei Wewelsburg-Waldsiedlung (Abb. 29 und 74) und Geseke-Eringerfeld (Abb. 13, 14 und 74) ist die Salder-Formation nur mit wenigen Metern aufgeschlossen. Hier nimmt der Glaukonit- und Feinsandgehalt über den Werksteinbänken rasch ab. Die Salder-Formation wird hier durch harte und feste Mergelkalksteine vertreten. Im weiter südöstlich liegenden Aufschluss im Taubengrund bei Haaren schalten sich noch Mergellagen ein (Abb. 67 und 74). Höhere Abschnitte der Salder-Formation sind in diesem Gebiet entweder nicht überliefert oder nicht aufgeschlossen.

Dagegen lassen sich im östlichen Arbeitsgebiet im Raum Salzkotten-Niederntudorf und Borchon die Ablagerungen über der Soest-Grünsand-Subformation sehr gut mit den Leithorizonten Tuff TF und der Mergellage des *Micraster*-Events korrelieren (Abb. 76). Hier zeigt die Salder-Formation ihre typische Entwicklung wie im südlichen Teutoburger Wald und Eggegebirge mit harten, flaserigen Kalksteinen, in denen gelegentlich Mergellagen vorkommen (KAPLAN, 2011a). Diese Lithofazies lässt sich an den Steilhängen des Almetals bis zum östlichen Bahneinschnitt bei Salzkotten-Niederntudorf und weiter westlich noch im mittleren Bahneinschnitt beobachten. Weiter südlich und westlich schalten sich im Steinbruch Stelbrink (Abb. 39, 40 und 76) und im westlichen Bahneinschnitt (Abb. 33, 34 und 76) Kalkmergellagen ein.

In diesen beiden Aufschlüssen treten als Besonderheit 5 – 7 Meter über Tuff T_F zwei deutlich glaukonitische Mergelkalkstein-Lagen auf. Sie stehen in Niederntudorf auch im Betriebsgelände der Firma Steinhagen (Abb. 38) und in Borchon am Eulenfelsen an (Abb. 48 und 49). Zwischen *Micraster*-Event und Alme-Grünstein schwanken die Mächtigkeiten engräumig. In den überliegenden Bänken setzt die Glaukonitführung aus. Beide Horizonte wurden bislang mit der Soest-Grünsand-Subformation korreliert (KAPLAN 1994). Wie die oben dargelegten Geländebefunde nahelegen, stellen sie ein eigenständiges Vorkommen dar. Da das Vorkommen im Einzugsbereich der Alme liegt, wird die Bezeichnung „Alme-Grünstein“ erwählt. Die geographische Verbreitung scheint nach den vorliegenden Geländebefunden auf das genannte Gebiet beschränkt zu sein. Typus-Lokalität ist der Steinbruch Stelbrink in Niederntudorf.

Im Raum Borchon – Salzkotten-Niederntudorf treten in unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus wiederholt Flinte und Flintlagen auf. In der Oerlinghausen-Formation steht eine im aufgelassenen Steinbruch im Altenautal südlich Borchon-Kirchborchen an (Abb. 50 und 51). Am mittleren Bahneinschnitt westlich Salzkotten-Niederntudorf liegt die nächste über der Soest-Grünsand-Subformation (Abb. 35 und 36). Im Aufschluss am Eulenberg bei Borchon-Kirchen treten Flinte an der Basis des Alme-Grünsteines, direkt über ihm und dann noch vereinzelt 2 – 3 Meter darüber auf (Abb. 49). Im Steinbruch Stelbrink bei Salzkotten-Niederntudorf konnte nur die Lage über dem Alme-Grünstein beobachtet werden.

Die Basis der Grauweißen-Wechselfolge als untere Subformation der Erwitte-Formation wird nach WIESE et al. (2007b) mit dem Auftreten der ersten Dezimeter dicken Mergelsteinlage gezogen. Sie ist am Rande des Arbeitsgebiets im aufgelassenen Steinbruch östlich der Talbrücke A 33 Alme-Lohne bei Borchon-Nordborchen aufgeschlossen (KAPLAN 2012). Östlich des Arbeitsgebiets im Raum Borchon – Bad Lippspringe stehen Abschnitte der Grauweißen-Wechselfolge in mehreren Aufschlüssen an (KAPLAN 2011b). Sie erreicht eine Mächtigkeit von etwa 25 – 30 m. Da nun im Raum Anröchte über der Soest-Grünsand-Subformation auch noch die hangende karbonatische Normalfazies der Salder-Formation fehlt, dürfte die Schichtlücke im Vergleich mit dem Raum Borchon – Bad Lippspringe etwa 35 m betragen (Abb. 75). Da aussagekräftige Aufschlüsse und Bohrungen zwischen dem Raum Anröchte – Westereiden und Borchon weitgehend fehlen, ist es derzeit nicht möglich den Übergang zwischen diesen beiden Räumen zu beschreiben. Lediglich im 6,4 km östlich von Westereiden liegenden Straßeneinschnitt der Steinhäuser Straße östlich von Geseke-Eringerfeld ist die Grauweiße-Wechselfolge aufgeschlossen (Abb. 15 und 16). Im Vergleich mit ihren Vorkommen im Raum Bad Lippspringe – Kohlstädt – Paderborn ist die Bankmächtigkeit reduziert. Nach Abschätzungen der Aufschlusslücke zwischen dem Straßeneinschnitt und dem Steinbruch bei Eringerfeld (Abb. 13 und 14) könnte die Mächtigkeit der Salder-Formation etwa 8 – 10 Meter betragen. Im Raum Salzkotten-Niederntudorf beträgt sie etwa 25 – 30 Meter.

3.2 Bio-, Eventstratigraphie und Faunen

Mittelturonium

Die Basis des Mittelturoniums wird mit dem ersten Auftreten von *Collignonicer* *woollgari* definiert, der Indexart seiner einzigen Ammonitenzone. Sie liegt im Übergangsbereich von der Büren- zur Oerlinghausen-Formation. Sie ist heute im Arbeitsgebiet lediglich im Steinbruch Burania bei Büren aufgeschlossen (Abb. 17 und 18). Kontemporär setzen mit *Inoceramus apicalis* und *Inoceramus cuvierii* die leitenden Inoceramen des unteren Mittelturoniums ein. Mit den Brachiopoden *Orbirhynchia cuvierii* und *Gibbithyr* *semiglobosa* sowie dem Ammoniten *Lewesiceras peramplum* tradieren sich Faunenelemente des Unterturoniums. Vereinzelt kommt als Echinide *Cardiaster* sp. vor. Im Top des Burania Steinbruchs verdichten sich *I. apicalis* und *I. cuvierii* in einer Lage.

Die obere *Inoceramus apicalis* & *cuvierii*-Zone und die untere *Inoceramus lamarcki*-Zone sind im Altenautal im Osten des Arbeitsgebietes mehrfach aufgeschlossen, so in den Straßenaufschlüssen an der K20 zwischen Borchon und Henglar (Abb. 59 und 60). Im südlichen Straßenaufschluss stimmt die Fauna mit der vom Burania-Steinbruch in Büren überein. Im dortigen nördlichen Straßenaufschluss und im Bahneinschnitt östlich von Büren (Abb. 19) kann das Erstauftreten von *Inoceramus lamarcki* beobachtet werden. Ein sonstiger Faunenwechsel ist mit dem Beginn der neuen Zone nicht verbunden. Das hier beobachtete sporadische Vorkommen von *Sciponoceras bohemicum* und *Cardiaster* sp. ist nicht ungewöhnlich im oberen Mittel- und unteren Oberturonium des Arbeitsgebiets.

Die obere *Inoceramus lamarcki*-Zone ist relativ artenreich im aufgelassenen Steinbruch im Sauertal beim Hochwasserrückhaltebecken östlich von Lichtenau-Atteln (Abb. 65 und 66). Neben den bekannten Inoceramenarten treten *Lewesiceras peramplum*, *Sciponoceras bohemicum* und *Scaphites geinitzii* sowie unbestimmbare Austern und der Echinide *Plesiocorys* (*Sternotaxis*) sp. auf. Nicht ganz so artenreich sind die Faunennachweise von den Plänerklippen am SW-Hang des Blissenbergs westlich Lichtenau-Atteln (Abb. 69 und 70), in den aufgelassenen Steinbrüchen südlich Haaren (Abb. 71, 72 und 73) und bei Rütten-Langenstraße-Heddinghausen (Abb. 11 und 12)

Oberturonium

Die Bestimmung der Basis des Oberturoniums im Arbeitsgebiet bereitet Schwierigkeiten. Die betreffenden Profilabschnitte sind sehr fossilarm und damit fehlen die entscheidenden biostratigraphischen Daten. Isotopenstratigraphische Analysen sind in Arbeit (WIESE & KAPLAN in Vorber.). Eine lithostratigraphische Eingrenzung bietet im mittleren Abschnitt der Oerlinghausen-Formation der Übergang von der karbonatreichen Fazies zur deutlich mergeligeren Wechsellagerung von Mergelkalk- und Kalkmergelbänken in ihrem oberen Abschnitt. Dieser Rückgang des Karbonatgehalts ist ein generelles Phänomen im NW-deutschen Turonium. Er ist beispielsweise im Teutoburger Wald im Nordwesten bei Lengerich (WIESE & KAPLAN 2004) und im mittleren Part bei Halle (KAPLAN 2011b) zu beobachten, allerdings nicht so markant im südöstlichen Teutoburger Wald (KAPLAN 2011a). In diesem stratigraphischen Abschnitt liegt die Kalkknollen-Lage. Nach isotopenstratigraphischen Analysen und dem Auftreten von *Inoceramus* aff. *perplexus* im Raum Lengerich markiert sie die Basis des Oberturoniums. Mit diesen Befunden stimmen auch weitgehend die Daten der stabilen Isotope und der Karbonatgehalte von RICHARDT & WILMSEN (2012) aus der Bohrung Werl überein.

Dieser Fazieswechsel wird im Arbeitsgebiet dreimal aufgeschlossen: im Wasserriss bei Büren-Wewelsburg (Abb. 27), im aufgelassenen Wegesteinbruch am Sehtweg und im aufgelassenen Steinbruch am Bohmweg beim Busunternehmen Suerland, beide in Borchon-Etteln (Abb. 52, 54 und 55). Die Benennung der Zonen erfolgt in Anlehnung an die Gliederungen von Lengerich (WIESE & KAPLAN 2004), Halle (Westf.) (KAPLAN 2011a) und südlicher Teutoburger Wald und Eggegebirge (KAPLAN 2011b). Der Abschnitt zwischen dem vermuteten Grenzbereich von Mittel- und Oberturonium und der Soest-Grünsand-Subformation ist fossilarm bis fossil leer, wie die folgenden Aufschlüsse zeigen: Wasserriss bei Büren-Wewelsburg (Abb. 27), Abbaukante unter westlichem Bahneinschnitt bei Salzkotten-Niederntudorf (Abb. 31 und 32), Wegeaufschluss unter Steinbruch Stelbrink, Salzkotten-Niederntudorf (Abb. 41), Borchon-Etteln, Aufschluss am Sehtweg (Abb. 54 und 55) sowie beim Busunternehmen Suerland (Abb. 52 und 55). Nur ein bis zwei Meter unter der Basis der Soest-Grünsand-Subformation kommen vereinzelte Fossilien vor. So gelang SKUPIN (1985) im Bahneinschnitt bei der Waldsiedlung bei Büren-Wewelsburg (Abb. 29) der Nachweis von *Lewesiceras mantelli* und *Mytiloides incertus*, beides in der *Subprionocyclus neptuni*-Zone vorkommende Arten.

Mit der Soest-Grünsand-Subformation setzt auch ein auffallender Faunenwechsel ein, dessen paläökologischen Kontext bereits SEIBERTZ (1978) diskutiert. Die Bestimmung der Faunen bereitet Schwierigkeiten, weil im anstehenden Gestein kaum gut erhaltenes Material zu gewinnen ist. Diese Feststellung gilt insbesondere für die östlich vom Raum Anröchte liegenden Aufschlüsse. Hier sind die Werksteinbänke wegen ihres hohen Karbonatgehalts überaus hart. Deshalb werden immer wieder Fossilquerschnitte zur Analyse herangezogen (Abb. 78 und 79). Ergänzt werden diese aus westlichen Vorkommen zwischen Werl und Unna sowie mit Beobachtungen an stark verwitterten Mauern historischer Kirchen (Abb. 80). Nach Funden von *Subprionocyclus neptuni* in der Soest-Grünsand-Subformation östlich von Dortmund ist die biostratigraphische Einstufung in dessen Zone gesichert. Ein markantes Faunenelement des Arbeitsgebiets ist der massenhaft einsetzende *Micraster* sp., dessen Schalenquerschnitte ein prägendes Element der Soest-Grünsand-Subformation sind (Abb. 78 und 80). Da keine gut erhaltenen Exemplare vorliegen, ist ihre Bestimmung auf Artebene derzeit nicht möglich. Daneben sind stets auch Fragmente großwüchsiger Inoceramen präsent. Als Seltenheit treten an der Basis der unteren, grünen Werksteinbank Steinkerne auf (Abb. 79 A). Sie gehören zum Formenkreis *Inoceramus* ex grp. *lamarcki stuemckeii* / *hercules*. Eine weitere typische Muschel ist *Spondylus spinosus*, deren Schalenquerschnitte in frischen Aufschlusswänden und Werksteinblöcken nicht immer gut zu erkennen sind, die dagegen in älteren Naturstein-Mauerwerken klar herauswittern (Abb. 80). Der gleiche Sachverhalt gilt für die nicht seltenen Brachiopoden. Ihre Vorkommen in der Soest-Grünsand-Subformation wurden noch nicht systematisch bearbeitet. Vorrangig treten *Gibbithyris* sp. und *Orbirhynchia dispansa* auf. In bearbeiteten Werksteinen sind Querschnitte von desmoceratiden

Großammoniten nicht selten (Abb. 78). Nach bestimmbar Exemplaren aus dem Raum Unna handelt es sich um *Mesopuzosia mobergi* und *Lewesiceras mantelli*. Stets präsent sind auch Kalkschwämme, deren Skelette besonders in angewitterten Mauerwerken prägnant hervortreten (Abb. 80 A).

In den östlich des Raumes Anröchte gelegenen Aufschlüssen scheint die Faunendichte insgesamt abzunehmen. Besonders die Schwämme sind nicht mehr häufig. In allen Aufschlüssen finden sich Schalenquerschnitte von *Inoceramus* ex grp. *lamarcki stuemckeii* / *hercules*, *Orbirhynchia dispansa*, *Gibbithyris* sp. und *Micraster* sp.

Wesentlich für die event- und biostratigraphische Einstufung der Soest-Grünsand-Subformation ist in Salzkotten-Niederntudorf der kleine Wegeaufschluss unter dem östlichen Bahneinschnitt (Abb. 43). Die leicht glaukonitischen Mergelkalksteine lassen dieses Vorkommen als östlichen Ausläufer der Soest-Grünsand-Subformation erkennen. Die Fauna ist mit *Orbirhynchia* sp., *Gibbithyris* sp., *Terebratulina lata*, *Mytiloides striatoconcentricus*, *Sciponoceras* sp., *Scaphites geinitzii* und *Plesiocorys (Sternotaxis) plana* relativ divers und auch typischer Bestandteil des *Hyphantoceras*-Events im Teutoburger Wald (KAPLAN 2011a, b). Gestützt wird diese eventstratigraphische Einstufung durch die Lage des Vorkommens etwa 14 – 15 Meter unter dem im Bahneinschnitt anstehenden Eventbündel von Tuff T_F und *Micraster*-Event. Im 3,7 km nordöstlich liegenden Steinbruch am Lagerhaus Borchon, ehemals Lippes Mühle (Abb. 46 und 47) bei Borchon-Kirchborchen konnte in entsprechender stratigraphischer Position eine Fauna mit *Orbirhynchia* sp., *Gibbithyris* sp., *Lewesiceras mantelli*, *Sciponoceras bohemicum* und *Scaphites geinitzii* gesammelt werden, die wiederum auch mit dem *Hyphantoceras*-Event korreliert. Diese Einschätzung wird für den Bereich der Werksteinbänke tendenziell durch isotopestratigraphische Analysen der Bohrung Werl von RICHARDT & WILMSEN (2012), die Werksteinbänke der Soest-Grünsand-Subformation mit der im Teutoburger Wald etwa 15 Meter unter dem *Hyphantoceras*-Event liegenden Mergellage M_E korrelieren. Diese Feststellung gilt dagegen nicht für den hangenden Abschnitt der Bohrung.

Die faunistische Entwicklung über der Soest-Grünsand-Subformation beziehungsweise über dem *Hyphantoceras*-Event ist im Westen und Osten des Arbeitsgebiets sehr unterschiedlich. Wie oben im Rahmen der Lithostratigraphie dargestellt wurde, besteht im Westen im Raum Anröchte eine größere Schichtlücke bzw. Hungersedimentation (Abb. 75). *Cremnoceramus deformis erectus*, mit dessen Erstauftreten die Basis des Coniaciums definiert wird (WALASZCZYK & WOOD 1998), tritt in Anröchte-Kliewe, Steinbruch Natursteinwerk Rinsche GmbH 2,45 Meter über dem Top der blauen, obere Werksteinbank an der Basis der Erwitte-Formation auf (Abb. 7 und Abb. 79 D). Dieser Horizont liegt noch einen Meter unter der von KAPLAN (1994) beschriebenen Grenze mit der der damaligen Nomenklatur folgenden Lage mit *Inoceramus (Cremnoceramus) rotundatus*. WALASZCZYK & WOOD (1998) unterscheiden drei „*erectus*-Events“ im unteren Unterconiacium. Welchen dieser drei Events die zwei im Raum Anröchte vorkommenden Lagen zuzuordnen sind, ist ungeklärt. Der Abschnitt zwischen Werksteinbänken und Basis der Erwitte-Formation entspricht den Mauersteinbänken (BRAUN 1964), die lithostratigraphisch zwar der Soest-Grünsand-Subformation zugeschlagen werden, aber deren biostratigraphische Einordnung unklar ist, weil bislang lediglich *Micraster* sp. als Makrofossil gefunden wurde. Zwar befindet sich in den Sammlungen des Instituts für Geologie und Paläontologie in Münster das Exemplar eines *Prionocyclus germari*, der mit „Scaphiten-Schichten, Erwitte“ etikettiert ist. Die unklare Herkunftsbezeichnung und dazu die Tatsache, dass dessen Steinkern im Gegensatz zu den Mauersteinbänken nicht glaukonitisch ist, schließt eine genauere biostratigraphische Interpretation aus. Damit umfassen die Mauersteinbänke einen Abschnitt, der der oberen *Subprionocyclus neptuni*- und der kompletten *Prionocyclus germari*-Zone des Oberturoniums entspricht. In der Bohrung Werl positionieren RICHARDT & WILMSEN (2012) das *Hyphantoceras*-Event 10 m über den Werksteinbänken in die Grauweiße Wechselfolge der Erwitte-Formation. Dieser Abschnitt ist nach Makrofossilbelegen eindeutig Unterconiacium (Abb. 7 und 80) (KAPLAN 1994).

Der Osten des Arbeitsgebietes korreliert faunistisch und eventstratigraphisch sehr eng mit dem südöstlichen Teutoburger Wald und dem nördlichen Eggegebirge. Wesentlich für die Korrelation ist das Event-Bündel Tuff T_F und *Micraster*-Event (KAPLAN 1994; 2011b). Unter Tuff T_F fanden sich in Salzkotten-Niederntudorf *Eutrepoceras* sp., im westlichen Bahneinschnitt (Abb. 34), *Eubostrychoceras saxonicum* im Steinbruch Stelbrink (Abb. 39 und 40) und *Lewesiceras mantelli* in Aufschlüssen am Eulenberg bei Borchon-Kirchborchen (Abb. 48 und 49). Biostratigraphisch bedeutsam ist das Vorkommen von *Mytiloides scupini* in der Mergellage des *Micraster*-Events, denn es markiert die Basis der gleichnamigen Zone. Er konnte auch 3,5 Meter über dem *Micraster*-Event bei Kirchborchen-Gallhöhe (Abb. 44 und 45) nachgewiesen werden. Die Basis der *Prionocyclus germari*-Zone wird in Analogie zu Vorkommen im Teutoburger Wald (KAPLAN 2011a) wenige Meter über dem *Micraster*-Event gezogen.

Der Alme-Grünstein führt eine ähnliche Fauna wie die Werksteinbänke der Soest-Grünsand-Subformation. So kommt *Inoceramus* ex grp. *lamarcki stuemckei* / *hercules* vor (Abb. 79 C). *Micraster* sp. ist nicht ganz so häufig. Dazu treten die Brachiopoden *Orbirhynchia* sp. und *Gibbithyris* sp.. Konstituierendes Faunenelement der Profilabschnitte über dem *Micraster*-Event ist *Micraster* sp., der lagenweise gehäuft auftritt. Seltener ist *Plesiocorys* (*Sternotaxis*) sp. Weiterhin wenn auch seltener kommen *Orbirhynchia* sp. und *Gibbithyris* sp. vor. Im Steinbruch Stelbrink konnten über dem Alme-Grünstein noch die Ammoniten *Mesopuzosia mobergi*, *Lewesiceras mantelli* und *Scaphites kieslingwaldensis doylei* gefunden werden (Abb. 39 und 40).

Der Aufschluss der Grauweißen Wechselfolge an den Böschungen Steinhäuser Straße bei Geseke-Eringerfeld (Abb. 15 und 16) gehört biostratigraphisch zur *Prionocyclus germari*- respektive *Mytiloides scupini*-Zone. Er führt die typische arme Fauna mit Inoceramen-Schill und den Echiniden *Echinocorys scutata* und *Micraster* sp.

3.3 Korrelation

Der untere und mittlere Abschnitt der Oerlinghausen-Formation, die weitgehend dem Mittelturonium entsprechen, korrelieren litho-, bio- und eventstratigraphisch eng mit dem Teutoburger Wald bei Lengerich (WIESE & KAPLAN 2004), Halle (Westf.) (KAPLAN 2011a), Oerlinghausen (KAPLAN 1992) und entsprechenden Aufschlüssen im Südosten und im Eggegebirge (KAPLAN (2011b). Lithologische Leithorizonte wie die Weiße Grenzbank und die Mergellage MTeuto erlauben eine sichere Korrelation. Diese Feststellung gilt auch für den westlichen Bereich des Münsterländer Kreidebeckens wie beispielsweise in der Bohrung Werl (RICHARDT & WILMSEN 2012). Beiden Gebieten gemeinsam ist das Vorkommen von *Collignonicerias woollgari* an der Basis des Mittelturoniums. Wie im Teutoburger Wald setzt *Inoceramus lamarcki*, die leitende Art für den oberen Abschnitt des Mittelturoniums, etwa 10 m unter der Mergellage MTeuto ein (Abb. 5 und 21).

Das Einsetzen der Kalkmergel- Mergelkalkstein-Wechselagerung im oberen Drittel der Oerlinghausen-Formation findet seine Entsprechung im Rückgang des Carbonatgehaltes im Teutoburger Wald. Sie markiert sowohl an der Typus-Lokalität der Oerlinghausen-Formation als auch an der Typus-Lokalität der Salder-Formation die Basis der Salder-Formation. Das bedeutet, dass im Arbeitsgebiet der obere Abschnitt der Oerlinghausen-Formation dem unteren Abschnitt der Salder-Formation im Teutoburger Wald, Eggegebirge und in Niedersachsen entspricht. Eine lithostratigraphische Korrelation mit den dortigen mergeligen Abschnitten, Kalkknollen-Lage und mergeliger Einschnitt des *costellatus/plana*-Events sowie Mergellage M_E, werden im Arbeitsgebiet durch die Wechselagerung maskiert. Auch fehlen bislang Nachweise für die vulkanischen Aschenlagen Tuff T_C und T_D. Nur Tuff T_E konnte im Raum Anröchte 4 – 5 Meter unter der Soest-Grünsand-Subformation nachgewiesen werden (SEIBERTZ & VORTISCH 1978; WRAY et al. 1995). Isotopenstratigraphische Analysen mit ¹³C von RICHARDT & WILMSEN (2012) und neue faunistische Belege aus dem Raum Salzkotten-Niederntudorf legen nahe, dass die Werksteinbänke der Soest-Grünsand-Subformation etwa mit dem Abschnitt Mergellage M_E bis *Hyphantoceras*-Event korrelieren. Im Osten des Arbeitsgebietes erlaubt das Eventbündel von Tuff T_F und *Micraster*-Event mit dem Einsetzen von *Mytiloides scupini* wieder eine sehr enge event- und biostratigraphische Korrelation mit dem Teutoburger Wald. Der Alme-Grünstein und der Rothenfelder Grünsand im mittleren Teutoburger Wald nehmen die gleiche stratigraphische Position zwischen *Micraster*-Event und Basis der Grauweißen Wechselfolge ein (KAPLAN 2011a; KAPLAN & BEST 1984), deren Basis im Arbeitsgebiet der im Typusgebiet bei Salzgitter-Salder, im Raum Schlangen – Kohlstadt und bei Halle (Westf.) entspricht. Das Problem der stratigraphischen Stellung der Mauersteinbänke über den Werksteinbänken der Soest-Grünsand-Subformation wurde oben diskutiert.

4. Schriftenverzeichnis

- BRAUN, F. J. (1964): Die „grünen“ und „blauen“ Werksteinbänke von Anröchte und Klieve aus den Scaphitenschichten der Turonserie.- Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **7**: 479 - 486, 2 Taf., 2 Abb., 1 Tab.; Krefeld.
- FRIEDLEIN, V. (2004): Erläuterungen zu Blatt 4319 Lichtenau.- Geol. Kt. Nordrh. Westf. 1:25000, **4319**: 136 S.; Krefeld.
- FRIEG, C., HISS, M. & MÜLLER, W. (1989): Stratigraphie im Turon und Unterconiac des südlichen und zentralen Münsterlandes.- Münster. Forsch. Geol. Paläont., **69**: 161-186; Münster.
- HISS, M. (1989): Erläuterungen zu Blatt 4417 Büren.- Geol. Kt. Nordrh. Westf. 1:25000, **4417**: 152 S.; Krefeld.
- HISS, M., KAPLAN, U. & WIESE, F. (2007a): Büren-Formation. In: NIEBUHR, B., HISS, M., KAPLAN, U., TRÖGER, K.-A., VOIGT, S., VOIGT, T., WIESE, F. & WILMSEN, M.: Lithostratigraphie der norddeutschen Oberkreide.- Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, **55**: 38 - 40; Hannover.
- HISS, M., KAPLAN, U. & WIESE, F. (2007b): Oerlinghausen-Formation. In: NIEBUHR, B., HISS, M., KAPLAN, U., TRÖGER, K.-A., VOIGT, S., VOIGT, T., WIESE, F. & WILMSEN, M.: Lithostratigraphie der norddeutschen Oberkreide.- Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, **55**: 44 - 45; Hannover.
- KAPLAN, U. (2001): Coniac. In: Stratigraphie von Deutschland III Die Kreide der Bundesrepublik Deutschland. Stratigraphische Kommission von Deutschland (Hrsg.). redaktionelle Bearbeitung HISS, M & SCHÖNFELD, J. und Mitarbeit von A. THIERMANN. Mit Beiträgen von DIENER, I., ERNST, G., HAMBACH, U., HERM, D., HILBRECHT, H., HISS, M., KAEVER, M., KAPLAN, U., KRUMSIEK, K., MEYER, R.K.F., MUTTERLOSE, J., NIEBUHR, B., PETZKA, M. (†), REICH, M., SCHÖNFELD, J., SCHULZ, M.-G. (†), SEIBERTZ, E., SPAETH, C., THIERMANN, A., TRÖGER, K.A., VOIGT, T., WIESE, F. & WOOD, C.J..- Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **226**: 31-34; Frankfurt.
- KAPLAN, U. (2009): Naturbausteine historischer Bauwerke des Münsterlandes und seiner angrenzenden Gebiete.- Geol. Paläont. Westf., **73**: 178 S., 90 Abb., 39 Tab.; Münster.
- KAPLAN, U. (2011a): Turonium und Unterconiacium (Oberkreide) im Steinbruch DIMAC bei Halle (Westfalen), Teutoburger Wald (Östliches Münsterländer Kreidebecken).- Geol. Paläont. Westf., **81**: 75-105; Münster.
- KAPLAN, U. (2011b): Turonium und Unterconiacium (Oberkreide) im südlichen Teutoburger Wald und Eggegebirge zwischen Augstdorf und Altenbeken (Südöstliches Münsterländer Kreidebecken).- Geol. Paläont. Westf., **81**: 35-74; Münster.
- KAPLAN, U. (2012): Der mittelalterliche Steinbruch des Bischofs Meinwerk und das Unterconiacium (Oberkreide) bei Paderborn (Südöstliches Münsterländer Kreidebecken) mit Anmerkungen zum historischen Gebrauch regionaler Naturbausteine.- Geol. Paläont. Westf., **83**: 51 S.; Münster.
- KAPLAN, U. & BEST, M. (1984): Neue Ergebnisse zur stratigraphischen Stellung und geographischen Verbreitung der „Rothenfelder Grünsande“ (Turbidite) und der submarinen Großgleitung von Halle/Westfalen.- Osnabrücker naturwiss. Mitt., **11**: 17-26; Osnabrück.
- NIEBUHR, B., HISS, M., KAPLAN, U., TRÖGER, K.-A., VOIGT, S., VOIGT, T., WIESE, F. & WILMSEN, M. (2007): Lithostratigraphie der norddeutschen Oberkreide.- Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, **55**: 136 S.; Hannover.
- RICHARDT, N. & WILMSEN, M. (2012): Lower Upper Cretaceous standard section of the southern Münsterland (NW Germany): carbon stable-isotopes and sequence stratigraphy. - Newsletter of Stratigraphy, **45**: 1-24; Stuttgart.
- SEIBERTZ, E. (1976): Die Deutung der Glaukonit-Genese im Soester Grünsand (oberes Mittelturon, südliches Münsterland) mit Hilfe von Fossilanschnitten.- Geol. Jb., **A 34**: 69-87; Hannover.
- SEIBERTZ, E. (1978): Ökologie, Fazies und Fauna im Turon des südlichen Münsterlandes: Ein Fazieswirkungsschema.- Paläont. Z., **52**: 93-109; Stuttgart.
- SEIBERTZ, E. (1979): Stratigraphisch-fazielle Entwicklung des Turon im südöstlichen Münsterland (Oberkreide, NW-Deutschland).- Newsl. Stratigr, **8**: 3 - 60; Berlin, Stuttgart.
- SEIBERTZ, E. & VORTISCH, W. (1979): Zur Stratigraphie, Petrologie und Genese einer Bentonit-Lage aus dem oberen Mittel-Turon (Oberkreide) des südöstlichen Münsterlandes.- Geologische Rundschau, **68**: 649-679; Wien.
- SKUPIN, K. (1985): Erläuterungen zu Blatt 4317 Geseke.- Geol. Kt. Nordrh. Westf. 1:25000, **4317**: 155 S.; Krefeld.
- SKUPIN, K. (1989): Erläuterungen zu Blatt 4418 Wünnenberg.- Geol. Kt. Nordrh. Westf. 1:25000, **4418**: 151 S.; Krefeld.
- STILLE, H. (1904): Geologische Spezialkarte von Preussen und benachbarten Bundesstaaten – Blatt Etteln.- Preussische Geologisches Landesaufnahme, 1-VIII, 1-21; Berlin.

- STILLE, H. (1979): Erläuterungen zu Blatt 4318 Borchten.- Geol. Kt. Nordrh. Westf. 1:25000, **4318**: I-VIII, 1-21; Krefeld. [2. Auflage]
- TRÖGER, K.-A. & NIEBUHR, B. (2014): 6. Inoceramide Muscheln 6. Inoceramid bivalves.- *Geologica Saxonica Journal of Central European Geology*, **60**: 169-199, Dresden.
- VOIGT, S., AURRAG, A., LEIS, F. & KAPLAN, U. (2006): Late Cenomanian to Middle Turonian high-resolution carbon isotope stratigraphy: New data from the Münsterland Cretaceous Basin, Germany.- *Earth and Planetary Science Letters* **253** (2007): 196–210; Amsterdam.
- WALASZCZYK, I. & WOOD, C.J. (1998): Inoceramids and biostratigraphy at the Turonian/Coniacian boundary; based on Salzgitter-Salder (proposed boundary stratotype) section (Lower Saxony, Germany), and the Słupia Nadbrzeżna section (central Poland).- *Acta Geologica Polonica*, **48**: 395-434, Warsaw.
- WALASZCZYK, I. & COBBAN, W.A. (2000): Inoceramid faunas and biostratigraphy of the Upper Turonian-Lower Coniacian of the Western Interior of the United States.- *Spec. Pap. Palaeont.*, **64**: 118 S.; London.
- WIESE, F. & KAPLAN, U. (2001): The potential of the Lengerich section (Münster Basin, northern Germany) as a potential candidate Global boundary stratotype Section and Point (GSSP) for the Middle/Upper Turonian boundary.- *Cretaceous Research*, **22**: 549-563; London.
- WIESE, F. & KAPLAN, U. (2004): Der Mittel-/Ober-Turon Grenzbeereich im Raum Lengerich.- *Geol. Paläont. Westf.*: **62**: 37-70; Münster.
- WIESE, F., WOOD, C.J. & KAPLAN, U. (2004): 20 years of event Stratigraphy in NW Germany; advances and open questions.- *Acta Geologica Polonica*, **54**: 639-656; Warsaw.
- WIESE, F., HILBRECHT, H. & WOOD, C.W. (2001): Turon. In: *Stratigraphie von Deutschland III Die Kreide der Bundesrepublik Deutschland*. Stratigraphische Kommission von Deutschland (Hrsg.). redaktionelle Bearbeitung HISS, M & SCHÖNFELD, J. und Mitarbeit von A. THIERMANN. Mit Beiträgen von DIENER, I., ERNST, G., HAMBACH, U., HERM, D., HILBRECHT, H., HISS, M., KAEVER, M., KAPLAN, U., KRUMSIEK, K., MEYER, R.K.F., MUTTERLOSE, J., NIEBUHR, B., PETZKA, M. (†), REICH, M., SCHÖNFELD, J., SCHULZ, M.-G. (†), SEIBERTZ, E., SPAETH, C., THIERMANN, A., TRÖGER, K.A., VOIGT, T., WIESE, F. & WOOD, C.J.- *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **226**: 27-31; Frankfurt.
- WIESE, F., HISS, M. & VOIGT, S. (2007): Salder-Formation. In: NIEBUHR, B., HISS, M., KAPLAN, U., TRÖGER, K.-A., VOIGT, S., VOIGT, T., WIESE, F. & WILMSEN, M.: *Lithostratigraphie der norddeutschen Oberkreide*.- *Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, **55**: 45 - 47; Hannover.
- WIESE, F., HISS, M., KAPLAN, U. & VOIGT, S. (2007): Erwitte-Formation. In: NIEBUHR, B., HISS, M., KAPLAN, U., TRÖGER, K.-A., VOIGT, S., VOIGT, T., WIESE, F. & WILMSEN, M.: *Lithostratigraphie der norddeutschen Oberkreide*.- *Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, **55**: 47 - 48; Hannover.
- 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 Haarstrangs.- *Geol. Paläont. Westf.*, **37**: 51 S.; Münster.



Abb. 4: Anröchte-Klieve, Natursteinwerk Rinsche GmbH, TK 25 Blatt 4415 Anröchte, Rechts 3451450, Hoch 5715760, NN + 150 m, **A** Soest-Grünsand-Subformation, **B** Erwitte-Formation; **a** untere grüne Werksteinbank, **b** obere, blaue Werksteinbank, **c** Mauersteinbänke, **d** *erectus*-Event I, Grenze Turonium - Coniacium, **e** *erectus*-Event II (Aufschluss 1).



Abb. 5: Anröchte, Steinbruch Anröchte Natursteinwerk Rinsche GmbH, TK 25 Blatt 4416 Effeln, Rechts 3454550, Hoch 5716200, 173 m, **A** Soest-Grünsand-Subformation, **B** Erwitte-Formation; **a** untere, grüne Werksteinbank, **b** obere, blaue Werksteinbank, **c** Mauersteinbänke, **d** *erectus*-Event I, Grenze Turonium - Coniacium, **e** *erectus*-Event II, **f** Rinnenkomplex mit nach Norden rasch zunehmender Mächtigkeit (Aufschluss 2).



Abb. 6: Anröchte-Berge, Schotterwerk Westereiden GmbH & Co. KG, TK 25 Blatt 4416 Eifel, Rechts 3455180, Hoch 5716310, NN + 170 m, Erwitte-Formation, nach Süden (links) auskeilend (Aufschluss 3).

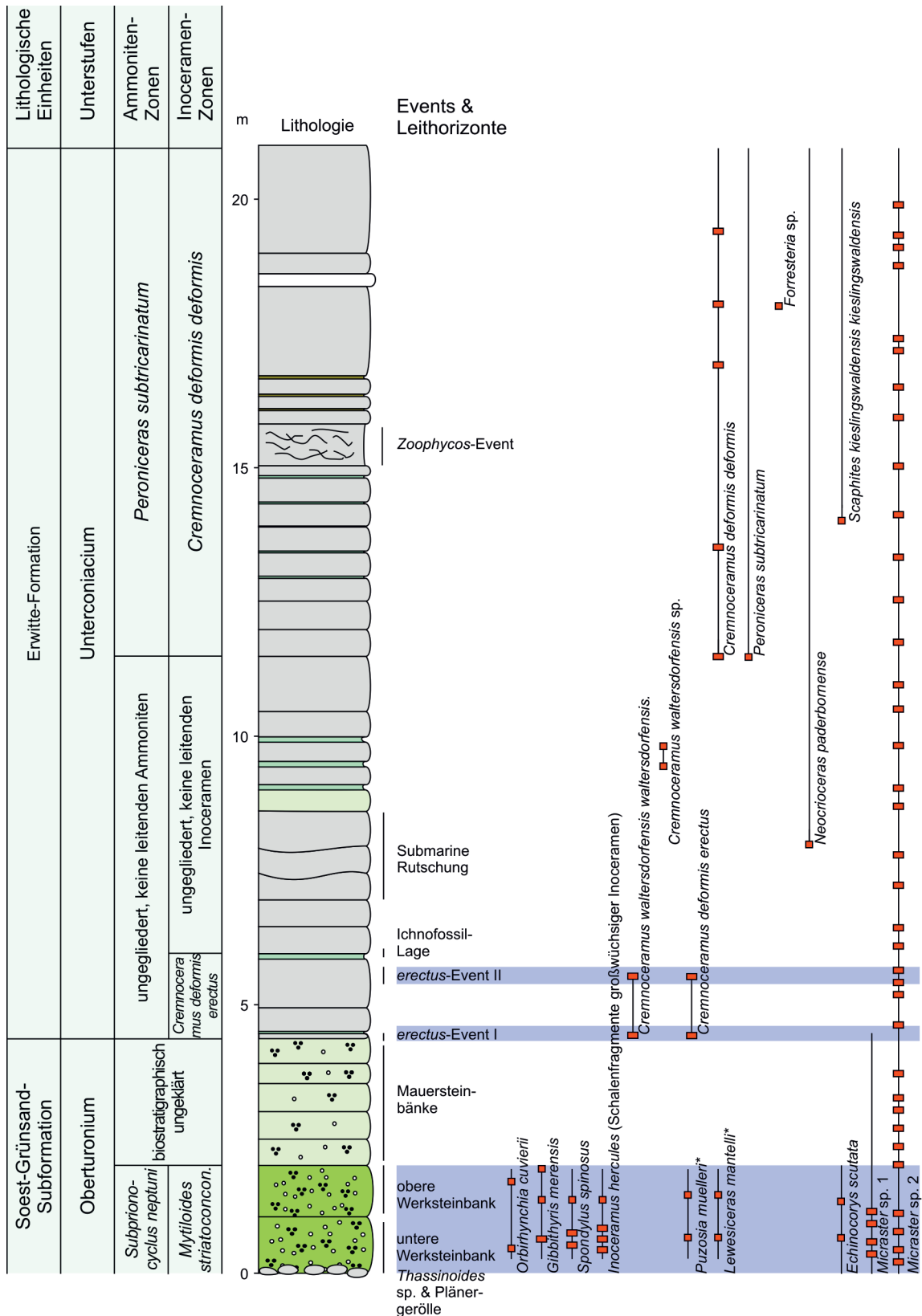


Abb. 7: Übersichtsprofil des Oberturoniums und Unterconiaciums im Raum Anröchte mit wesentlichen Faunenelementen, * Querschnitte desmocerater Großammoniten, Bestimmung nach Vorkommen im Raum Unna (Aufschlüsse 1 - 3).



Abb. 8: Rüthen-Westereiden, aufgelassener Steinbruch am Hochwasser-Rückhaltebecken im Pöppelsche Tal, TK 25 Blatt 4416 Effeln, Rechts 3457690, Hoch 5716870, NN + 153 m, **A** Soest-Grünsand-Subformation, **B** Erwitte-Formation; **a** Tuff TE, **b** Basis untere, grüne Werksteinbank, **c** untere, grüne Werksteinbank, **d** obere, blaue Werksteinbank (Aufschluss 4).



Abb. 9: Anröchte-Berge, Wegesteinbruch an der Rüdthener Straße im Pöppelsche Tal, TK 25 Blatt 4416 Effeln, Rechts 3456763, Hoch 5714515, NN +180 m, Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, Subprionocyclus neptuni-Zone (Aufschluss 5).



Abb. 10: Rüthen-Hoinkhausen, Steinbruchwand an der Wilhelm-Schröder-Straße, TK 25 Blatt 4416 Eifel, Rechts 3458215, Hoch 5713895, NN + 210 m, Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone (Aufschluss 6).



Abb. 11: Rüthen-Langenstraße-Heddinghausen, aufgelassener und teilweise wiederverfüllter Steinbruch an der L 747 am Johannesholz, TK 25 Blatt 4416 Eifel, Rechts 3462090, Hoch 5713640, NN + 250 m, Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignoniceras woollgari*-Zone, Maßstab 2 Meter (Aufschluss 7).

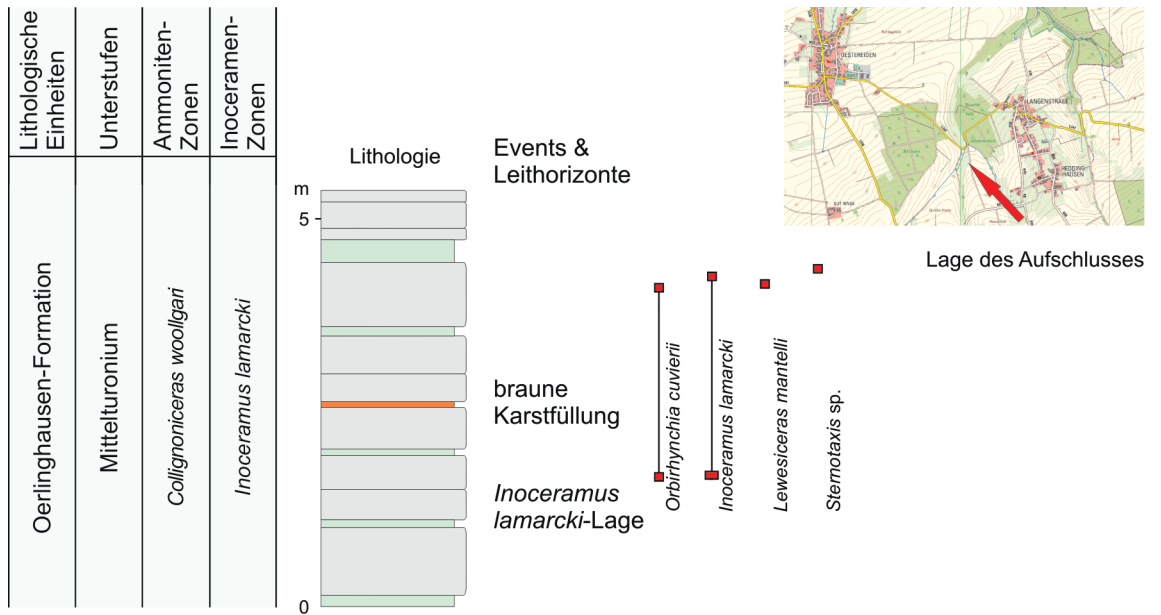


Abb. 12: Rüthen-Langenstraße-Heddinghausen, aufgelassener und teilweise wiederverfüllter Steinbruch an der L 747 am Johannesholz, TK 25 Blatt 4416 Effeln, Rechts 3462090, Hoch 5713640, NN + 250 m (Aufschluss 7).



Abb. 13: Geseke-Eringerfeld, aufgelassener und teilweise wiederverfüllter Steinbruch an der Steinhäuser Straße, TK 25 Blatt 4416 Effeln, Rechts 3463970, Hoch 5717110, NN + 177 m, **A** Oerlinghausen-Formation, *Subprionocyclus neptuni*-Zone, **B** Soest-Grünsand-Subformation, *Subprionocyclus neptuni*-Zone, **C** Salder-Formation; **a** untere Werksteinbank, **b** obere Werksteinbank (Aufschluss 8).

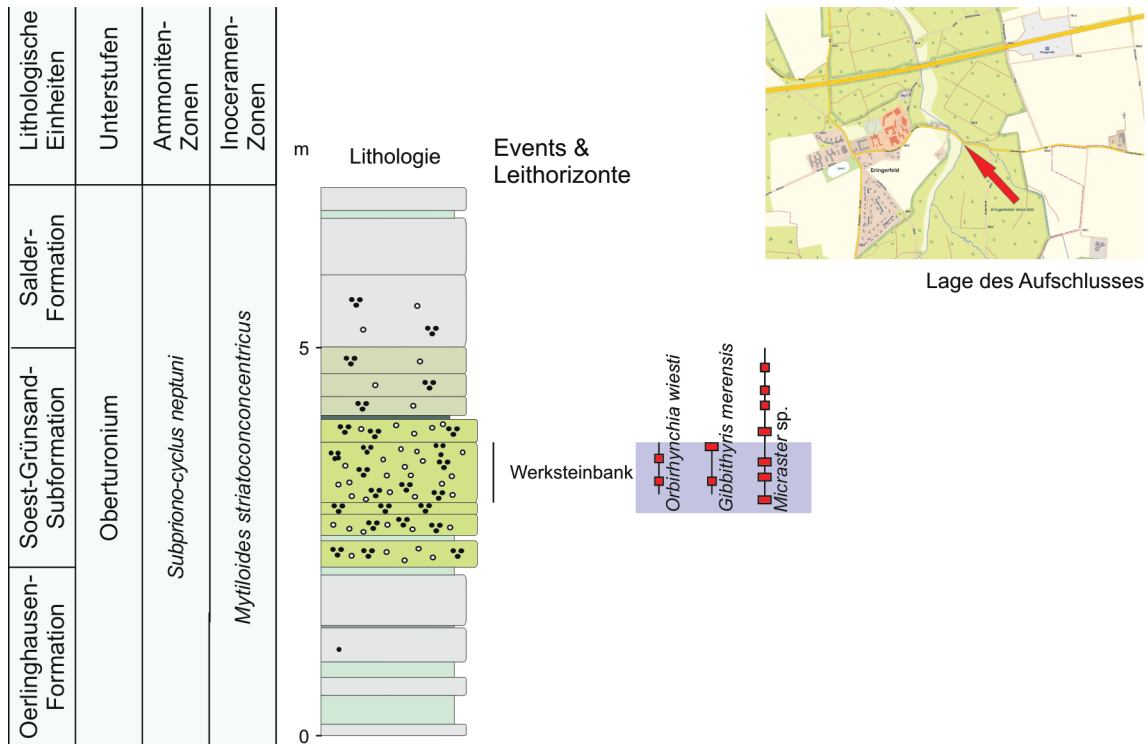


Abb. 14: Geseke-Eringerfeld, aufgelassener und teilweise wiederverfüllter Steinbruch an der Steinhäuser Straße, TK 25 Blatt 4416 Effeln, Rechts 3463970, Hoch 5717110, NN + 177 m (Aufschluss 8).



Abb. 15: Geseke-Eringerfeld, Böschung der Steinhäuser Straße, TK 25 Blatt 4416 Effeln, Rechts 3464275, Hoch 5717080, NN + 196 m, Erwitte-Formation, Grauweiße Wechselfolge, Subformation der Erwitte-Formation, Oberturonium, *Prionocyclus germari*-Zone, *Mytiloides scupini*-Zone (Aufschluss 9).

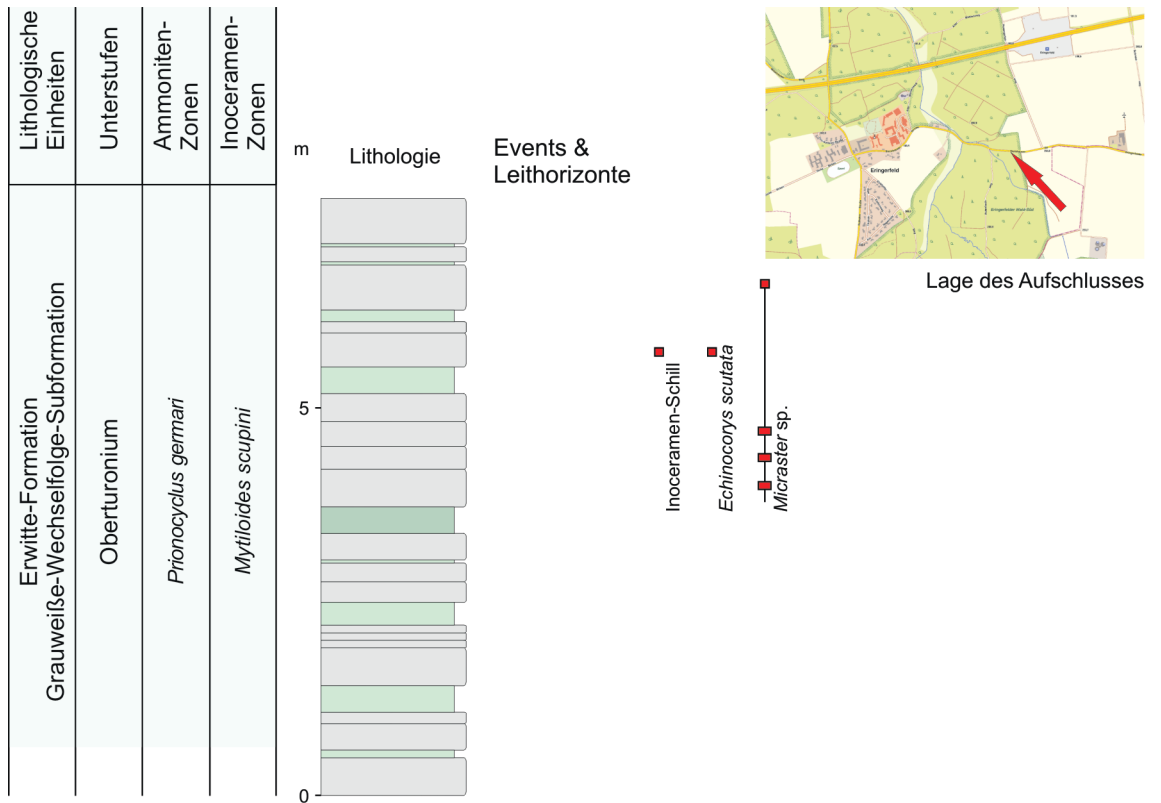


Abb. 16: Gesoke-Eringerfeld, Böschungen der Steinhäuser Straße, TK 25 Blatt 4416 Effeln, Rechts 3464275, Hoch 5717080, NN + 196 m (Aufschluss 9).

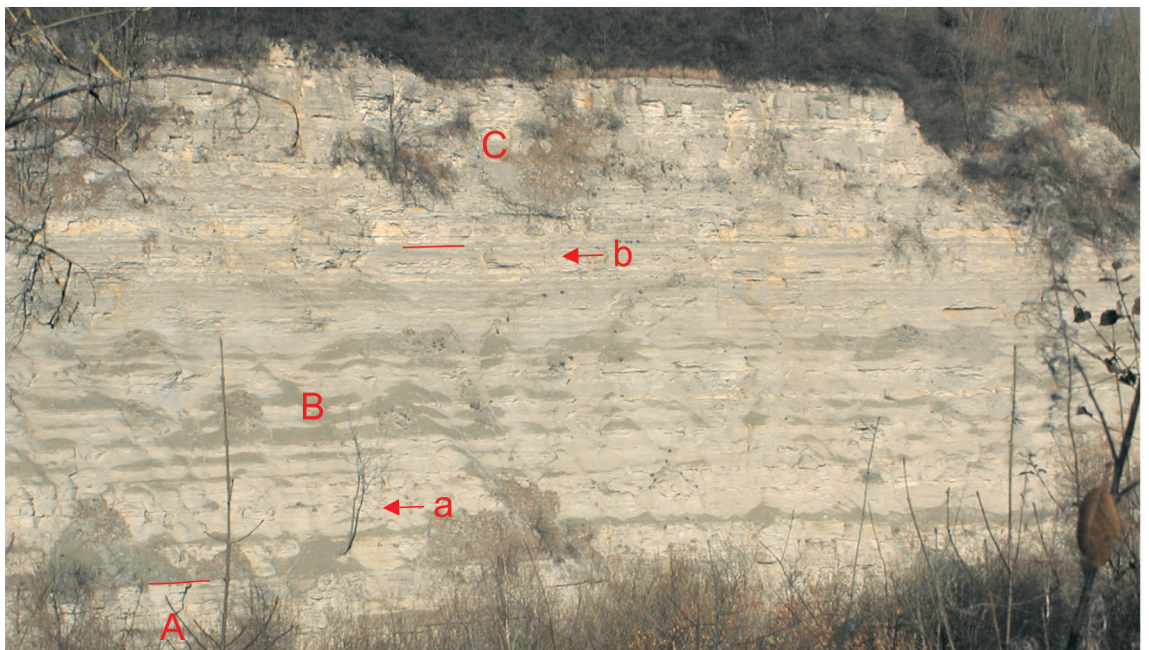


Abb. 17: Büren, aufgelassener Steinbruch Burania und Solaranlage am Buraniaweg, TK 25 Blatt 4417 Büren, Rechts 3469480, Hoch 5714330, 220 m, **A** Brochterbeck-Formation und Hesseltal-Formation, **B** Büren-Formation, **C** Oerlinghausen-Formation, *Collignonicerias woollgari*-Zone, **a** Grenze Obercenomanium-Unterturonium, **b** Grenze Unter- / Mittelturonium, Basis *Collignonicerias woollgari*-Zone (Aufschluss 10).

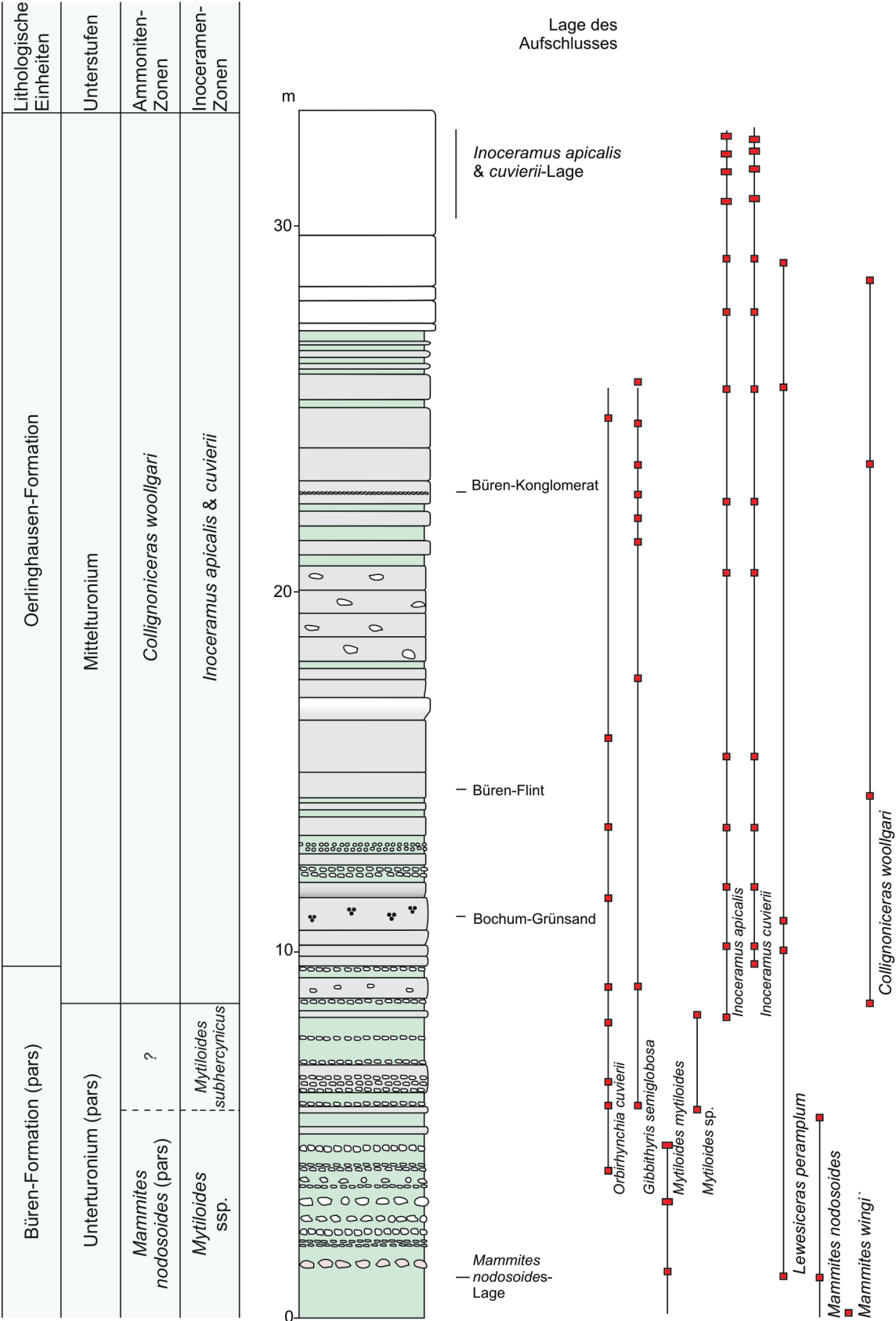


Abb. 18: Büren, aufgelassener Steinbruch Burania und Solaranlage am Buraniaweg, Teilprofil des oberen Unterturoniums und des Mittelturoniums, TK 25 Blatt 4417 Büren, Rechts 3469480, Hoch 5714330, NN + 220 m, Lage des Aufschlusses siehe Abb. 16 (Aufschluss 10).

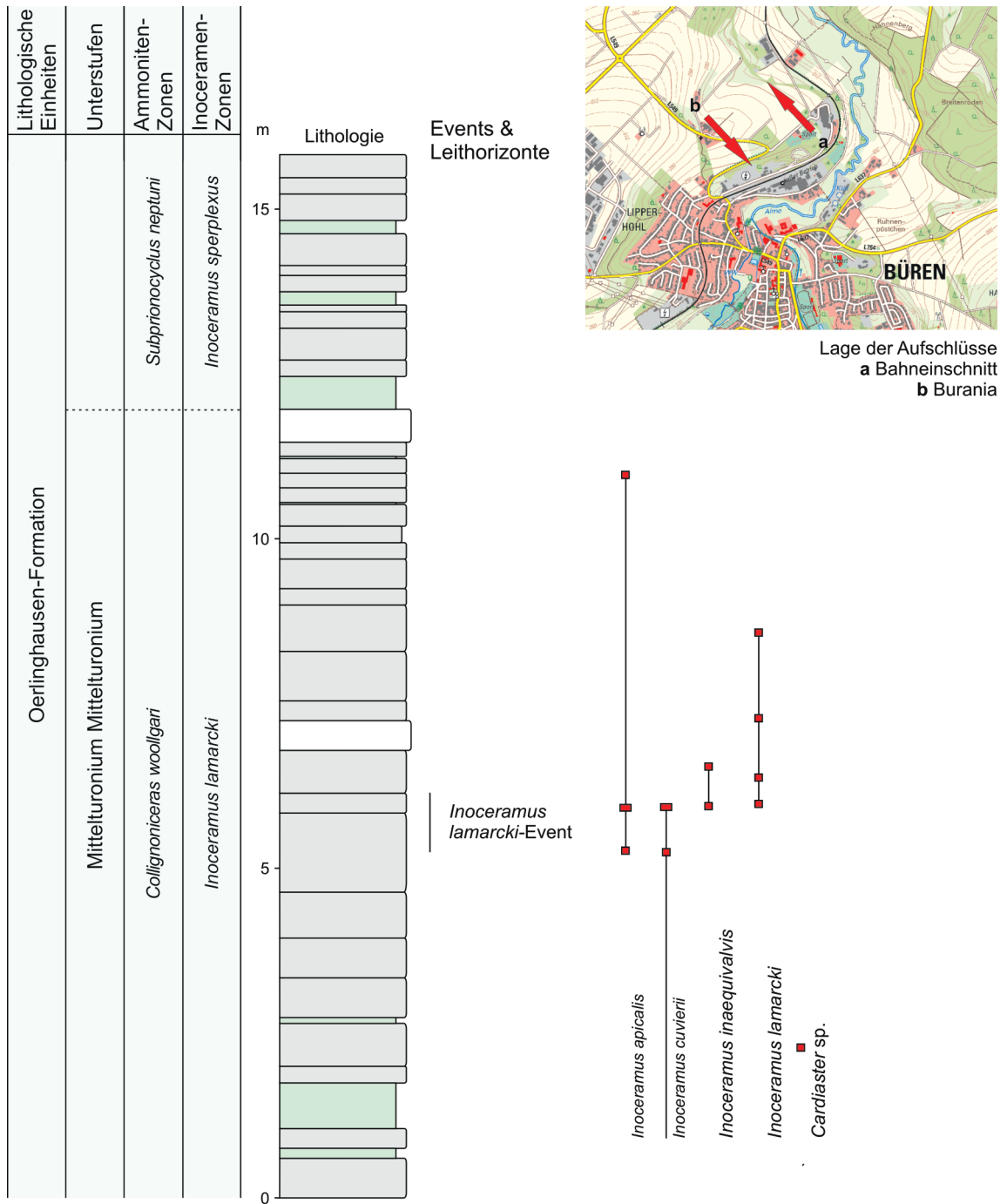


Abb. 19: Büren, Bahneinschnitt am Brennenberg, TK 25 Blatt 4417 Büren, Rechts 3469215, Hoch 5715300, NN + 240 m (Aufschluss 11).



Abb. 20: Büren-Ahden, Straßenböschung und aufgelassener Steinbruch an der Kluskapelle, TK 25 Blatt 4417 Büren, Rechts 3473795, Hoch 5717990, NN + 191 m, Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone (Aufschluss 12).



Abb. 21: Büren-Ahden, südlicher Bahneinschnitt, TK 25 Blatt 4417 Büren, Rechts 3474200, Hoch 5718255, NN + 187 m, Bildausschnitt Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignonicerias woollgari*-Zone (Aufschluss 13).

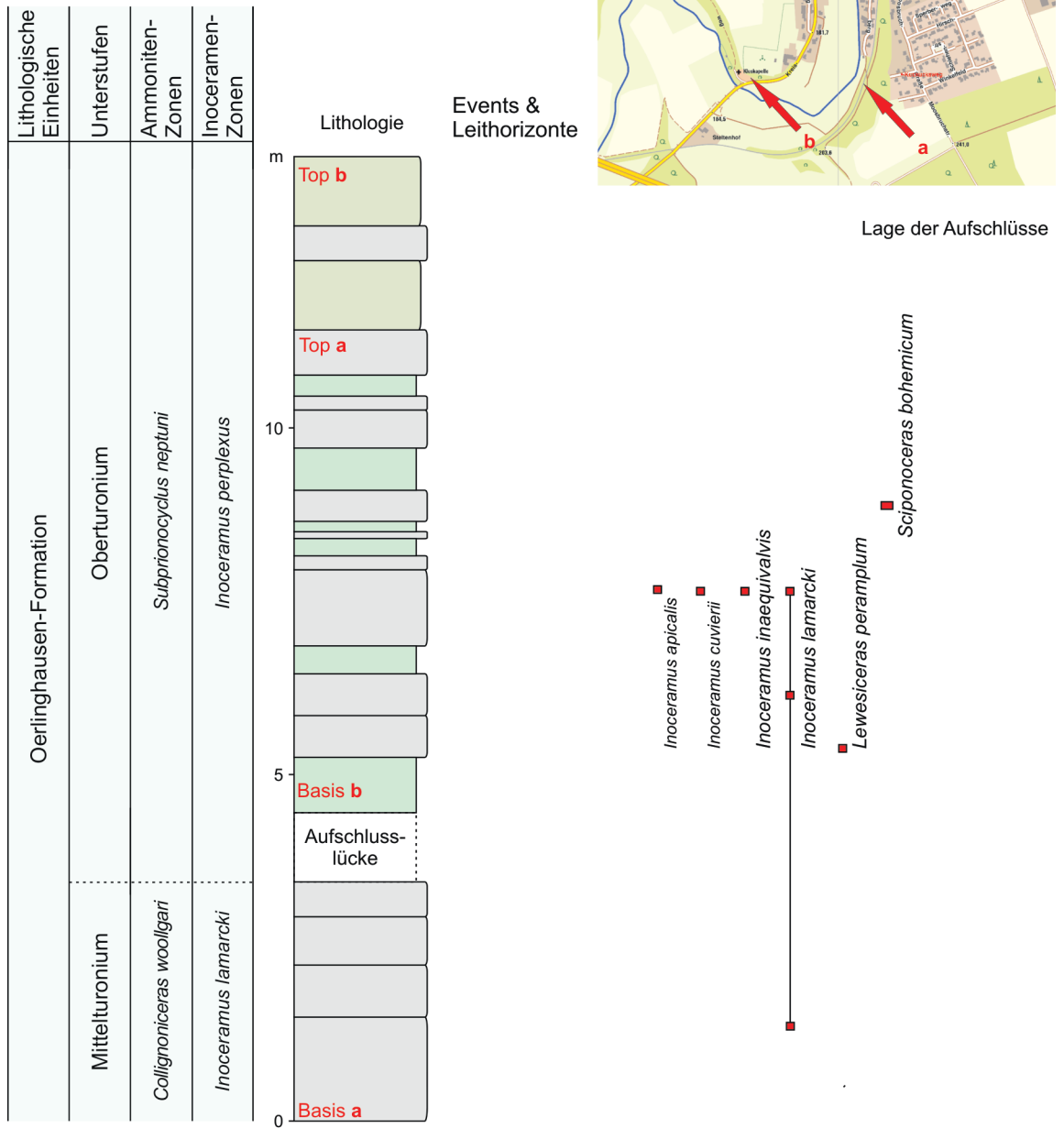


Abb. 22: Büren-Ahden, **a** Profil an der Almebahn 400 TK 25 Blatt 4417 Büren, R 3474130, H = 5717890 (Aufschluss 12), **b** Straßenböschung und aufgelassener Steinbruch an der Kluskapelle, TK 25 Blatt 4417 Büren, Rechts 3473795, Hoch 5717990, 190 m (Aufschlüsse 12 und 13).



Abb. 23: Büren-Böddecken, aufgelassener Steinbruch östlich vom Gut an der L 751, TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3478145, Hoch 5717900, NN + 255 m, **a** Oerlinghausen-Formation, **b** Salder-Formation, Soest-Grünsand-Subformation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone (Aufschluss 14).

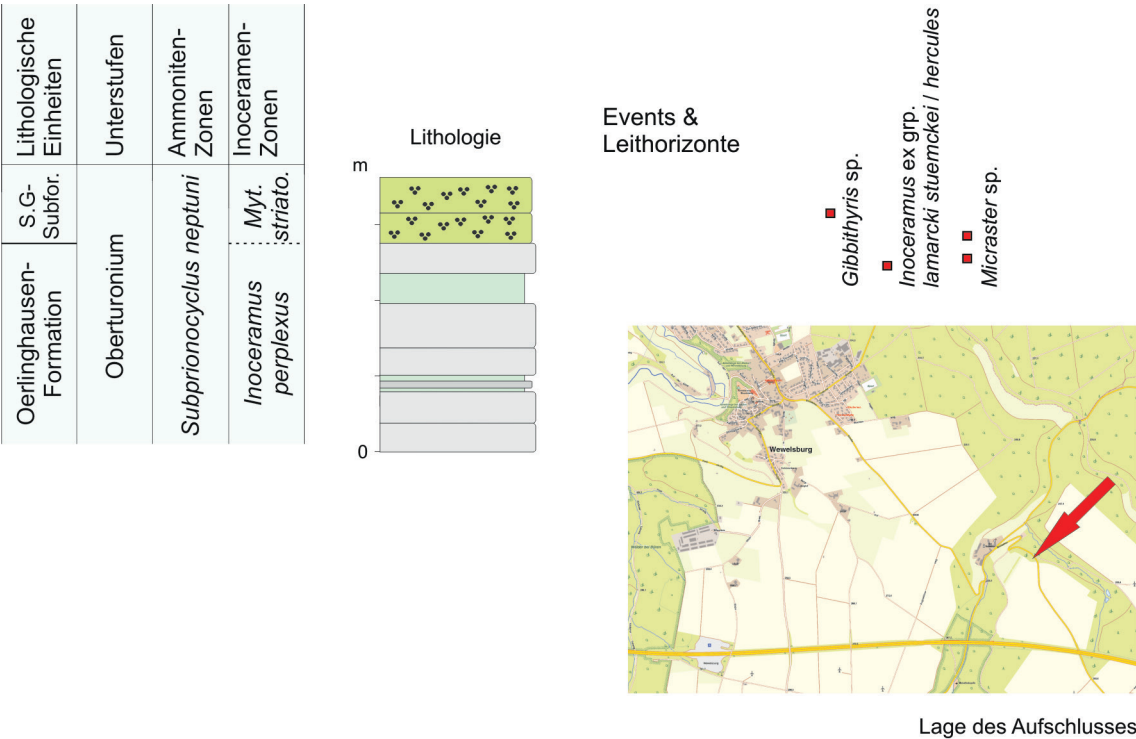


Abb. 24: Büren-Böddecken, aufgelassener Steinbruch östlich vom Gut an der L 751, TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3478145, Hoch 5717900, NN + 255 m (Aufschluss 14), S.G-Subfor.= Soest-Grünsand-Subformation, *Myt. striato.* = *Mytiloides striatoconcentricus* (Aufschluss 14).



Abb. 25: Büren-Wewelsburg, aufgelassener Steinbruch am Ziegenberg, TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3479074, Hoch 5718239, NN + 230 m, Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone (Aufschluss 15).



Abb. 26: Büren-Wewelsburg, oberer Abschnitt des Wasserrisses südlich der Burg, TK 25 Blatt 4317 Geseke, Rechts 3475835, Hoch 5719055, NN + 184 m, Oerlinghausen-Formation, Bildausschnitt Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone, **a** Oerlinghausen-Formation, **b** Soest-Grünsand-Subformation (Aufschluss 16).

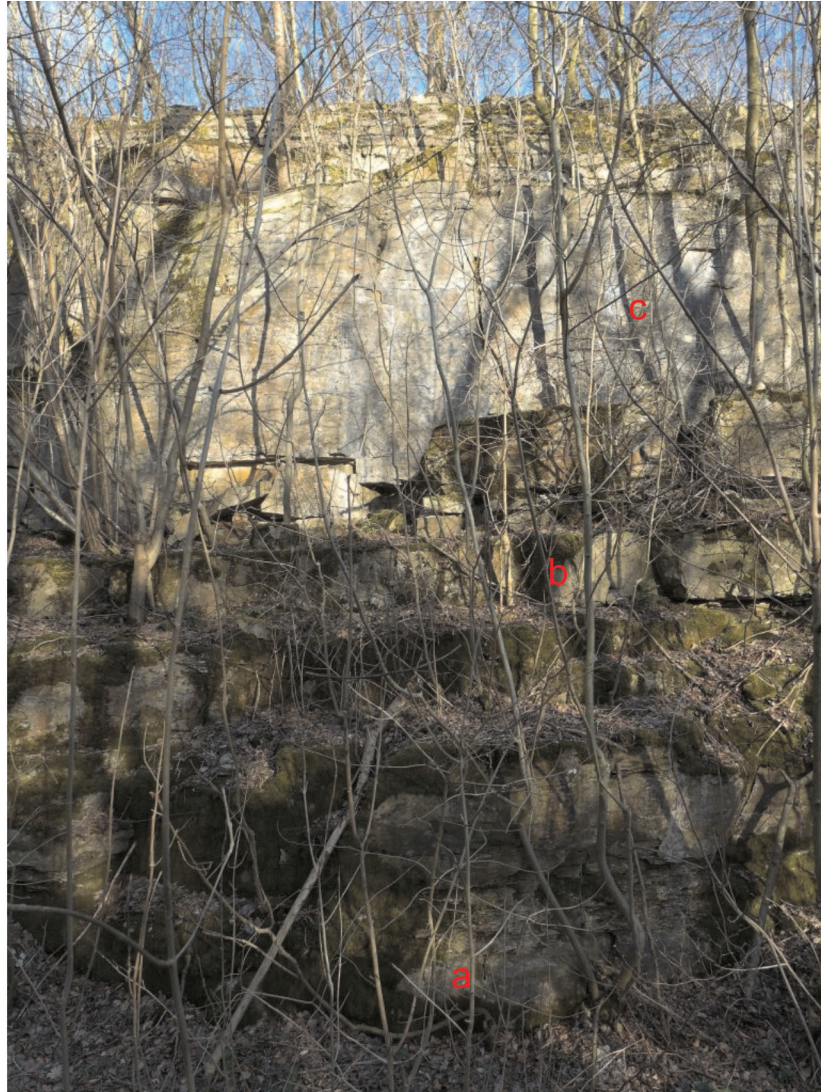
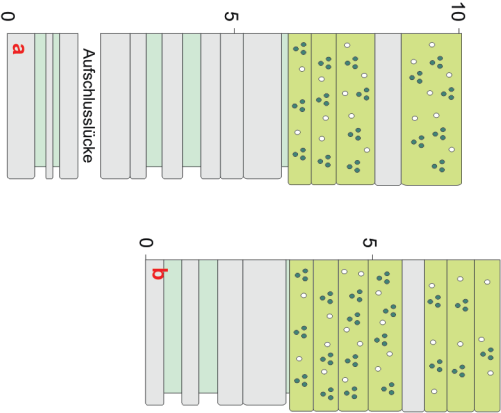
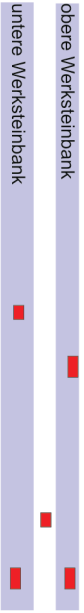


Abb. 28: Büren-Wewelsburg, nördlicher Bahneinschnitt, mittlerer Abschnitt, TK 25 Blatt 4317 Geseke, Rechts 3475890, Hoch 5720500, NN + 173 m, **a** Oerlinghausen-Formation, **b** Soest-Grünsand-Subformation, **c** Salder-Formation (Aufschluss 17).

Oerlinghausen-Formation	Soest-Grünsand-Subformation	Lithologische Einheiten
Oberturonium		Unterstufen
<i>Subprionocyclus neptuni</i>		Ammoniten-Zonen
<i>Inoceramus perplexus</i>	<i>Mytiloides striatoconcentricus</i>	Inoceramen-Zonen



Events & Leithorizonte



- Orbirhynchia dispansa*
- Gibbithyris* sp.
- Lewesiceras mantelli*
- Mytiloides incertus*
- dünnschalige Inoceramenschalen
- Micraaster* sp.

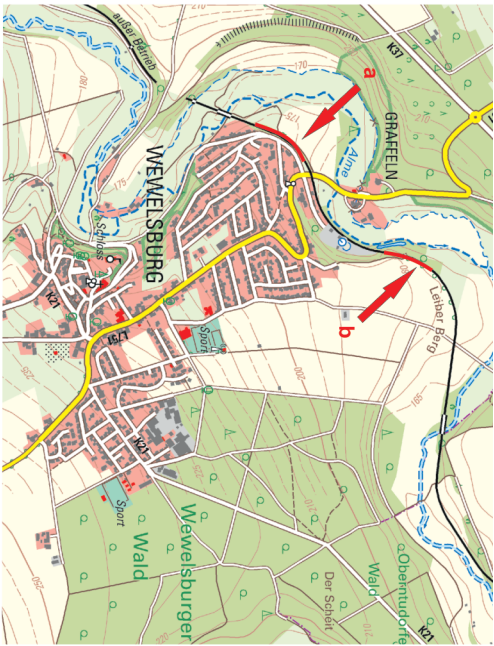


Abb. 29: Büren-Wewelsburg, **a** Bahneinschnitt Waldsiedlung, TK 25 Blatt 4317 Geseke, Rechts 3475410, Hoch 572000, NN + 176 m (Aufschluss 17); **b** nördlicher Bahneinschnitt, TK 25 Blatt Geseke, Rechts 3475885, Hoch 5720495, NN + 171 m (Aufschluss 18).



Abb. 30: Salzkotten-Oberntudorf, aufgelassene Steinbrüche am Prallhang der Alme unter dem Horenberg, TK 25 Blatt 4317 Geseke, Rechts 3476424, Hoch 5720936, NN + 169 m, obere Salder-Formation bis Erwitte-Formation, Grauweiße Wechselfolge-Subformation. (nördlich Aufschluss 18).



Abb. 31: Salzkotten-Niederntudorf, Almeufer unter westlichem Bahneinschnitt, TK 25 Blatt 4318 Borchlen, Rechts 3477095, Hoch 5720685, NN + 159 m, Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone (Aufschluss 19).

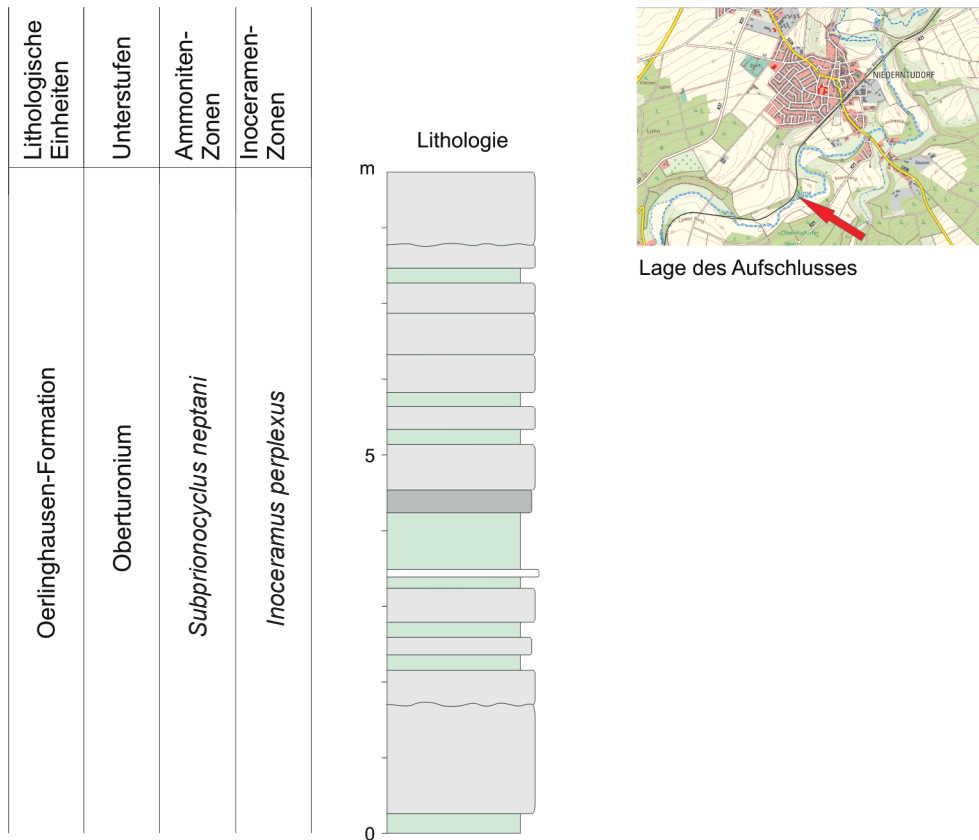


Abb. 32: Salzkotten-Niederntudorf, Steinbruch unter westlichem Bahneinschnitt am Prallhang der Alme. TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 34 77 330 Hoch 5720870, NN +159 m (Aufschluss 19).

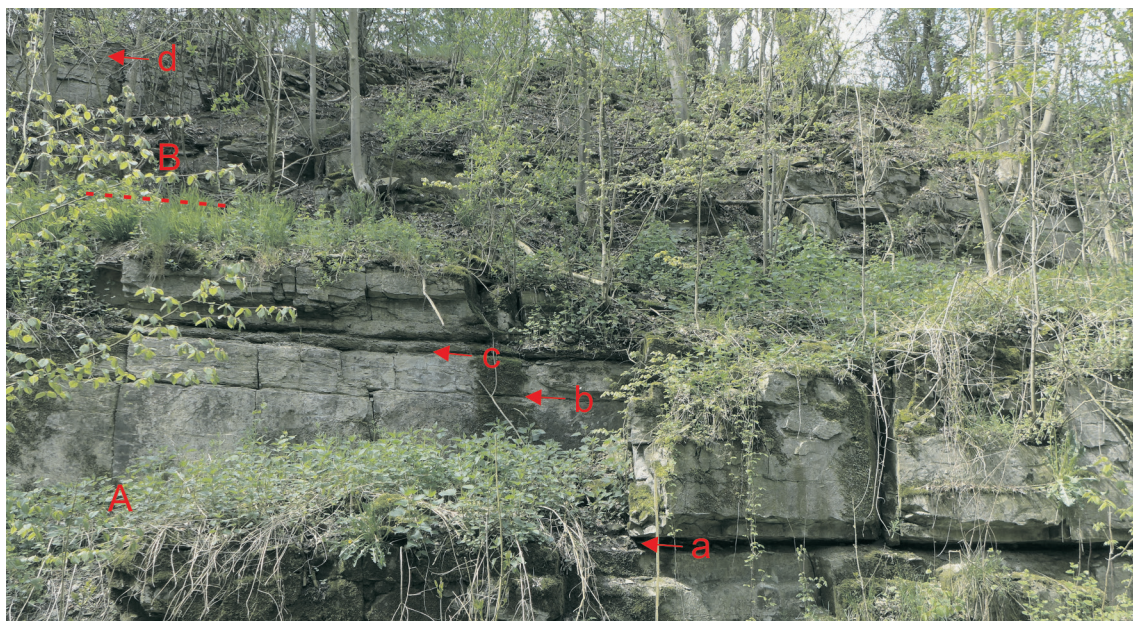


Abb. 33: Salzkotten-Niederntudorf, westlicher Bahneinschnitt, TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3477330, Hoch 5720960, NN + 163 m; Salder-Formation, Oberturonium, **A** obere *Subprionocyclus neptuni*, **B** basale *Prionocyclus germari*-Zone; **a** Tuff TF, **b** Mergellage MG, **c** *Micraster*-Event, **d** Alme-Grünsstein (Aufschluss 20).

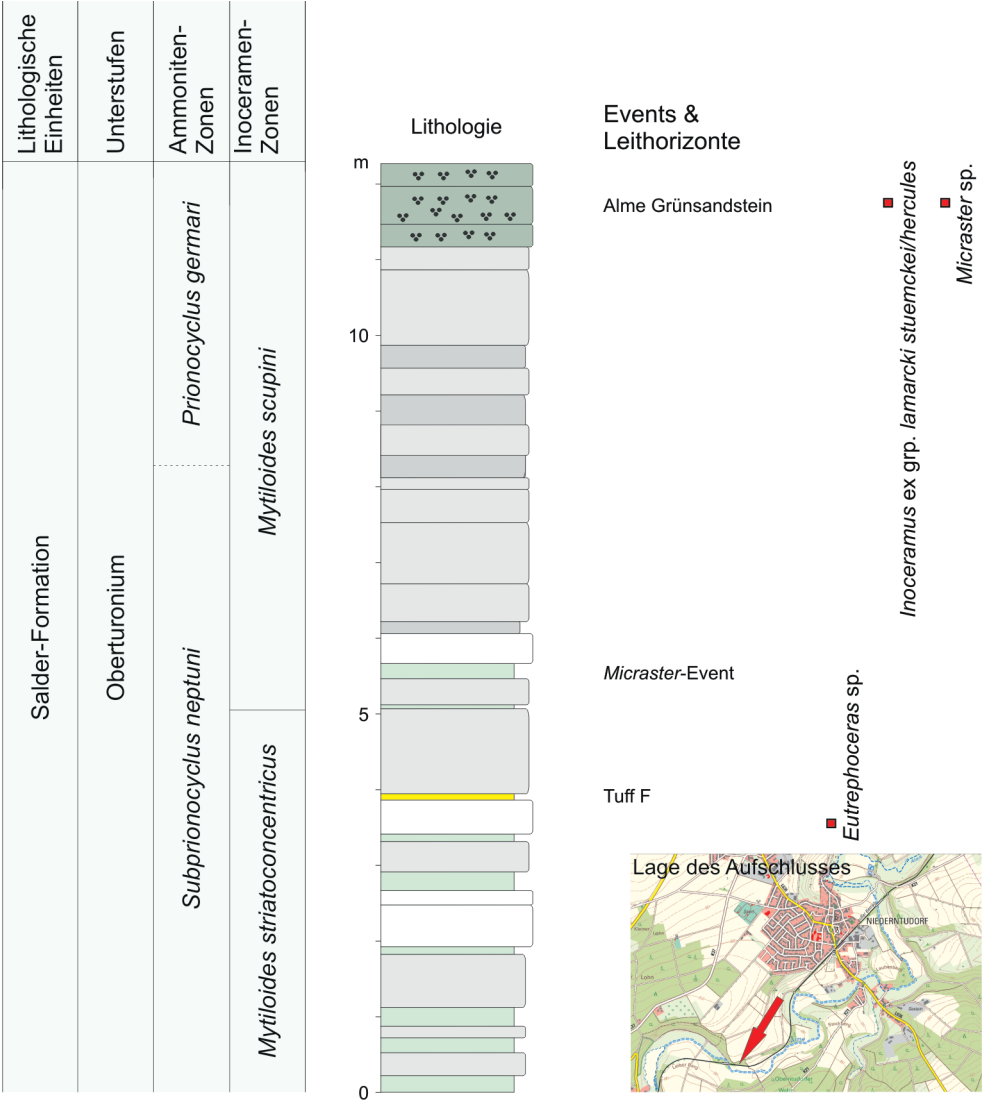


Abb. 34: Salzkotten-Niederntudorf, westlicher Bahneinschnitt, TK 25 Blatt 4318 Borchon, Rechts 3477330, Hoch 5720960, NN + 163 m (Aufschluss 20).



Abb. 35: Salzotten-Niedertudorf, Almeufer unter mittlerem Bahneinschnitt, TK 25 Blatt 4318 Borchon, Rechts 3477384, Hoch 5721468, NN + 162 m und Rechts 3477497, Hoch 5721481, NN + 164 m, **a** Oerlinghausen-Formation, **b** Salder-Formation mit Soest-Grünsand-Subformation, Ober-turonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone, (Aufschluss 21).

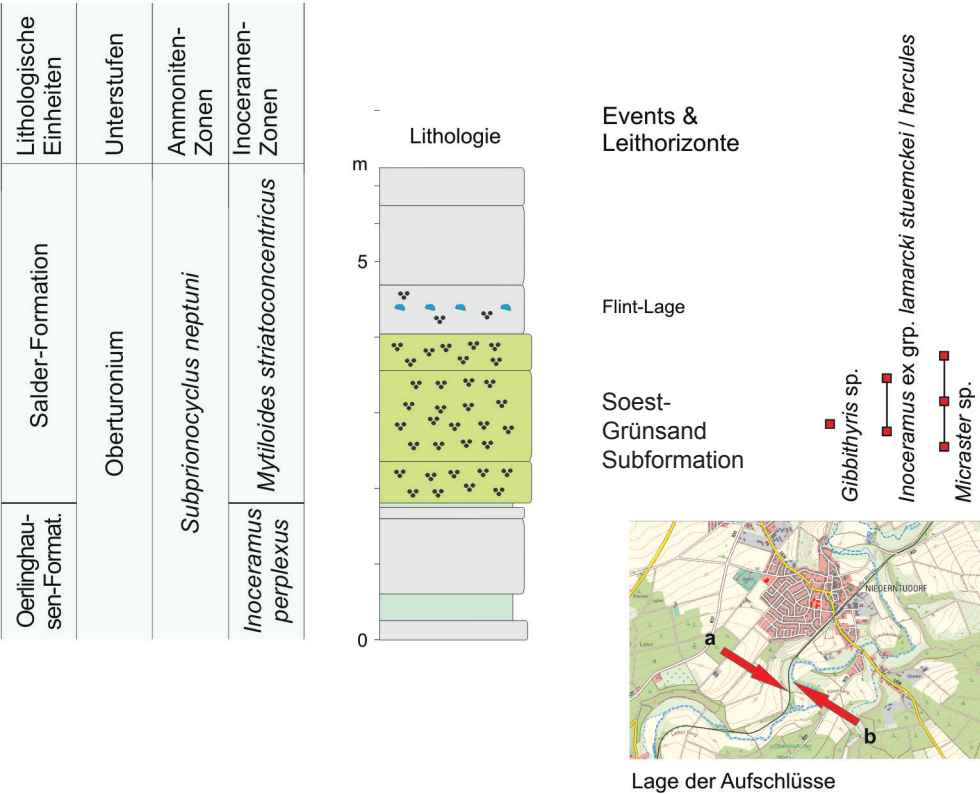


Abb. 36: Salzotten-Niedertudorf, TK 25 Blatt 4318 Borchon, **a** Wegeprofil an der Bahnunterführung, Rechts 3477335, Hoch 5721090, NN + 163 m, **b** Steinbruch unter mittleren Bahneinschnitt am Prallhang der Alme, Rechts 3477348, Hoch 5721276, NN + 155 m (Aufschluss 21).



Abb. 37: Salzkotten-Niederntudorf, mittlerer Bahneinschnitt, TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3477585, Hoch 5721665, NN + 171 m, Salder-Formation, Oberturonium, *Prionocyclus germari*-Zone, Abschnitt über Alme-Grünstein (Aufschluss 22).



Abb. 38: Salzkotten-Niederntudorf, aufgelassener Steinbruch im Betriebsgelände Asphaltwerk Steinhagen, TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3478635, Hoch 5720955, NN 195 m, Salder-Formation, Oberturonium, *Prionocyclus germari*-Zone, **a** Alme-Grünstein, untere Lage, **b** obere Lage (Aufschluss 23).



Abb. 39: Salzkotten-Niederntudorf, Steinbruch Stelbrink, TK 25 Blatt 4318 Borchon, Rechts 3478620, Hoch 5721300, NN + 180 m, Salder-Formation, Oberturonium, **A** *Subprionocyclus neptuni*-Zone, **B** *Prionocyclus germari*-Zone, **a** Tuff TF, **b** *Micraster*-Event, **c** faule Lage, **d** Alme-Grünstein, untere Lage, **e** obere Lage (Aufschluss 24).

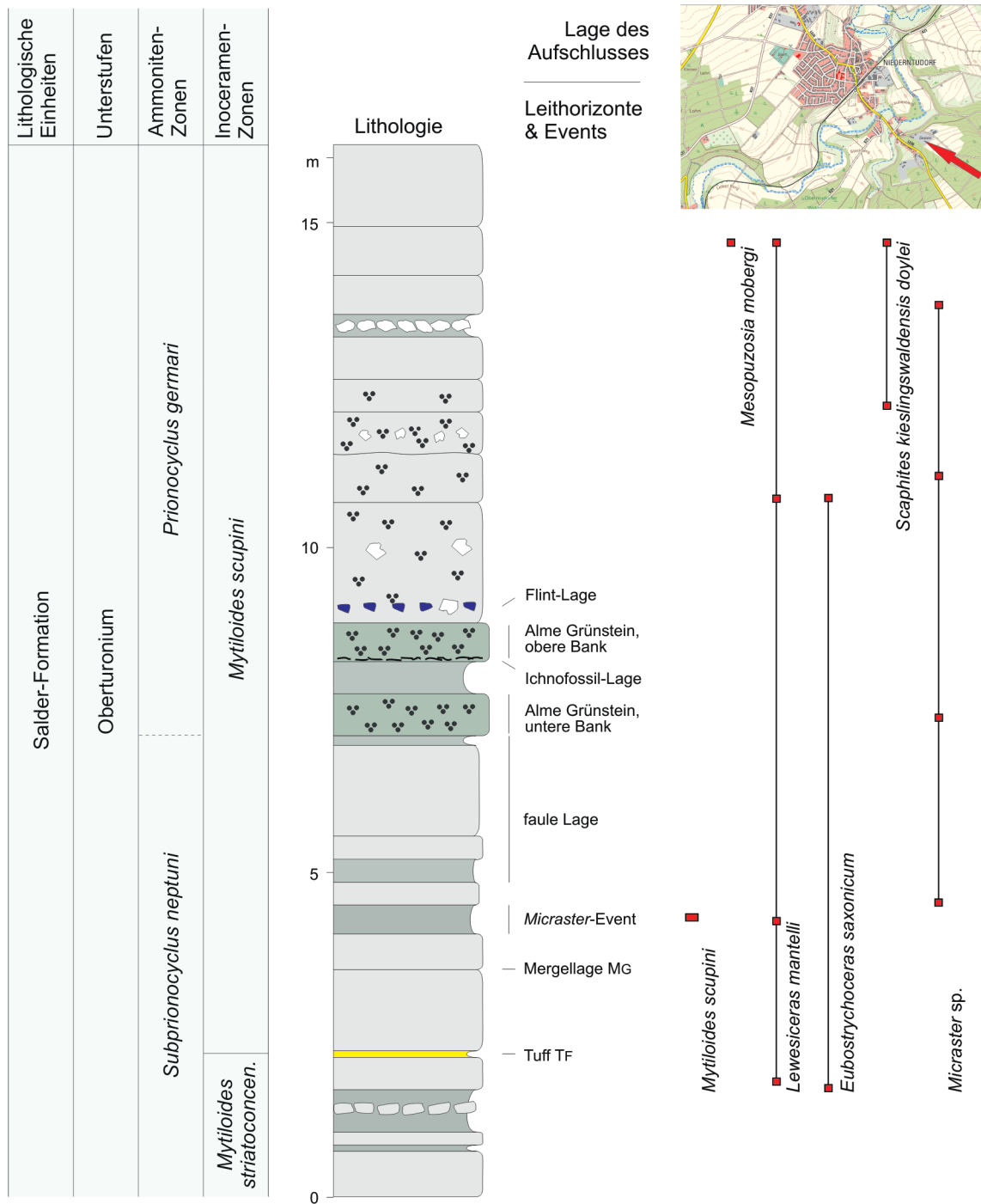


Abb. 40: Salzkotten-Niederntudorf, Steinbruch Stelbrink, TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3478620, Hoch 5721300, NN + 180 m (Aufschluss 24).



Abb. 41: Salzkotten-Niederntudorf, Wegesteinbruch unterhalb Steinbruch Stelbrink, TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3478630, Hoch 5721374, NN + 152 m, Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone (Aufschluss 25).



Abb. 42: Salzkotten-Niederntudorf, Steinbruch am Rissenweg beim östlichen Bahneinschnitt, TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3478465, Hoch 5722590, NN + 160 m, Salder-Formation, Oberturonium, *Prionocyclus germari*-Zone, Abschnitt zwischen *Micraster*-Event und Basis Erwitte-Formation, Grauweiße-Wechselfolge (Subformation) (Aufschluss 26).

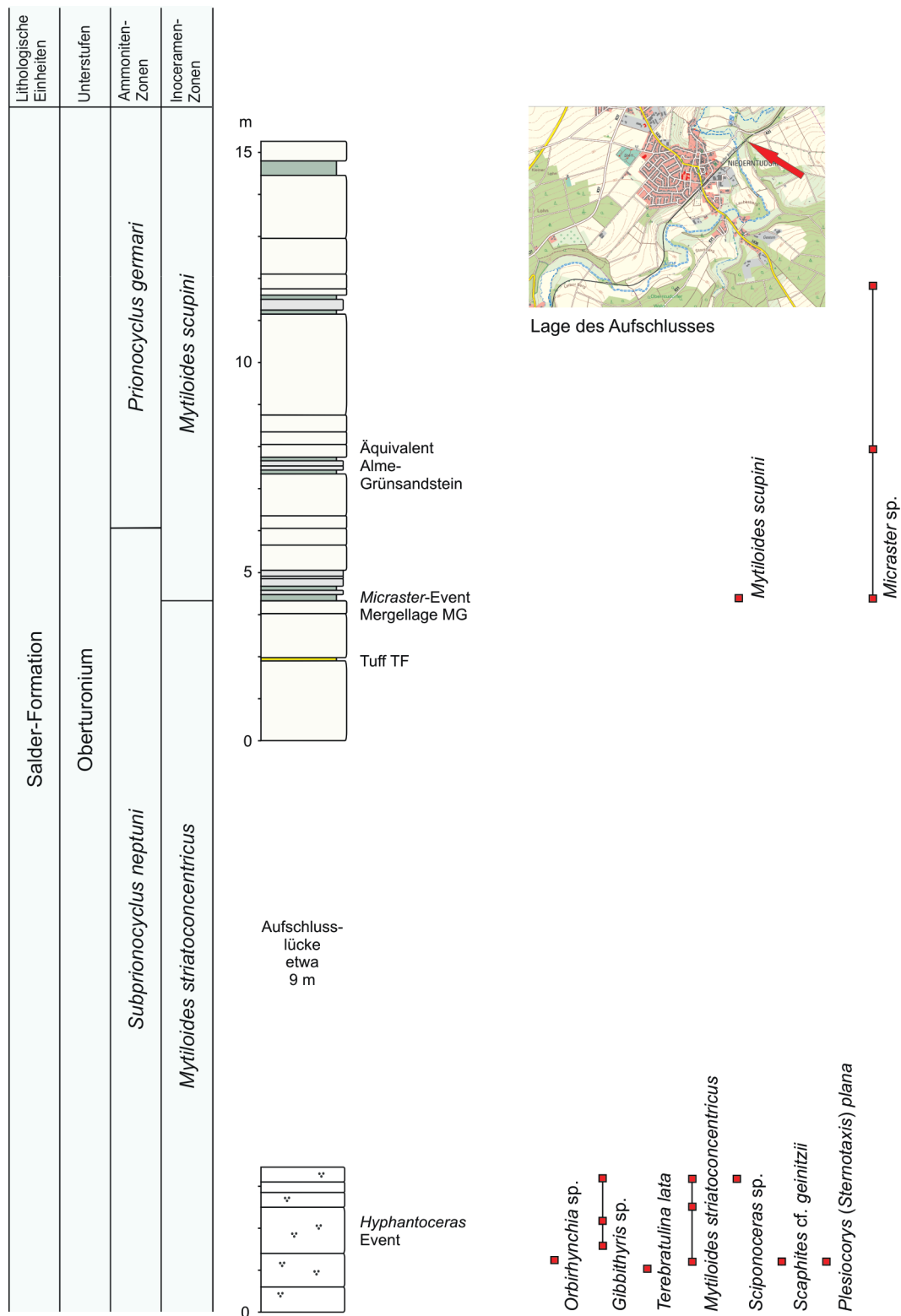


Abb. 43: Salzkotten-Niedertudorf, Wegeaufschluss unter östlichem Bahneinschnitt (unten) und östlicher Bahneinschnitt mit angrenzendem Steinbruch (oben), TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3478430, Hoch 5722554, NN + 152 m (Straße), NN + 161 m (Bahn) (Aufschluss 26).



Abb. 44: Kirchborchen-Gallihöhe, TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3480355, Hoch 5724940, NN + 142 m, Felswände an der Alme, Salder-Formation; Oberturonium, obere *Subprionocyclus neptuni*, basale *Prionocyclus germari*-Zone; **a** Tuff TF, **b** Mergellage MG, **c** *Micraster*-Event (Aufschluss 27).



Abb. 46: Borchten-Kirchborchen, aufgelassener Steinbruch am Lagerhaus Borchten, ehemals Lippes Mühle, TK 25 Blatt 4318 Borchten Rechts 3480850, Hoch 5725375, 151 m, Salder-Formation, Oberturonium, obere *Subprionocyclus neptuni*, basale *Prionocyclus germari*-Zone; **a** Tuff TF, **b** Mergellage MG, **c** *Micraster*-Event (Aufschluss 28).

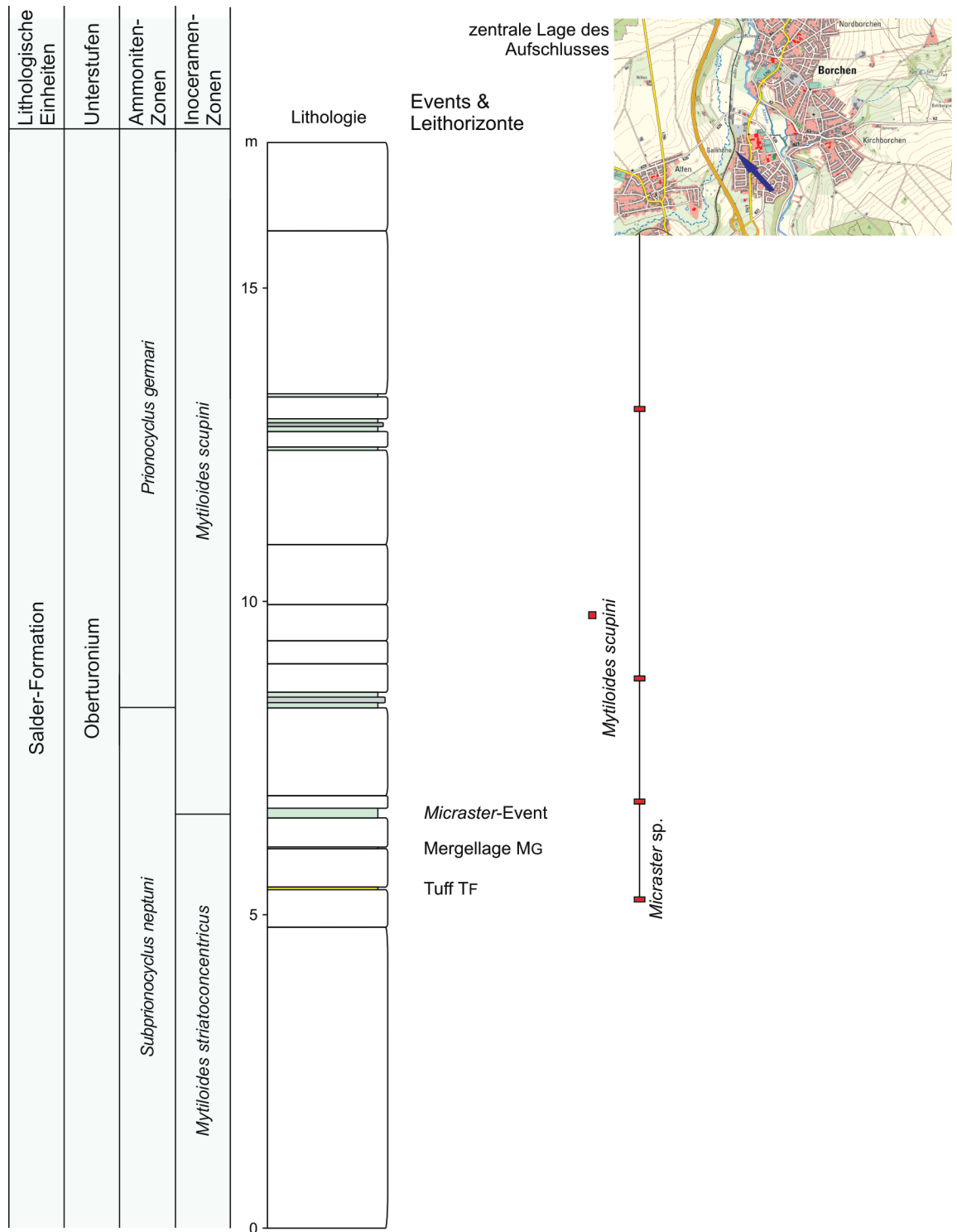


Abb. 45: Kirchborchsen-Gallihöhe, TK 25 Blatt 4318 Borchsen, Rechts 3480355, Hoch 5724940, NN +142 m, Felswände an der Alme (Aufschluss 27).

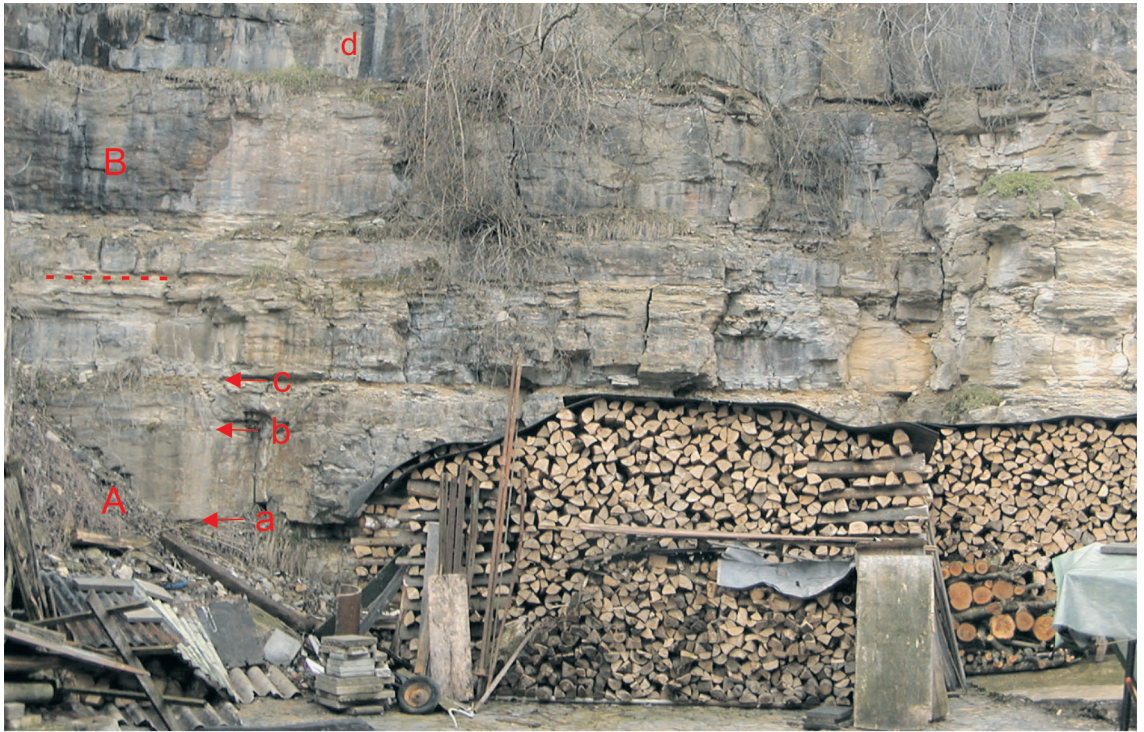


Abb. 48: Borchten-Kirchborchen, Hinterhof Wohnhaus Merschweg, TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3481060, Hoch 5724699, NN + 135 m, Salder-Formation, Oberturonium, **A** *Subprionocyclus neptuni*-Zone, **B** *Prionocyclus germari*-Zone; **a** Tuff TF, **b** Mergellage MG, **c** *Micraster*-Event, **d** Alpe-Grünstein (Aufschluss 29).



Abb. 50: Borchten-Kirchborchen, aufgelassener Steinbruch im Altenautal, Südhang Rauer Berg, TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3481475, Hoch 5723770, NN + 160 m, Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone (Aufschluss 30).

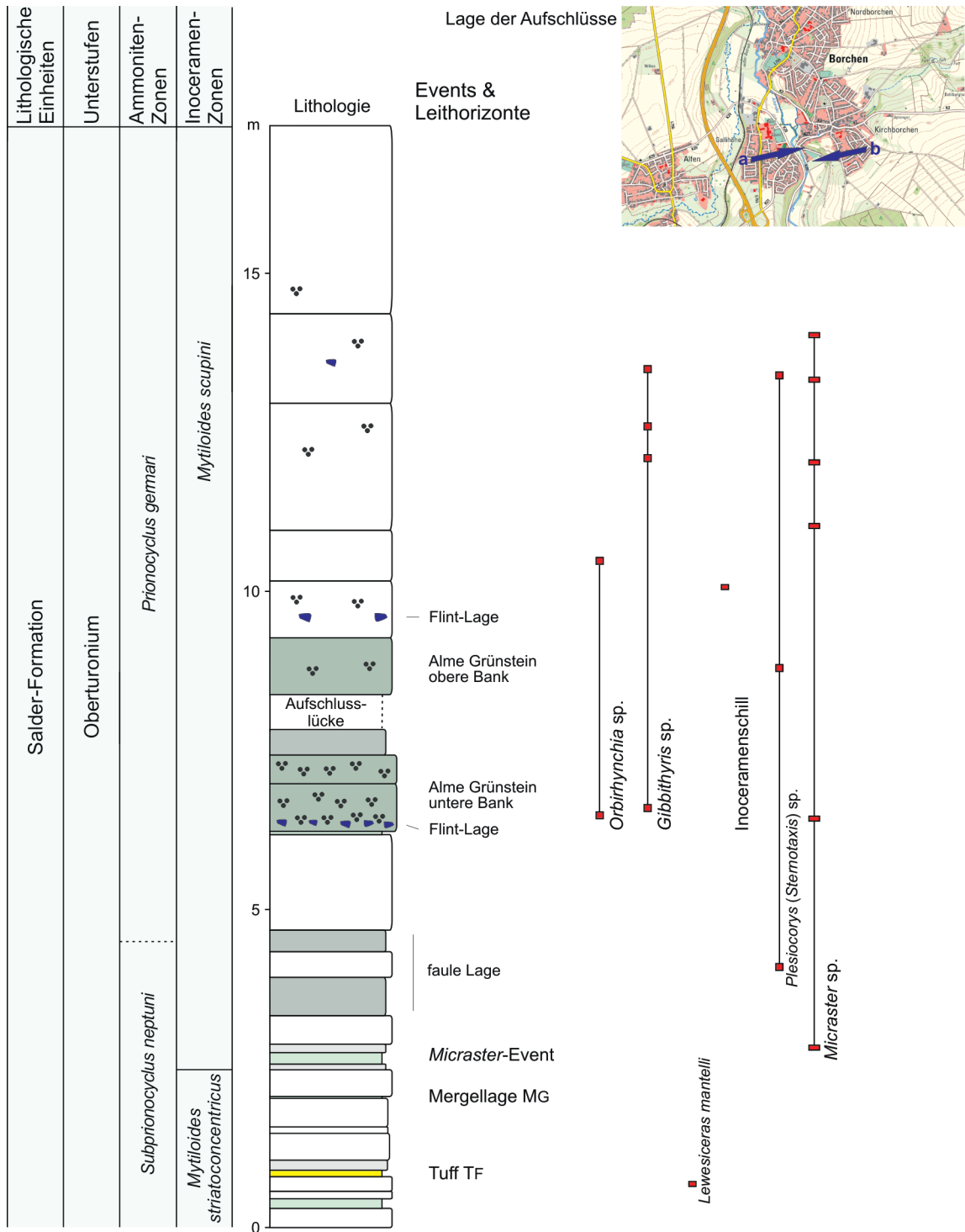


Abb. 49: Borchsen-Kirchborchsen, Aufschlüsse am Eulenberg, **a** Hinterhof Wohnhaus Straße Diekberg, TK 25 Blatt 4318 Borchsen, Rechts 3481060, Hoch 5724699, NN + 135 m, **b** Klippen über Ende der Straße Diekberg, Rechts 3481270, Hoch 5724680, NN + 144 m (Aufschluss 29).

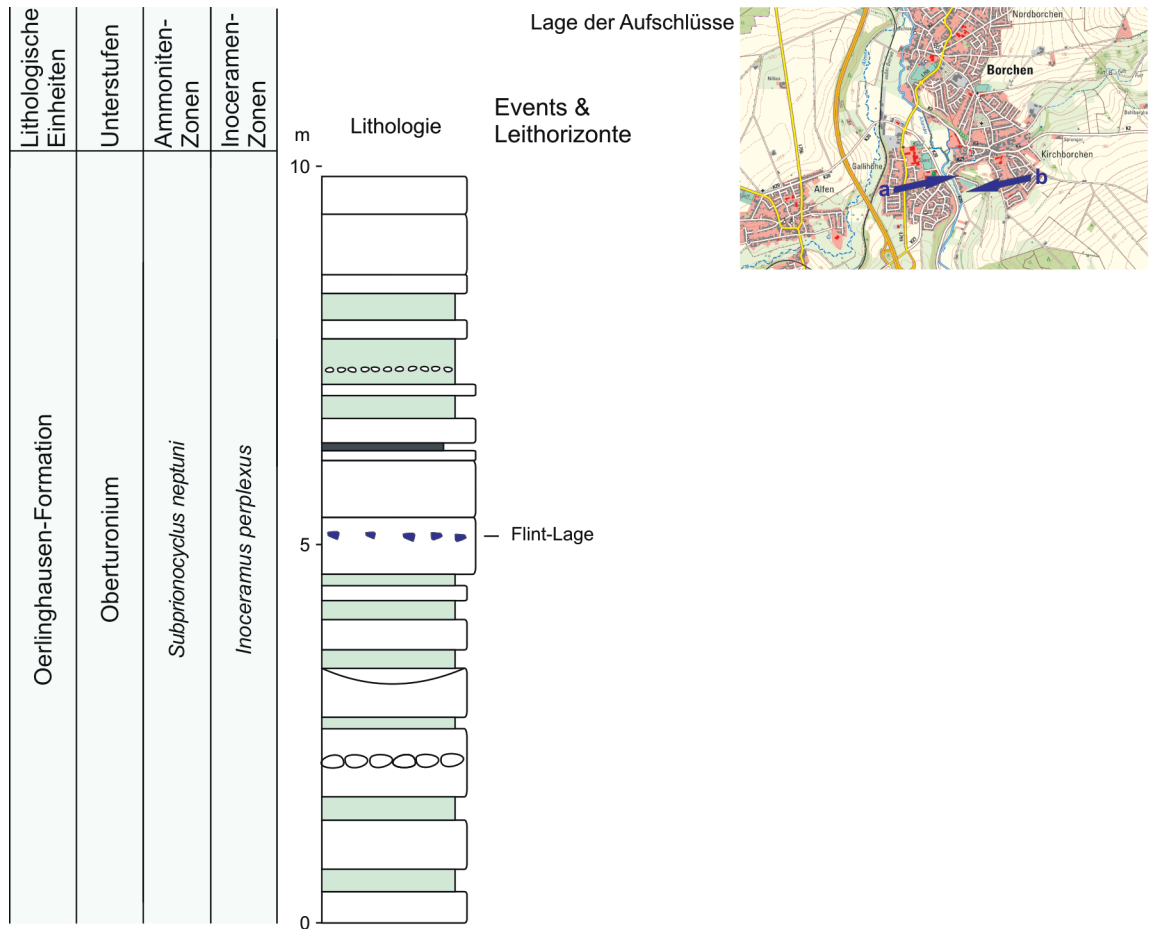


Abb. 51: Borchent-Kirchborchent, aufgelassener Steinbruch im Altenautal, Südhang Rauer Berg, TK 25 Blatt 4318 Borchent, Rechts 3481475, Hoch 5723770, NN + 160 m, Fossilaufsammlungen aus Sicherheitsgründen nicht möglich (Aufschluss 30).



Abb. 52: Borchent-Etteln, aufgelassener Steinbruch am Bohmweg beim Busunternehmen Suerland, TK 25 Blatt 4318 Borchent, Rechts 3483280, Hoch 5720815, 198 m, Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone (Aufschluss 31).



Abb. 53: Borchten-Etteln, Zur Kapelle, Schuppen- und Wegeaufschluss, TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3483530, Hoch 5722615, NN + 168 m, Oerlinghausen-Formation, *Collignonicerias woollgari*-Zone, *Inoceramus lamarcki*-Zone, **a** Mergellage MTeuto (Aufschluss 32).



Abb. 54: Borchten-Etteln, aufgelassener westlicher Wegesteinbruch am Sehtweg, TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3483910, Hoch 5722415, NN + 174 m, Oerlinghausen-Formation, obere *Collignonicerias woollgari*-Zone bis untere *Subprionocyclus neptuni*-Zone (Aufschluss 33).

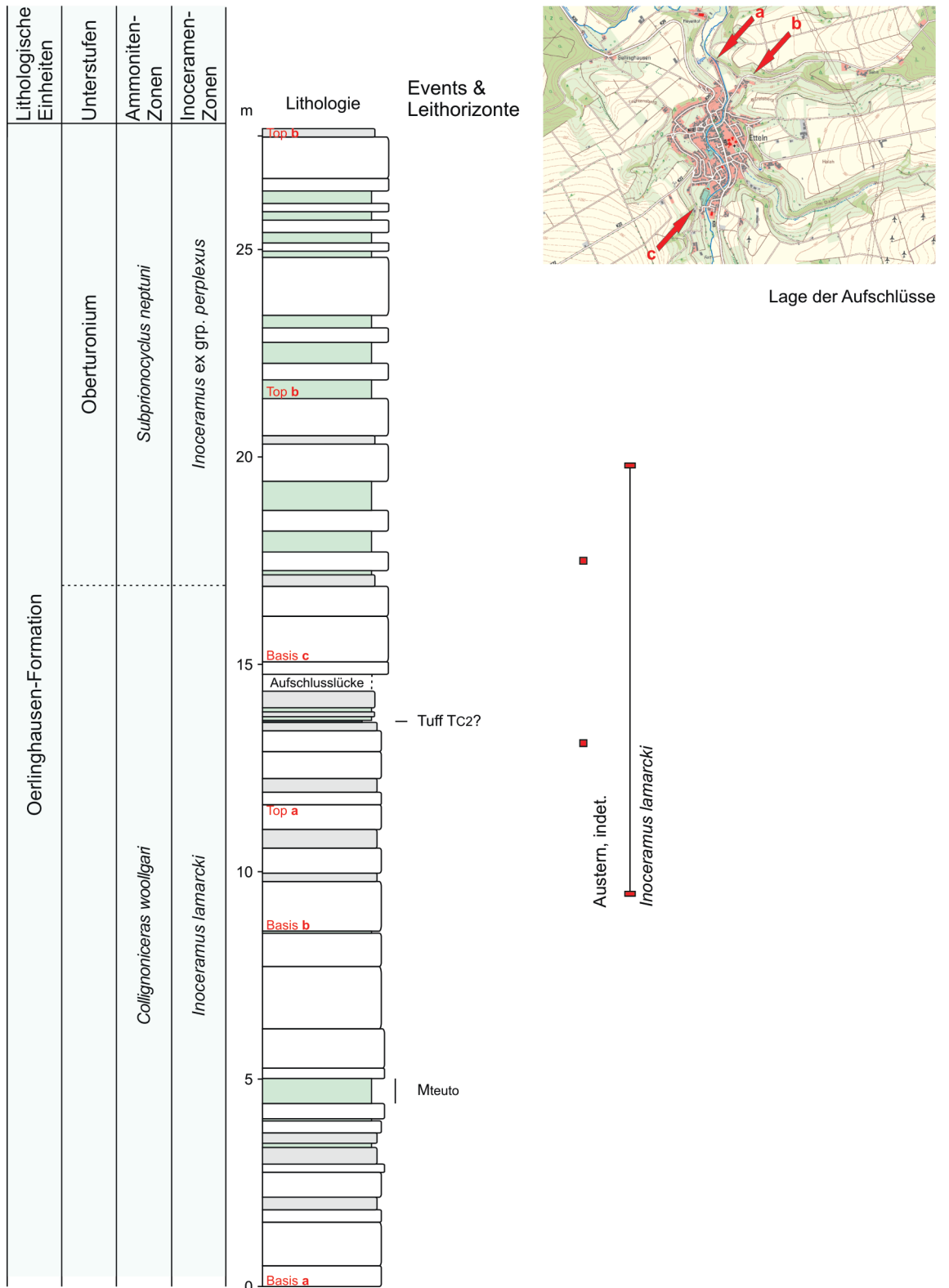


Abb. 55: Borchten-Etteln, Kombinationsprofil der Aufschlüsse **a** Zur Kapelle, Schuppen- und Wegeaufschluss, Rechts 3483530, Hoch 5722615, NN + 168 m (Aufschluss 32); **b** aufgelassener Wegesteinbruch am Sehtweg, Rechts 3483910, Hoch 5722415, NN + 174 m (Aufschluss 33); **c** aufgelassener Steinbruch am Bohmweg beim Busunternehmen Suerland, Rechts 3483280, Hoch 5720815, NN + 198 m (Aufschluss 31), alle TK 25 Blatt 4318 Borchten.



Abb. 58: Borchten-Etteln, Unterm Berg, TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3483830, Hoch 5721210, NN + 180 m, Oerlinghausen-Formation, *Collignoniceras woollgari*-Zone, *Inoceramus lamarcki*-Zone (nördlich Aufschluss 35).



Abb. 59: Borchten-Etteln, nördlicher Straßenaufschluss an der K 20, TK 25 Blatt 4318 Borchten, Rechts 3483650, Hoch 5720180, NN + 170 m, Oerlinghausen-Formation, *Collignoniceras woollgari*-Zone, *Inoceramus apicalis* & *cuvierii*-Zone (Aufschluss 36).

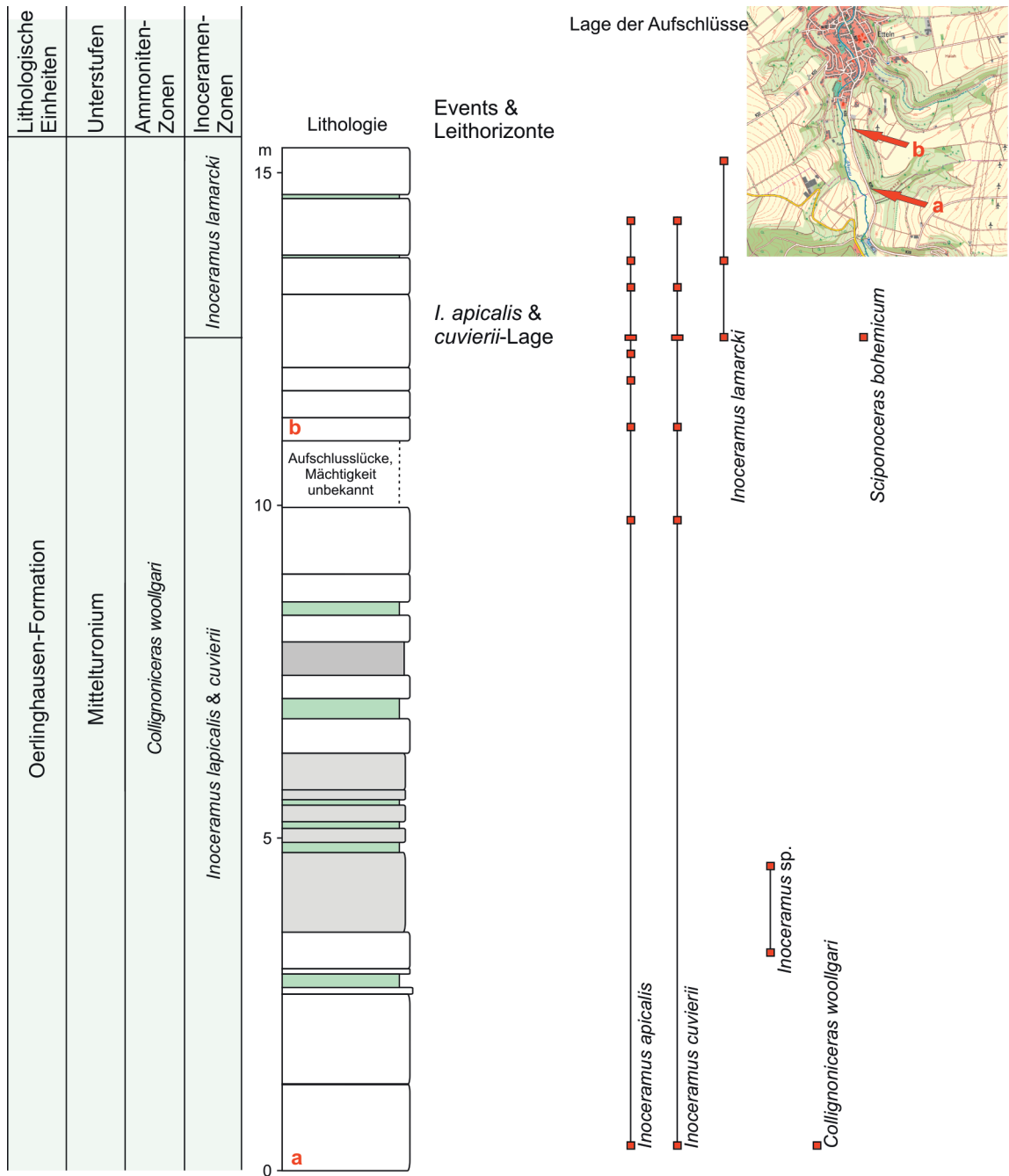


Abb. 60: Borchon-Etteln Straßenaufschlüsse an der K20 zwischen Borchon und Henglarn, TK 25 Blatt 4318 Borchon, **a** südlicher Straßenaufschluss Rechts 3483779, Hoch 5719814, NN + 174 m (Aufschluss 36), **b** nördlicher Straßenaufschluss Rechts 3483582, Hoch 5720639, NN + 180 m, beide TK 25 Blatt 4318 Borchon (Aufschluss 35).



Abb. 61: Lichtenau-Ebbinghausen 2, aufgelassener Steinbruch an der Ortbergstraße (K 1), 285 m südwestlich Seniorenresidenz Lichtenau, TK 25 Blatt 4319 Lichtenau, Rechts 3488475, Hoch 5721280, NN + 273 m, Oerlinghausen-Formation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone, (Aufschluss 38).



Abb. 62: Lichtenau-Ebbinghausen 3, Straßenböschung der Ortbergstraße (K 1) südöstlich Seniorenresidenz Lichtenau, TK 25 Blatt 4319 Lichtenau, Rechts 3488855, Hoch 5721340, NN + 238 m, Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignonicerias woollgarii*-Zone, (Aufschluss 39).



Abb. 63: Lichtenau-Husen, aufgelassener Steinbruch im Kurtental, Huser Holz, TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3489110, Hoch 5718885, NN + 253 m, Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignoniceras woollgari*-Zone (Aufschluss 40).

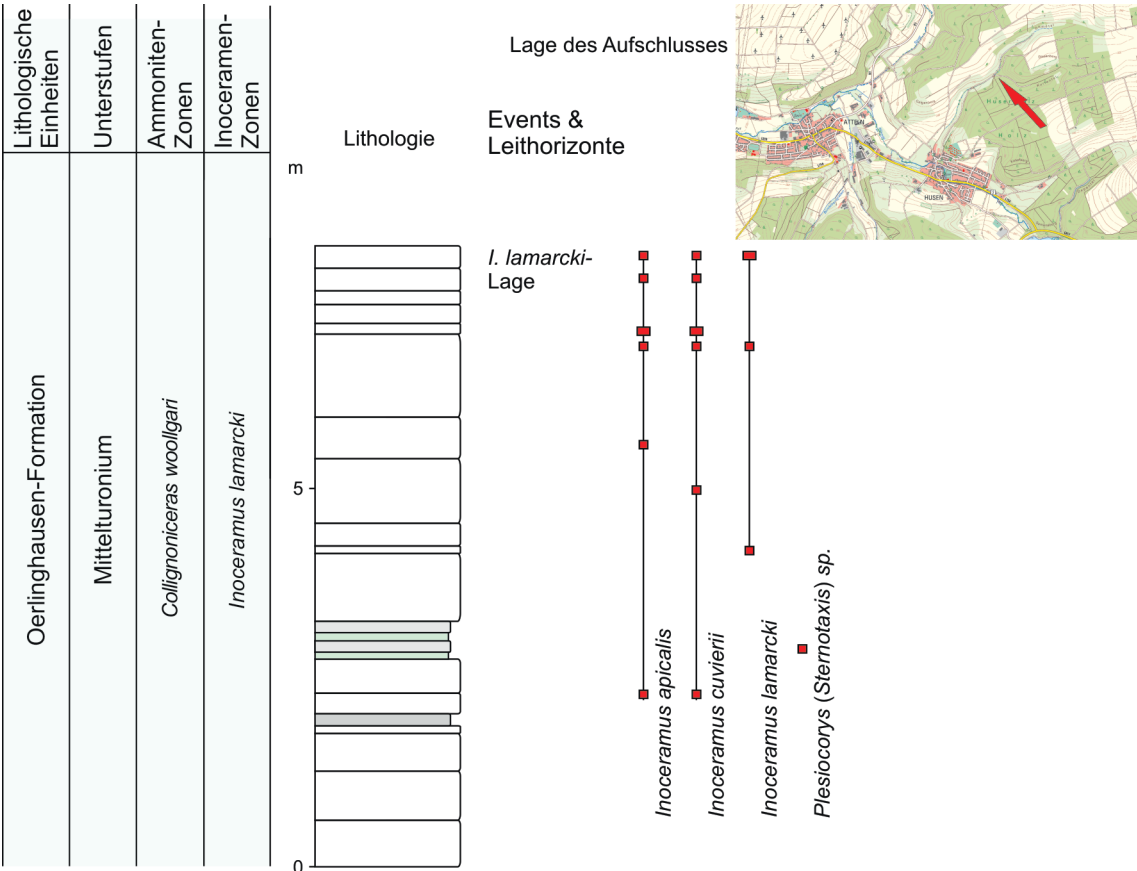


Abb. 64: Lichtenau-Husen, aufgelassener Steinbruch im Kurtental im Huser Holz, TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3489110, Hoch 5718885, NN + 253 m (Aufschluss 40).



Abb. 65: Lichtenau-Atteln, aufgelassener Steinbruch im Sauertal beim Hochwasserrückhaltebecken, TK 25 Blatt 4318 Borchon, Rechts 3487730, Hoch 5718910, NN + 241 m, Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignonicer* *woollgari*-Zone (Aufschluss 41).

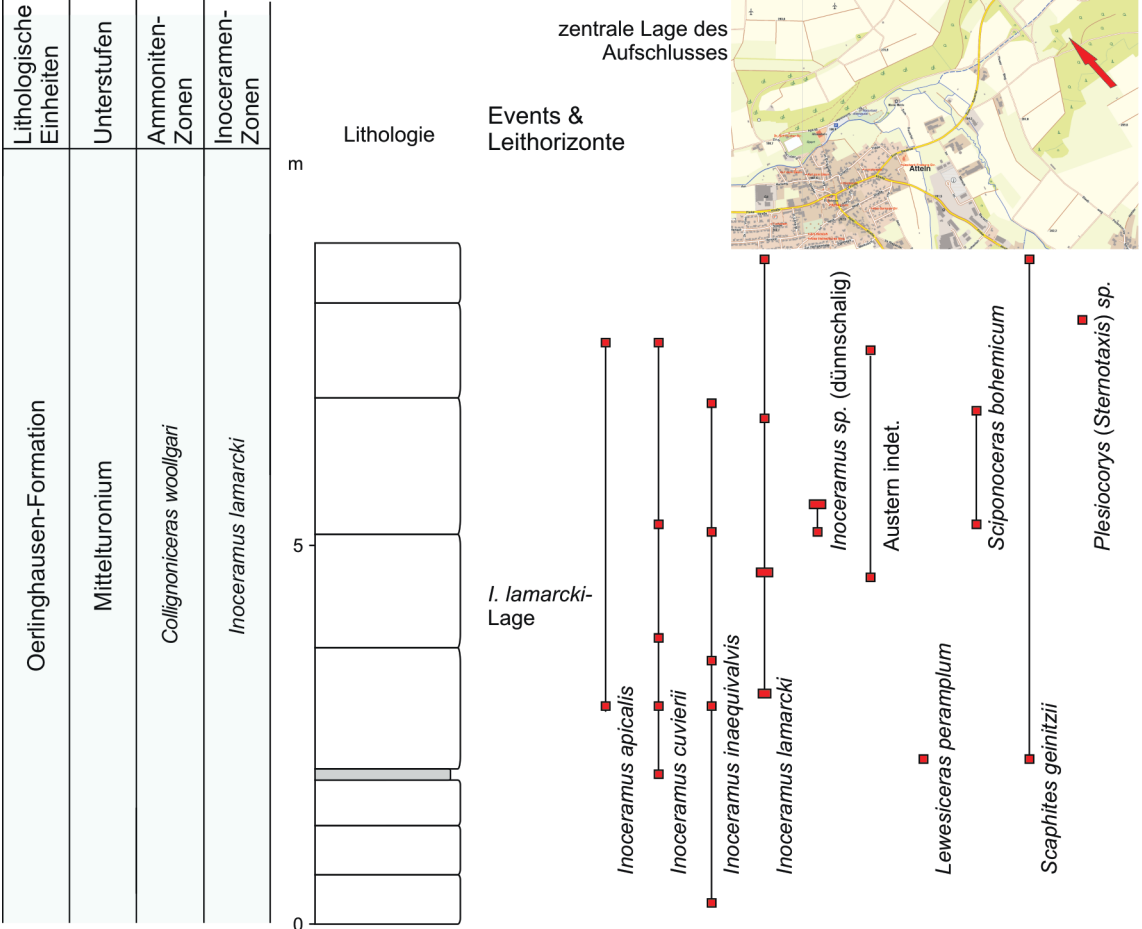


Abb. 66: Lichtenau-Atteln, aufgelassener Steinbruch im Sauertal beim Hochwasserrückhaltebecken, TK 25 Blatt 4318 Borchon, Rechts 3487730, Hoch 5718910, NN + 241 m (Aufschluss 41).



Abb. 67: Bad Wünnenberg-Haaren, aufgelassener Wegesteinbruch im Taubengrund an der Totengrundstraße, TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3482050, Hoch 5718000, NN + 270 m, Salder-Formation, **a** Werksteinbank der Soest-Grünsand-Subformation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone (Aufschluss 42).

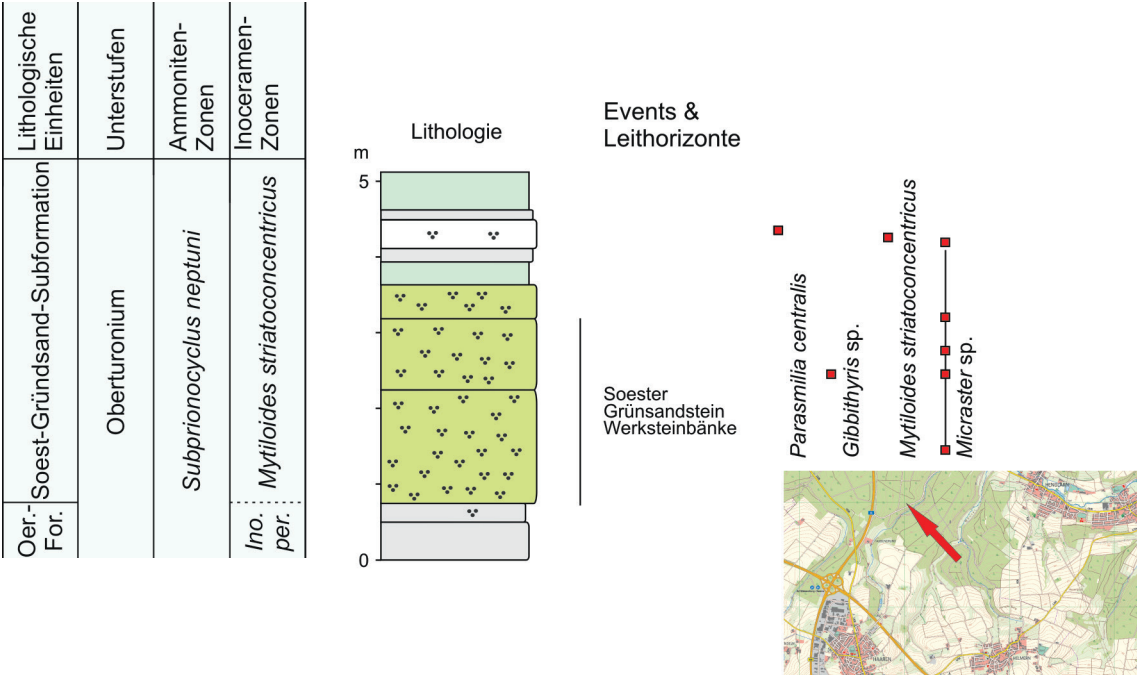


Abb. 68: Bad Wünnenberg-Haaren, aufgelassener Wegesteinbruch im Taubengrund an der Totengrundstraße, TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3482050, Hoch 5718000, NN + 270 m, Salder-Formation, Soest-Grünsand-Subformation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone (Aufschluss 42), Oer.-For. = Oerlinghausen-Formation, *Ino. per.* = *Inoceramus perplexus*.



Abb. 69: Lichtenau-Atteln, Plänerklippen, Riependahl, SW-Hang Blissenberg, TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3487270, Hoch 5716730, 265 m, Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignoniceras woollgari*-Zone (Aufschluss 43).

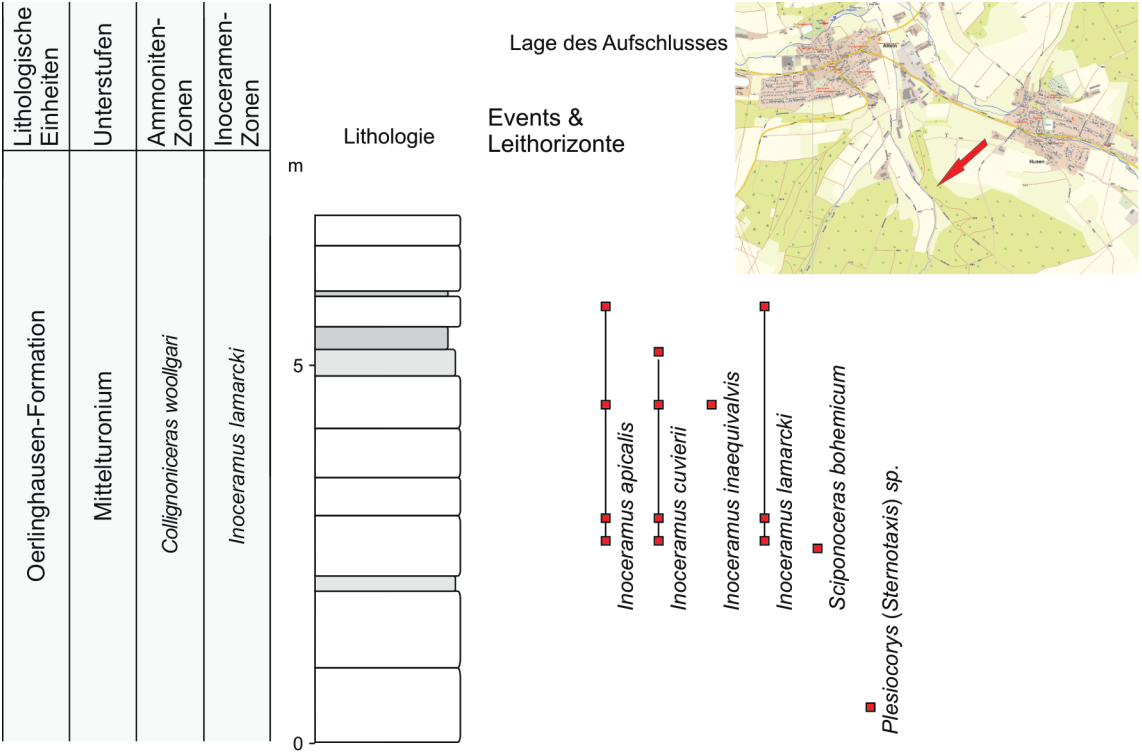


Abb. 70: Lichtenau-Atteln, Plänerklippen, Riependahl, SW-Hang Blissenberg, TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3487270, Hoch 5716730, NN + 265 m (Aufschluss 43).



Abb. 71: Bad Wünnenberg-Haaren, aufgelassener Steinbruch an der Wünnenberger Straße (L 751), TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3480715, Hoch 5713435, NN + 348 m, Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignonicerias woollgari*-Zone (Aufschluss 44).



Abb. 72: Bad Wünnenberg-Haaren, aufgelassener Steinbruch an der Fürstenberger Straße (L 751), TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg, Rechts 3480715, Hoch 5713435, NN + 348 m, Oerlinghausen-Formation, Mittelturonium, *Collignonicerias woollgari*-Zone (Aufschluss 45).

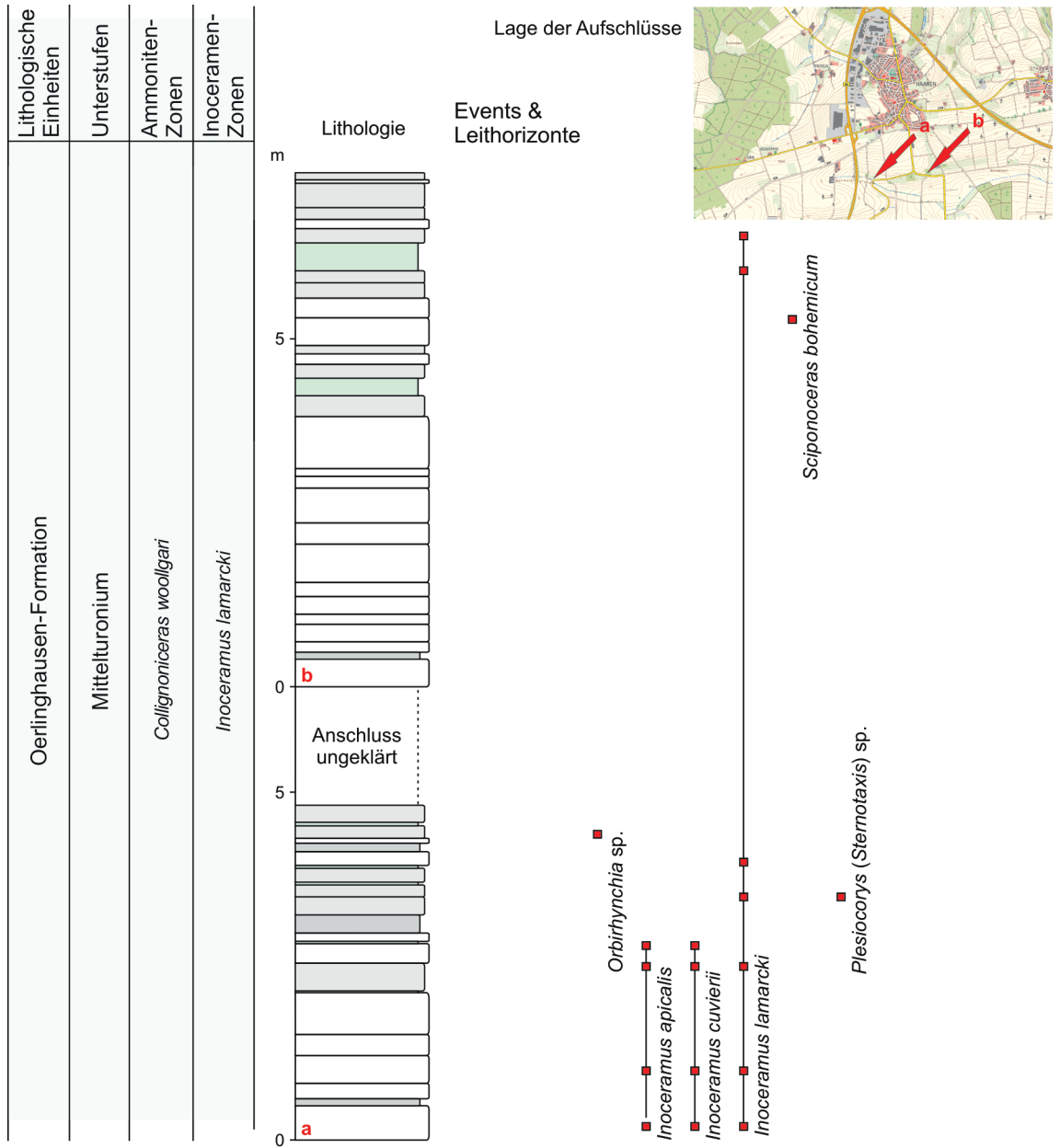


Abb. 73: Bad Wünnenberg-Haaren, **a** aufgelassener Steinbruch an der Wünnenberger Straße (L 751), Rechts 3480715, Hoch 5713435, NN + 348 m (Aufschluss 44), **b** aufgelassener Steinbruch an der Fürstenberger Straße, Rechts 3481597, Hoch 5713500, NN + 344 m, beide TK 25 Blatt 4418 Wünnenberg (Aufschluss 45).

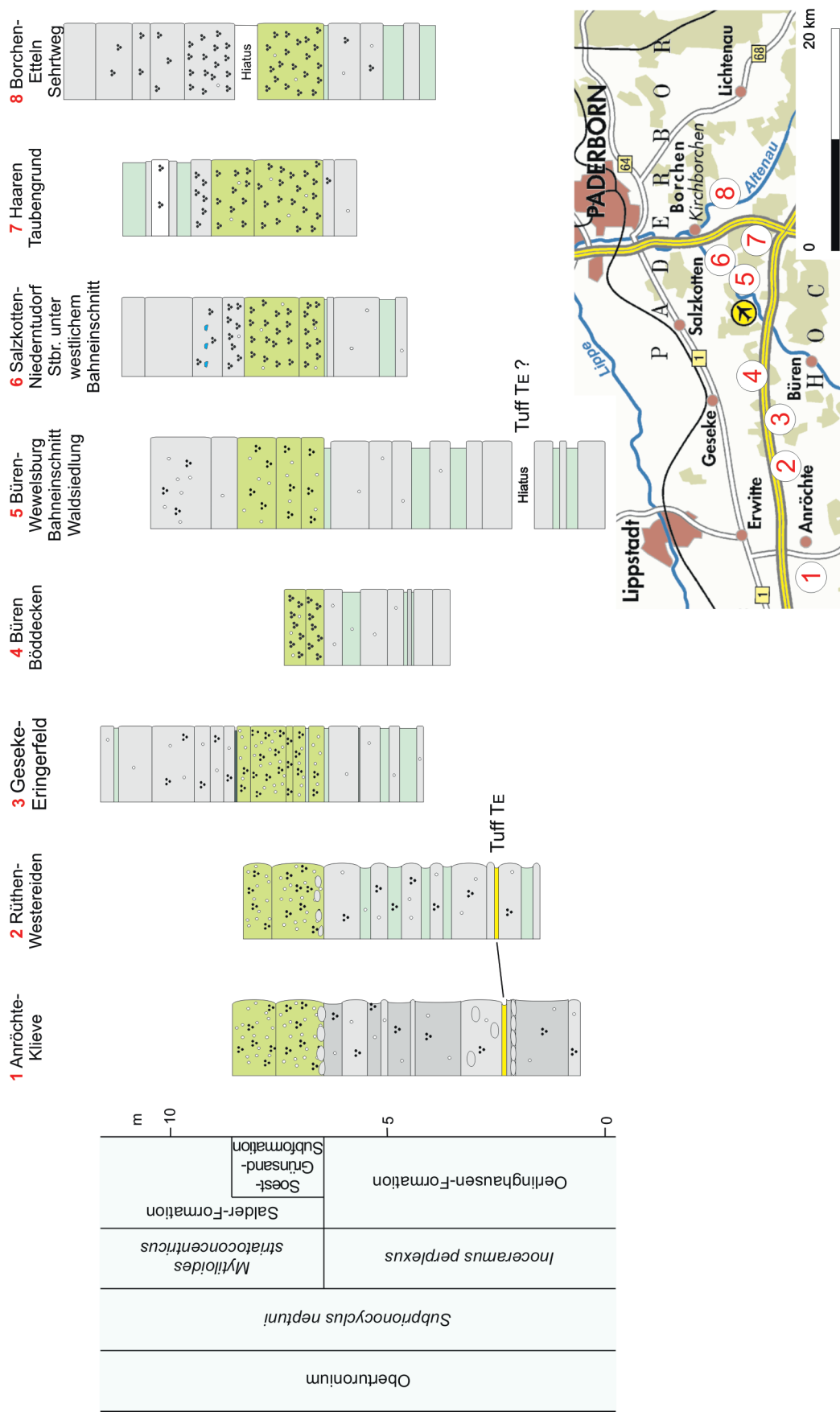
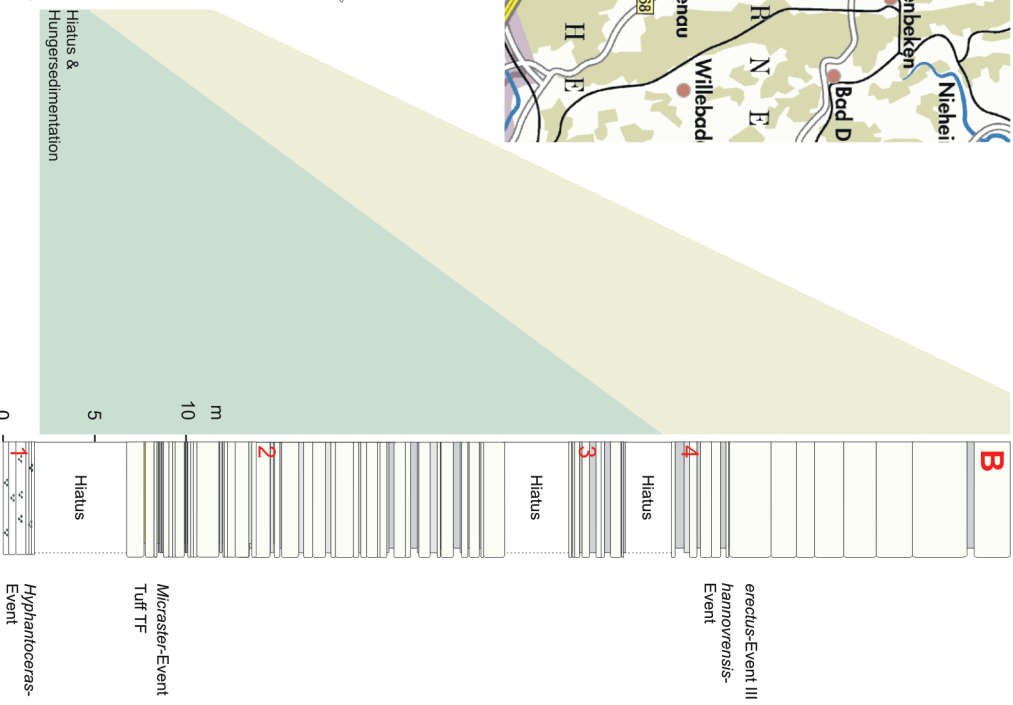
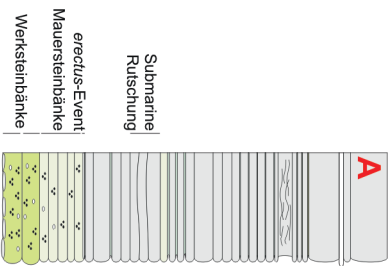


Abb. 74: Korrelation der Soest-Grünsand-Subformation zwischen Anröchte-Klieve und Haaren mit der liegenden Oerlinghausen-Formation und der hangenden der Salder-Formation östlich Westereiden, Anröchte-Klieve unter Soest-Grünsand-Subformation nach Unterlagen des Geologischen Dienstes NRW.



Soest-Grün-sand-Subfor.	Erwitte-Formation	
	Obere Plänerkalkstein-Einheit (Subformation)	
Ober-turon.	Unterconiacium	
	S. n.	M. s.
biostратigraphisch ungeklärt	ungegliedert, keine leitenden Ammoniten	ungegliedert, keine leitenden Inoceramen
	<i>Peroniceras subtricarinatum</i>	<i>Cremnoceramus deformis deformis</i>



<i>Mytiloides striatoconcentricus</i>	<i>Mytiloides scupini</i>	C. d. e.	<i>Cremnoceramus waltersdorf</i>	<i>Cremnoceramus crassus inconstans</i>
<i>Subprionocyclus neptuni</i>	<i>Prionocyclus germari</i>	ungegliedert, keine leitenden Ammoniten		<i>Forresteria petrocoriensis</i>
Oberturonium			Unterconiacium	
Salder-Formation	Grauweiße-Wechselfolge (Subformation)		Obere Plänerkalkstein-Einheit (Subformation)	
	Erwitte-Formation			

Abb. 75: Korrelation des Oberturoniums und Unterconiaciums des Raums Anröchte (A) mit dem Raum Borchsen - Schlangen (B). 1 Niedertudorf, östlicher Bahneinschnitt, 2 Kohlstadt, Steinbruch Weise, 3 Bad Lippspringe, Wegeaufschluss bei Forstgut Heimat, 4 Schlangen, aufgelassener Steinbruch am Hühnerberg (KAPLAN 2011b); S. n. = *Subprionocyclus neptuni*, C. d. e. = *Cremnoceramus deformis erectus*; M. s. = *Mytiloides striatoconcentricus*.

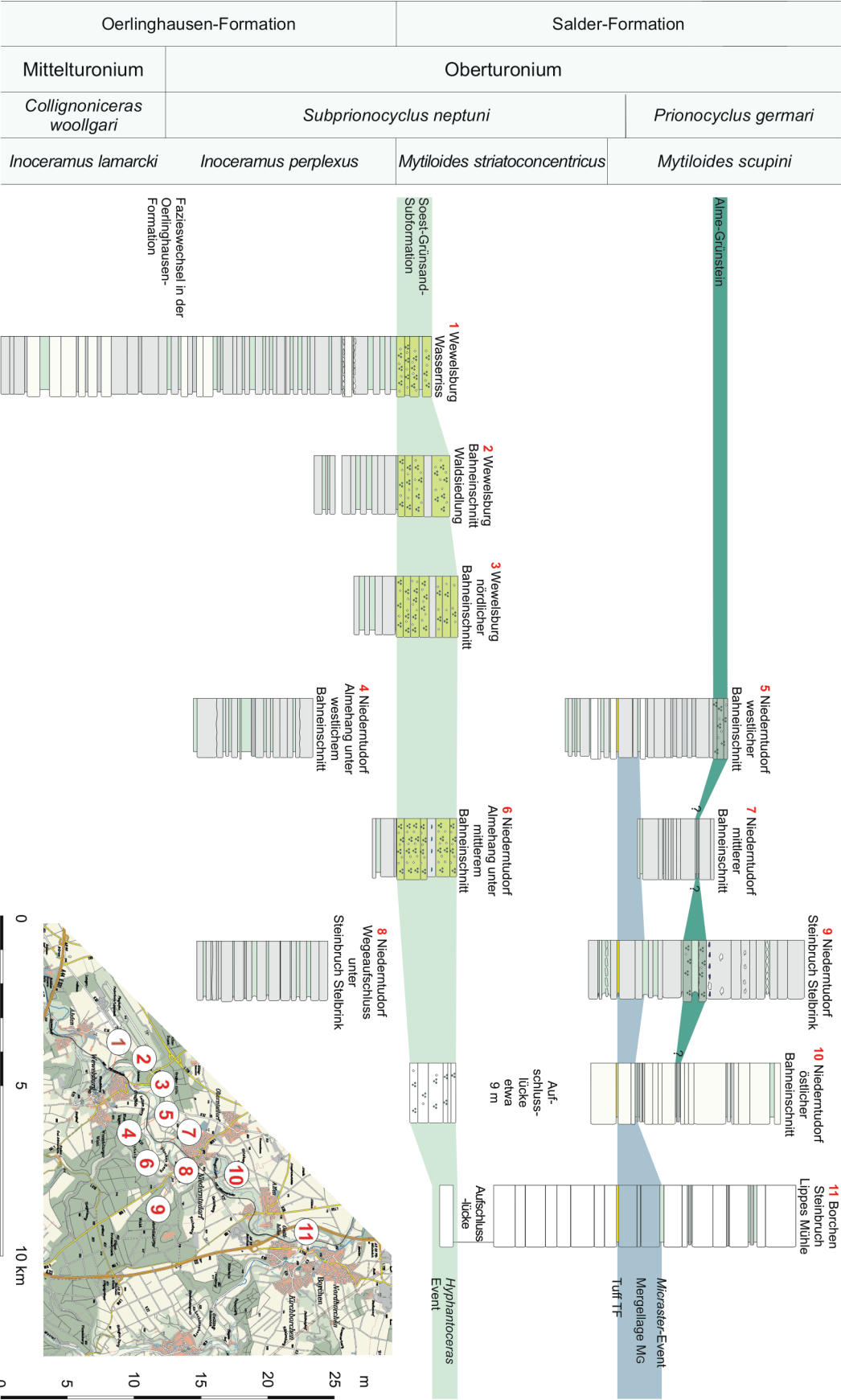


Abb. 76: Korrelation der Aufschlüsse im Turonium bei Wewelsburg und Niedertudorf.

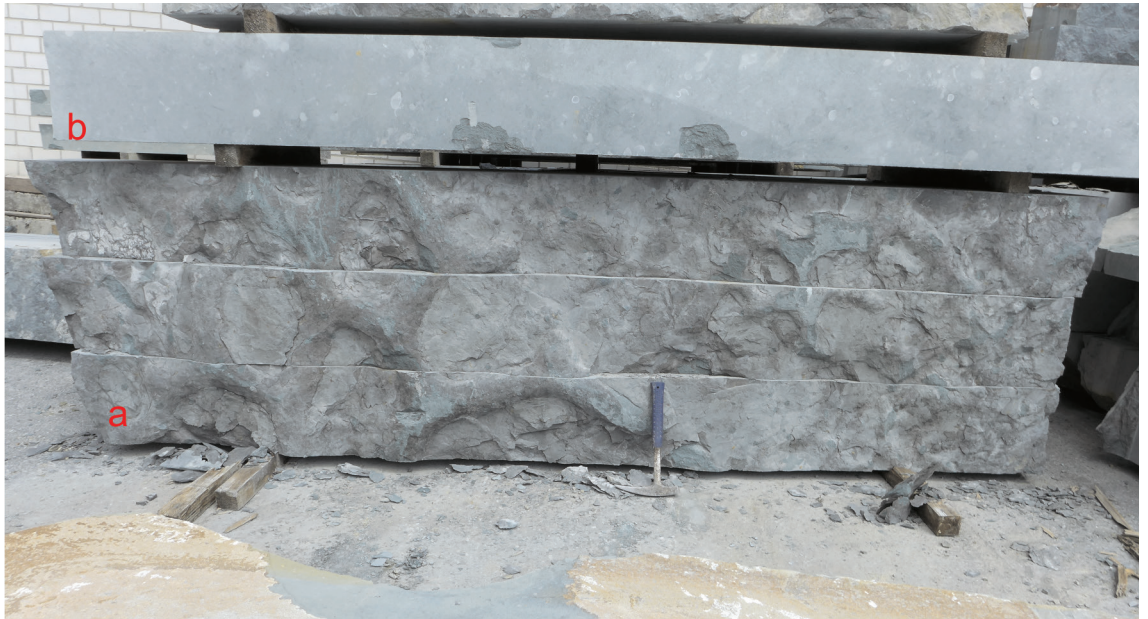


Abb. 77: Anröchte-Klieve, Natursteinwerk Rinsche GmbH, **a** Basis der unteren, grünen Werksteinbank mit armdicken Grabgängen von *Thalassinoides* sp., Soest-Grünsand-Subformation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone, **b** grüne Werksteinbank waagrecht zum Lager geschnitten mit charakteristischem Fossilinhalt.

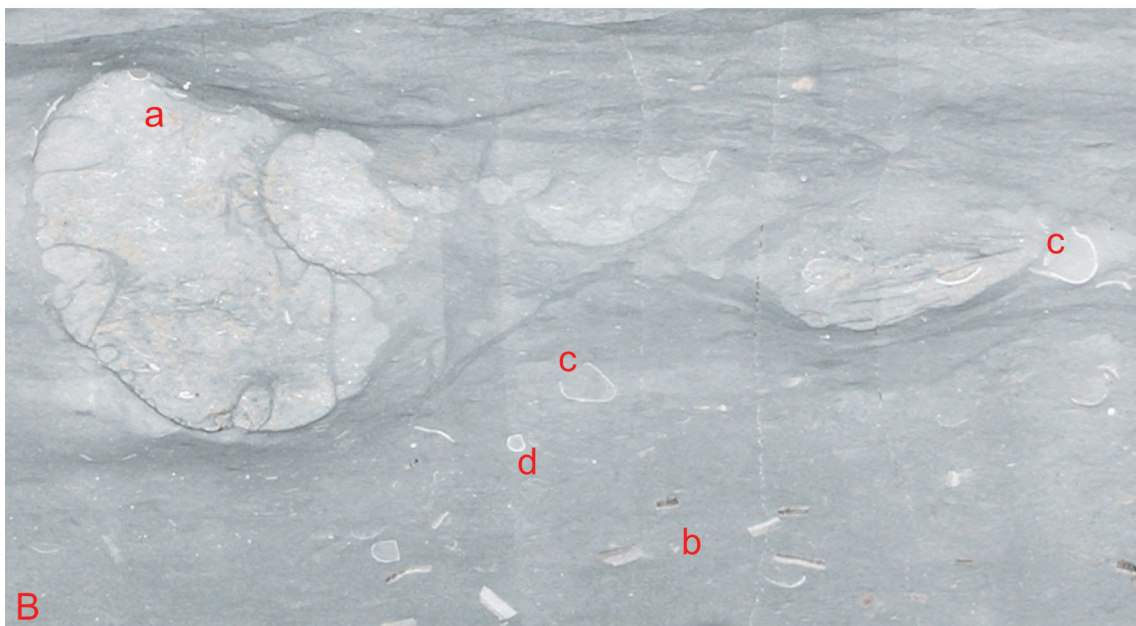
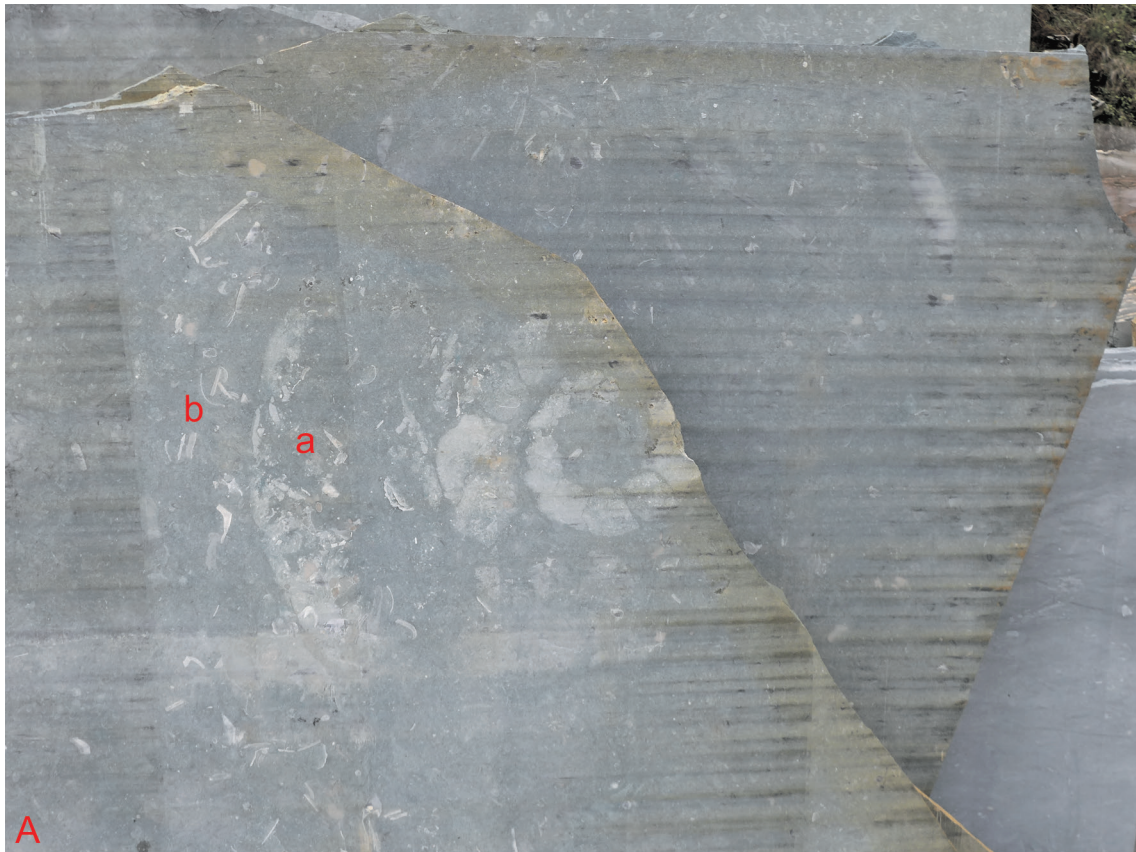


Abb. 78: Anröchte-Kliewe, Natursteinwerk Rinsche GmbH, **a** Querschnitte desmoceratider Großammoniten in der grünen Werksteinbank der Soest-Grünsand-Subformation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone, **A** waagrecht zum Lager geschnitten. **B** senkrecht zum Lager geschnitten, größter Durchmesser 72 cm, **b** Schalenfragmente großwüchsiger *Inoceramus* ex grp. *lamarcki stuemcke* / *hercules*, **c** Querschnitte *Micraster* sp., **d** Querschnitt Brachiopode.

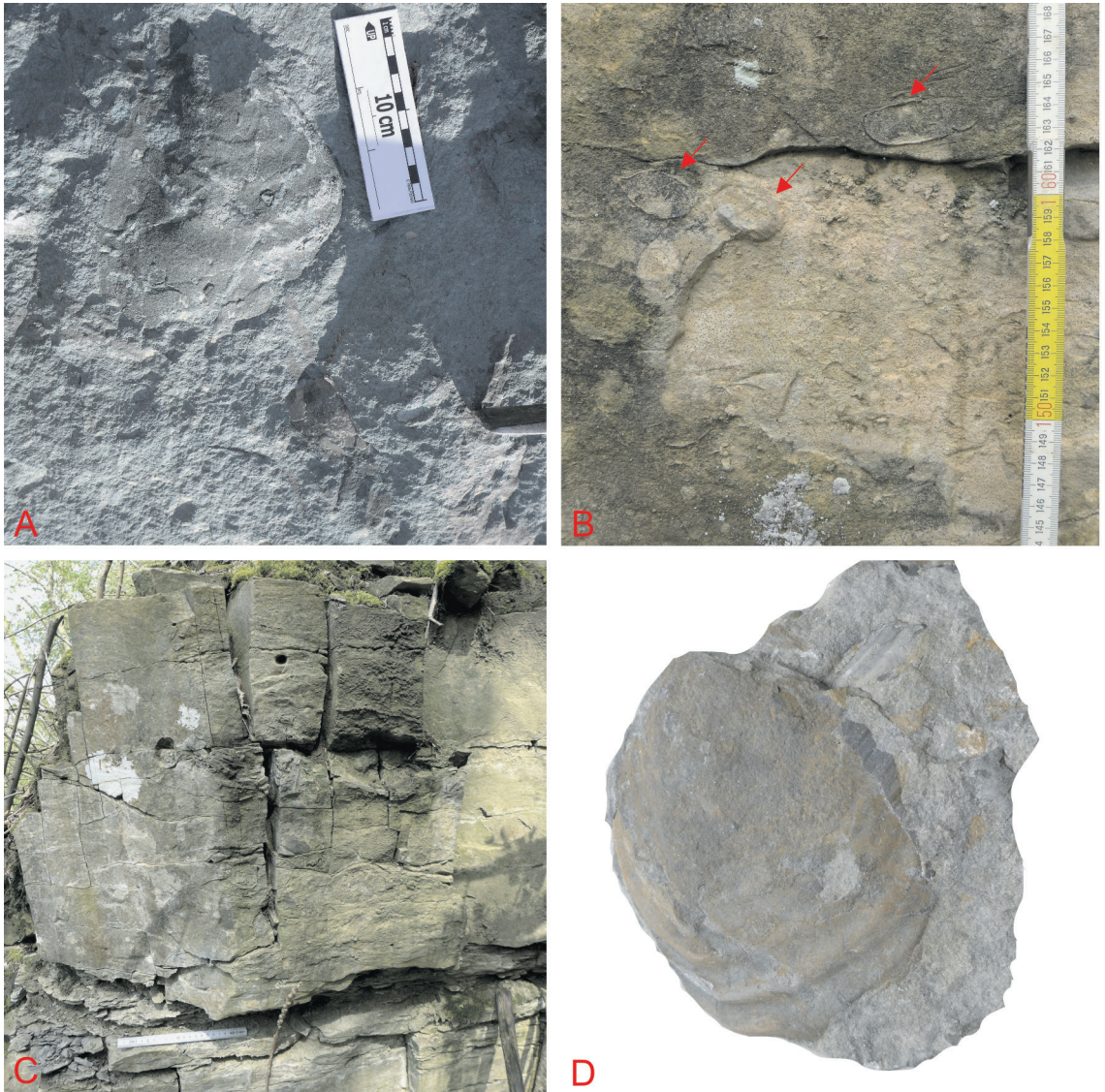


Abb. 79: **A** *Inoceramus* ex grp. *lamarcki stuemcke* / *hercules*, Unterseite untere, grüne Werksteinbank der Soest-Grünsand-Subformation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone, Anröchte-Kliewe, Natursteinwerk Rinsche GmbH; **B** *Micraster* sp., Gehäusequerschnitte, Soest-Grünsand-Subformation, Oberturonium, *Subprionocyclus neptuni*-Zone, Büren-Böddecken, aufgelassener Steinbruch östlich vom Gut an der L 751; **C** Alme-Grünstein, Salder-Formation, Oberturonium, *Prionocyclus germari*-Zone, Salzkotten-Niederntudorf, westlicher Bahneinschnitt, **a** *Micraster* sp., **b** *Inoceramus* ex grp. *lamarcki stuemcke* / *hercules*; **D** *Cremnoceramus deformis erectus*, 2,45 m über Top blauer, oberer Werksteinbank, Basis Erwitte-Formation, Unterconiacium, *C. d. erectus*-Zone, Anröchte-Kliewe, Steinbruch Natursteinwerk Rinsche GmbH, x 0,7, LWL-Museum für Naturkunde P64055.

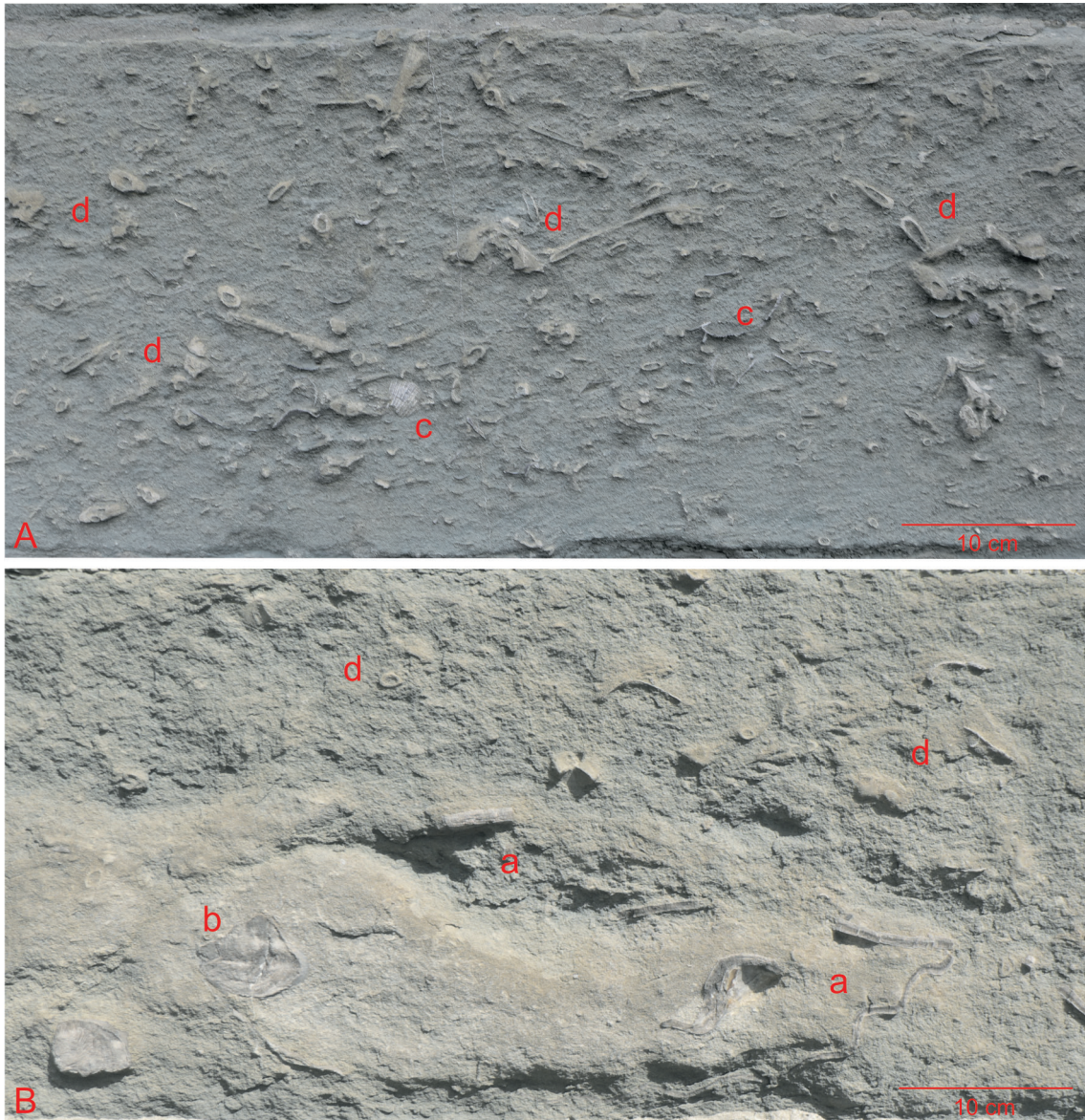


Abb. 80: Herausgewitterte Fossilien der Soest-Grünsand-Subformation in Mauerwerken historischer Gebäude in Soest. **A** St. Patrokli-Kirche, Nordseite, **B** St. Nikolai-Kapelle, Südseite, **a** Schalenfragmente großwüchsiger Inoceramen ex grp. *Inoceramus lamarcki stuemckeii* / *hercules*, **b** *Micraster* sp., **c** Schalenfragment *Spondylus spinosus*, **d** Poriferen-Reste.

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.

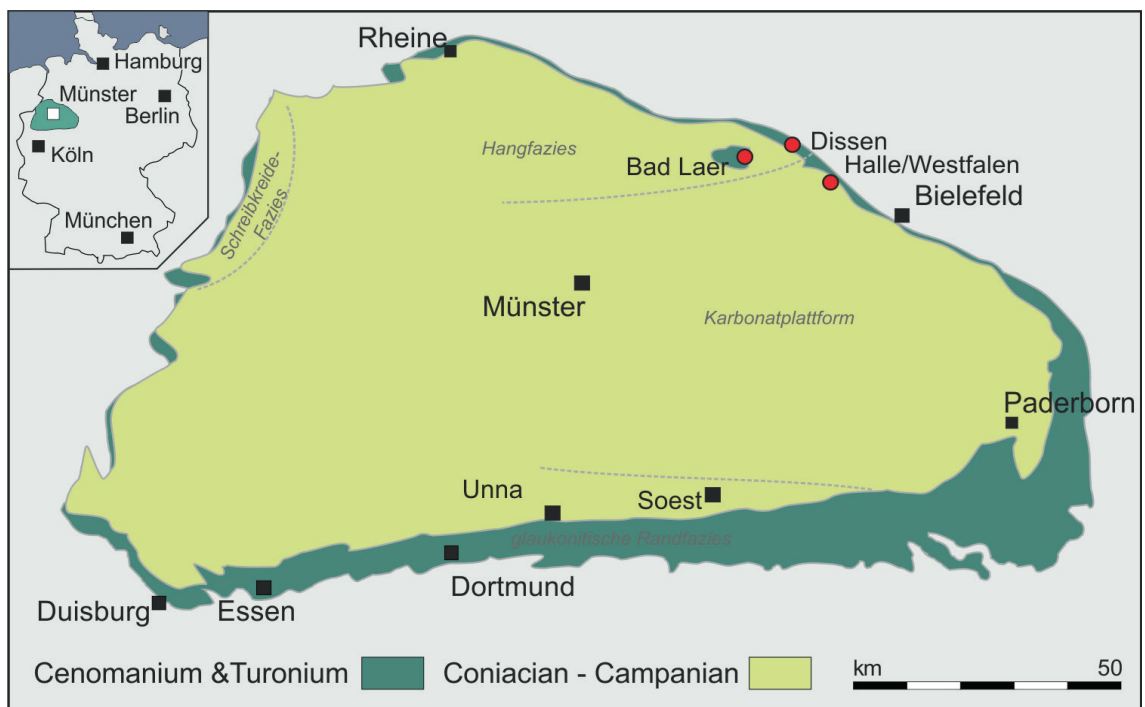


Abb. 1: Geologischer Überblick Münsterländer Kreidebeckens und Lage der drei untersuchten Aufschlüsse (Halle, Westfalen – Dissen – Bad Laer).

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.

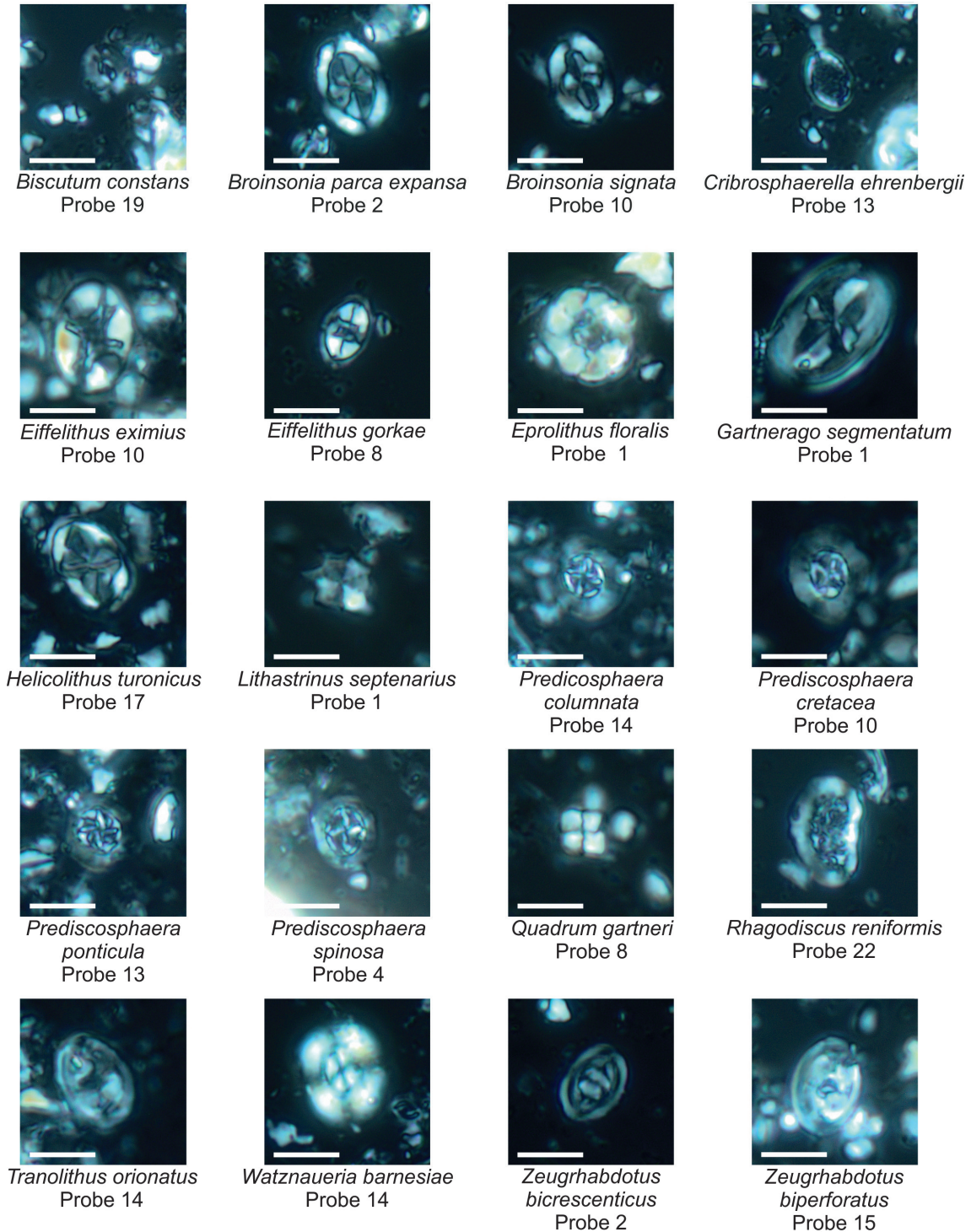


Abb. 2: Lichtmikroskopische Aufnahmen der wichtigsten Nannofossilien-Arten aus den oberturonen Proben von Halle (Westfalen), Dissen und Bad Laer mit Nennung der Probe, aus dem die jeweiligen Aufnahmen stammen. Der Maßbalken entspricht 5 µm.

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.

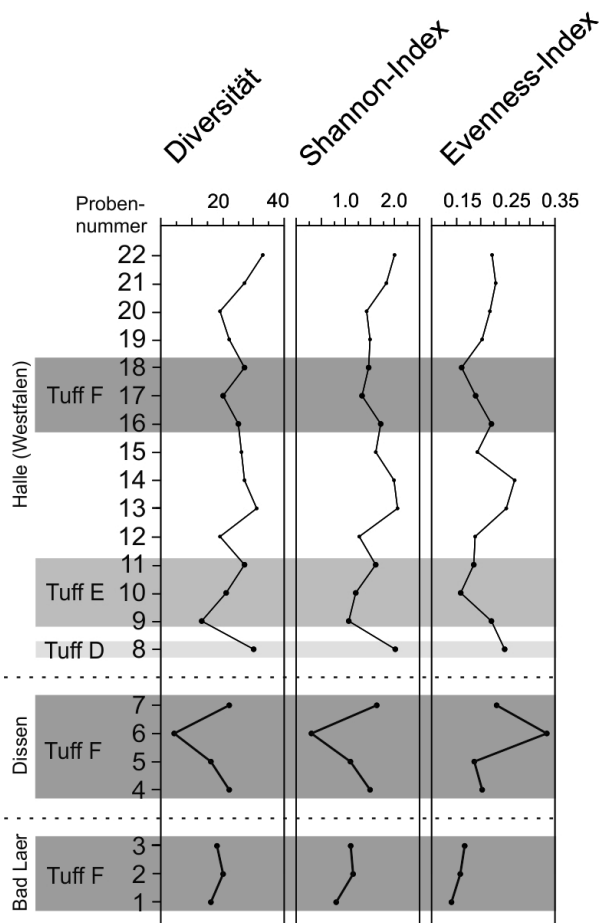


Abb. 3:
Ergebnisse der Biodiversitätsanalyse aller 22 Proben mit Nannofossilien (Nummern 1 bis 22) mit Diversität (Anzahl der Arten pro Probe), Shannon-Index und Evenness-Index. Große Datenpunkte markieren Tuff-Proben.

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 *Zeugrhabdotus 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.

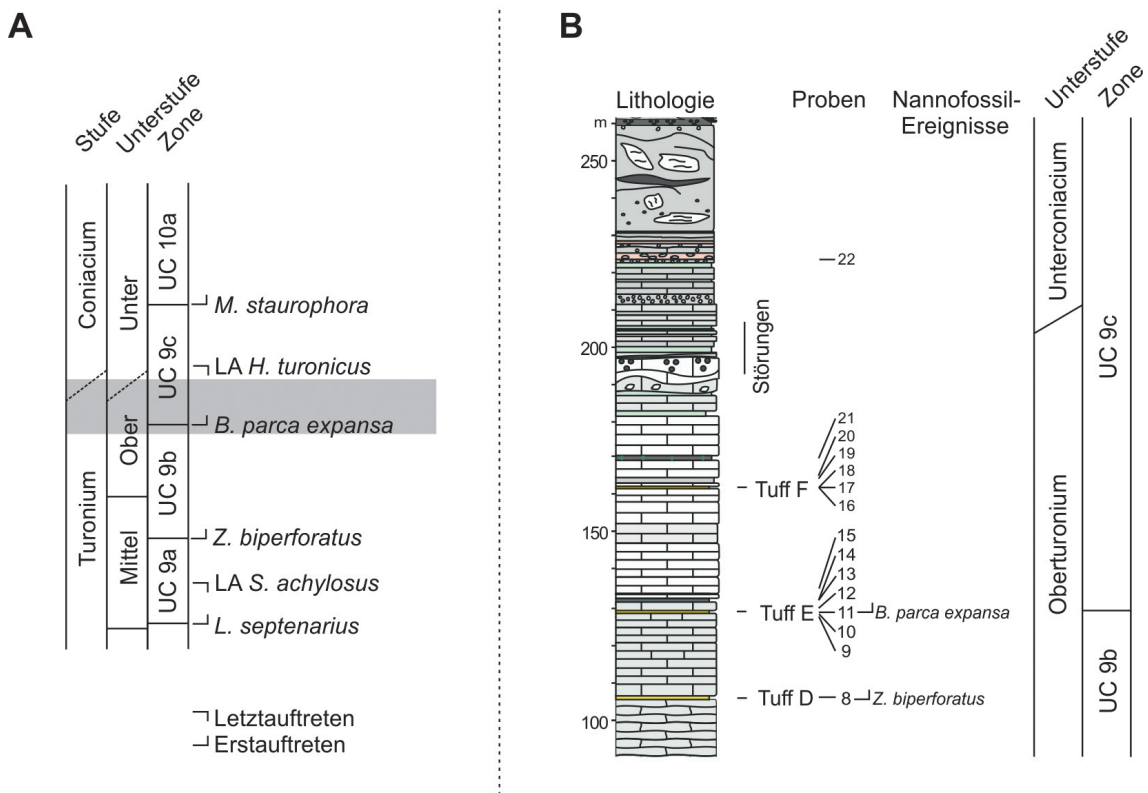


Abb. 4: (A) Zusammenfassung der Nannofossil-Biostratigraphie des Turonium-Coniacium-Grenzbereichs (BURNETT, 1998; LEES, 2008) und (B) Resultate der biostratigraphischen Analyse der Proben aus Halle (Westfalen), modifiziert nach KAPLAN (2011). Grauer Bereich markiert das untersuchte Profilstück.

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 ausstirbt. 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. biperforatus*, *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 vereinzelt 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 %, *Erolithus 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 Zählraten aller Arten, die Durchschnittshäufigkeiten von mehr als 0,5 % erreichen, dargestellt.

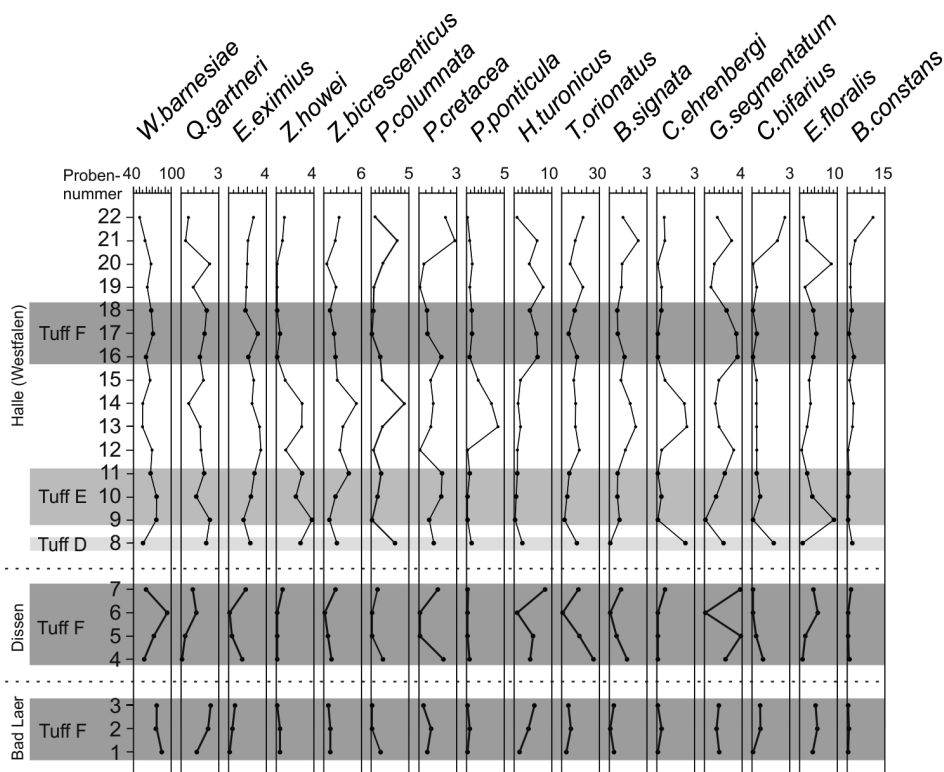


Abb. 5: Relative Häufigkeitsverteilung (in %) aller Arten, die im Schnitt mehr als 0,5 % der Vergesellschaftung ausmachen. Alle Grafiken beginnen bei 0, falls nicht anders angegeben. Große Datenpunkte markieren Tuff-Proben.

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.

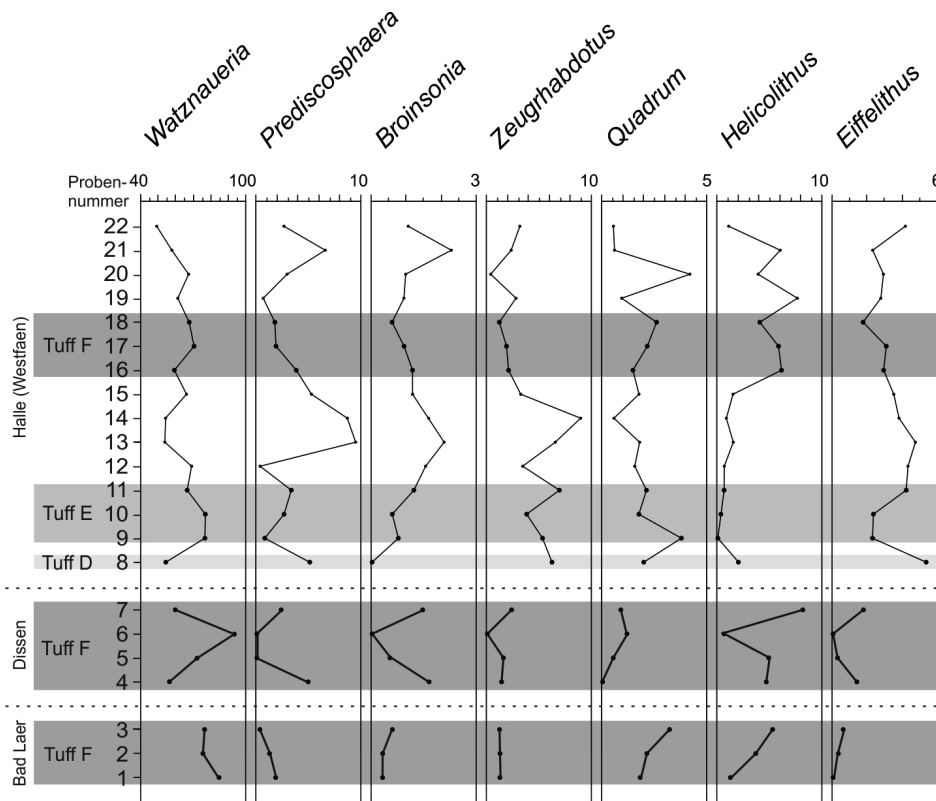


Abb. 6: Relative Häufigkeitsverteilung (in %) der häufigsten Gattungen. Alle Grafiken beginnen bei 0, falls nicht anders angegeben. Große Datenpunkte markieren Tuff-Proben.

Die Nannofossil-Vergesellschaftungen der Tuffe D und E ähneln sich stark, während Tuff F eine andere Zusammensetzung aufweist. Die erhöhte Häufigkeit von *Zeughrabdotus* 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 *Zeughrabdotus* 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 *Zeughrabdotus* und es kann spekuliert werden, ob diese Gattung unter verstärktem Nährstoffeintrag weniger konkurrenzfähig ist.

Neben *Zeughrabdotus* 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 *Zeughrabdotus* zu finden sind und gar nicht oder nur bedingt in denen von *Prediscosphaera* und *Broinsonia*, kann darauf hindeuten, dass *Zeughrabdotus* 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.

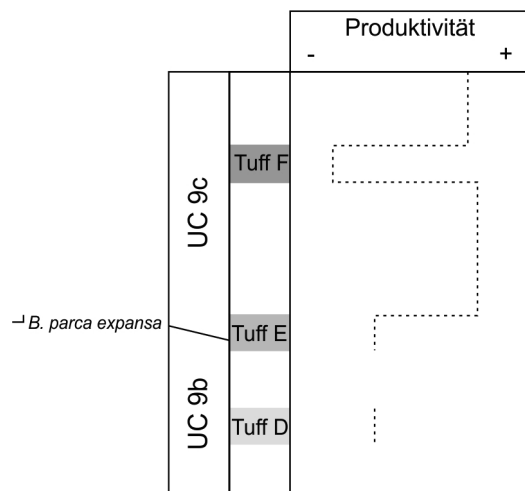


Abb. 7:
Schematische Darstellung der Produktivitätsveränderungen basierend auf Nannofossil-Vergesellschaftungen.

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. tunicus* 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, weniger häufig 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
Predicosphaera 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 bicuspidatus (STOVER, 1966) BURNETT, 1996
Zeugrhabdotus biperforatus (GARTNER, 1968) BURNETT, 1997
Zeugrhabdotus howei BOWN, 2000

Gattungen:

Broinsonia BUKRY, 1969
Eiffelithus REINHARDT, 1965
Helicolithus NOEL, 1971
Predicosphaera 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 Nadbrzeżna 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 Nadbrzeżna 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. surirella</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. tunicus</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									

Geol. Paläont. Westf.	87	S. 93 - 117	2 Abb. 4 Taf.	Münster November 2015
--------------------------	----	-------------	------------------	--------------------------

Nachweise von Pterosauriern aus einer unterkreidezeitlichen Karstfüllung im nördlichen Sauerland (Rheinisches Schiefergebirge, Deutschland)

Klaus Peter Lanser*

Kurzfassung

Zähne von Pterosauriern aus einer unterkretazischen Karstfüllung im devonischen Massenkalk, nahe der Ortschaft Balve am Nordrand des Rheinischen Schiefergebirges, Deutschland werden beschrieben. Eine über mehrere Jahre durchgeführte paläontologische Grabung hat eine vielfältige Fauna geliefert, neben Resten von Fischen, darunter Haie, vor allem Amphibien, Eidechsen, Schildkröten, Krokodile, Dinosaurier, darunter Saurischier und Ornithischier und verschiedene Säugetiergruppen. Von besonderem Interesse sind Nachweise von Pterosaurierzähnen die mit gleichartigen Funden aus anderen Regionen verglichen wurden. Basierend auf diese Analysen ergab sich eine Zugehörigkeit der vorliegenden Pterosaurierzähne zu der Gruppe der ornithocheiroiden Pterosaurier. Ein Vergleich der Morphologie der vorgefundenen Pterosaurierzähne mit Zähnen aus anderen Fundstellen gleichen Alters zeigt Übereinstimmungen und Unterschiede.

Abstract

This paper describes pterosaur teeth from a Lower Cretaceous karst filling in Devonian reef limestone (Massenkalk) located near the village of Balve on the northern margin of the Rhenish Massif, Germany. A palaeontological excavation over several years yielded remains of various animal groups, including sharks, amphibians, lizards, turtles, crocodiles, dinosaurs, including saurischians and ornithischians, and miscellaneous mammals. Of particular interest is an ensemble of pterosaur teeth, which has been compared to similar finds from other regions. Based on these analyses, the pterosaur teeth from the Balve excavation can be assigned to the group of ornithocheiroid Pterosaurs. A morphological comparison of the pterosaur teeth to finds from other fossil localities of similar age shows clear similarities, but also some differences.

Anschrift des Verfassers:

* LWL-Museum für Naturkunde, Sentruper Str. 285, 48161 Münster; email: peter.lanser@lwl.org

Einführung

Zu den wenigen Fundstellen mit fossilführenden terrestrischen Sedimenten aus der Zeit der Unterkreide gehört eine Verkarstung im devonischen Massenkalk des nördlichen Sauerlandes, in der Nähe des Hönnetals bei Balve in Nordrhein-Westfalen. Hier treten in einer schachtartigen Struktur auf der mittleren Sohle eines Steinbruchbetriebes tonige Sedimente auf, in denen sich verhältnismäßig häufig Nachweise einer vielfältigen Flora und Fauna befinden. Aufgrund der paläobotanischen Untersuchungen von U. Heimhofer wurde die Fundstelle in den Zeitraum vom mittleren Barrême bis Unterapt gestellt (Lanser & Heimhofer, 2015).

Die Fauna wird dominiert durch Reste von Fischen, Amphibien, verschiedenen Reptilgruppen, darunter Schildkröten und Krokodile. Dinosaurier sind durch Saurischier vertreten, darunter verschiedene Gruppen von Theropoden- diese wurden in Lanser & Heimhofer, 2015 vorgestellt, und sehr seltenen Nachweisen von Sauropoden, sowie viel häufigeren Resten von Ornithischiern, darunter überwiegend Ornithomiden, zumeist Iguanodonten. Zu den selteneren Funden zählen Nachweise von verschiedenen Säugetiergruppen, sowie von Pterosauriern. Eine sehr diverse Fauna, die jedoch nur in vereinzelten Zähnen, oder meist beschädigten Knochen vorliegt. Vollständigere, oder zusammenhängende Skelettelemente fehlen bislang.

Insbesondere die Reste der Pterosaurier sind, obwohl sie bislang fast nur in Form von Einzelzähnen vorliegen, von großem Interesse, da Funde dieser Art aus der näheren und weiteren Umgebung der Region bislang noch nicht beschrieben worden sind.

Geologischer Rahmen

Die Fundstelle befindet sich im Bereich des mittel- bis oberdevonischen Massenkalkzuges, der im Bereich von Hagen-Iserlohn-Balve in der tektonischen Einheit des nach Nord-Osten abtauchenden Remscheid-Altenaer Sattels anstehend ist. Der Massenkalkzug bildet hier eine hochtalartige Ebene, die sich von Balve nach Norden bis Eisborn und von dort in west-süd-westlicher Richtung bis Iserlohn hinzieht. Diese bemerkenswerte Landschaftsform verdankt ihre Entstehung der geringen Widerstandskraft des Massenkalkes gegen mechanische und vor allem chemische Verwitterung gegenüber den Nachbargesteinen (Fuchs, 1911).

Der Massenkalk ist durchsetzt mit Verkarstungen, die teilweise an der Wende Jura-Kreide, sowie auch früher und vor allem auch später entstanden sind. In seinen Erläuterungen zu Blatt Balve erwähnt Paeckelmann (1938) auf der Rumpffläche des Massenkalkes hellgraue Tone mit einer Mächtigkeit von über 5 m, die teilweise mit gebleichten Lyditen verknüpft sind. Im Bereich des Hönnetals erfüllen diese Tone „tiefe Schlotten und Dolinen des Massenkalks“. Die Bildung dieser Tone wurde von Paeckelmann (1938) mit einer präoligozänen, „vermutlich eozänen“ Verwitterung in Verbindung gebracht.

Von Wirth (1964) wurde eine Verkarstung beschrieben, in deren Füllung sich eine unterkretazische Pflanzenführung fluviatil-terrestrischen Ursprungs befand. Die Fundstelle lag im Bereich des großen Steinbruchs bei Asbeck der Rheinkalk GmbH, nur wenige Kilometer nördlich der aktuellen Fundstelle. Später, ebenfalls aus dem Steinbruch bei Asbeck, wurde von Wirth (1970) eine Karstfüllung mit einer pliozänen Pollenführung beschrieben. Auch aus diesem Steinbruch liegt von Richter et al. (2014) die Beschreibung einer Siltserie aus einem Karsthohlraum mit miozäner Pollenführung vor. Die geschilderten Vorkommen von Karstfüllungen unterschiedlichen Alters auf engem Raum, in Verbindung mit der hier zu beschreibenden Fundstelle, mit ihrer reichen und heterogenen Floren- und Faunenführung, lassen erkennen, dass die Erforschung der Verkarstungserscheinungen des Massenkalkes, sowie jeglicher anderer verkarstungsfähiger Kalkformationen, als wichtige Archive der Erdgeschichte, von großer Bedeutung ist.

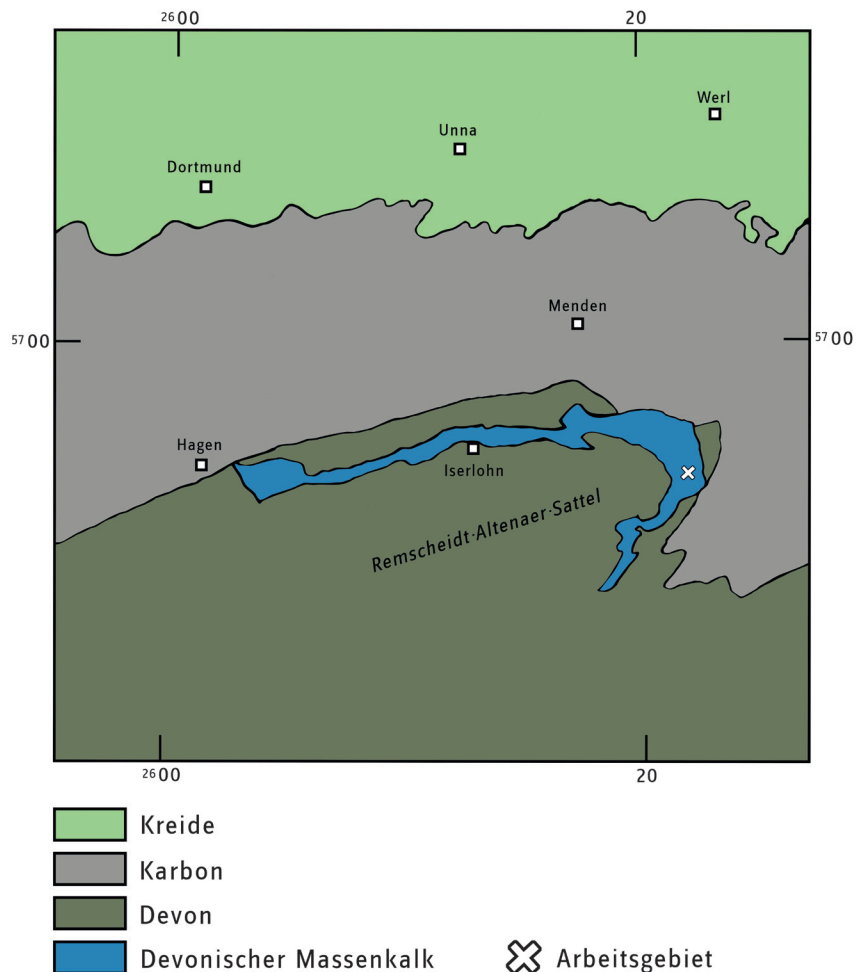


Abb. 1: Karte der Umgebung des Untersuchungsgebietes (Stern) im devonischen Massenkalk des Remscheid-Altonaer Sattels, Rheinisches Schiefergebirge, Deutschland.

Fundstelle

Auf der 300 m Sohle eines Steinbruchbetriebes sind überwiegend tonige Sedimente in einer Erstreckung von 30 x 35 m anstehend. Im Zentrum sind die Sedimente durch Holzkohle fast schwarz gefärbt. Randlich sind umlaufende Bänder von gelben Sanden und hellen Tönen sichtbar. Bei den Fundschichten handelt es sich um tonig-schluffige Sedimente, die eine deutliche Schichtung zeigen. Die einzelnen Schichten können in tonigen Bereichen eine Stärke von 1 – 2 mm aufweisen. In sandigeren Bereichen nimmt die Stärke der Schichtglieder zu. Bemerkenswert ist die starke Gesteinsführung der Sedimente dieser Fundstelle. Neben teilweise über 1 m³ großen Kalzitblöcken, die in den Sedimenten eingelagert sind und aus dem Bereich eines direkt an der Fundstelle anschließenden Kalzitganges stammen, dessen fortschreitende Verwitterung der Karsthohlraum wohl auch seine Entstehung verdankt, handelt es sich um bis über faustgroße Gesteine aus der näheren und weiteren Umgebung. Darunter zahlreiche gebleichte Lydite, sowie Quarze, Quarzite, quarzitisches Sandsteine und Sandsteine. Untergeordnet treten auch Kieseloolithe, Eisenkiesel und gebänderte Quarze auf. Bis auf die Lydite, die heute noch in der näheren Umgebung der Fundstelle anstehend sind, zeigen die Gesteine zumeist einen hohen Rundungsgrad, wie er sich auch bei typischen Flußschottern beobachten lässt.

Es ist von einer periodischen Sedimentation von Schwebstoffen in einem tiefen Gewässer auszugehen, die zur Bildung der geschichteten tonig-schluffigen Sedimentlagen führte. Diese wurden von Überschwemmungen eines Flusses unterbrochen, der dort seine Sedimentfrachten auch in Form der Gesteinskomponenten, sowie Pflanzenresten und Tierleichen hinterließ. Der Verlauf der Sedimentschichtungen erfolgt an den Rändern der Karststruktur erst flach, um dann zu deren Zentrum hin steil abzufallen; was auf subaquatische Sedimentrutschungen hindeutet. Die Fragmentierung, vor allem der größeren Knochen, lässt sich daher mit der Art der Einbettung der Fossilien erklären, die auf horizontale und vertikale Transportwege unbekannter Weite, bis zu ihrer heutigen Fundposition, zurückzuführen ist.

Die Einbringung der Karstfüllung konnte nur in Zeiten einer Absenkungsbewegung der damaligen Landoberfläche im Laufe der unteren Kreidezeit erfolgt sein, der die verkarstete Oberfläche des Massenkalkes in die Nähe des Grundwasserspiegels gebracht hatte. Dies nach einer Hebungsphase an der Wende Jura-Kreide, die zur tiefgreifenden Verkarstung der Massenkalkformation geführt hatte. Die Absenkungen der Landoberfläche im Bereich Mittelbarrême bis Unter Apt, die sich in den Sedimenten und den darin enthaltenen Fossilien dokumentiert, mündete später in der frühen Oberkreide, im Cenoman, in die weit nach Süden reichende Transgression des Kreidemeeres in das Rheinische Schiefergebirge.

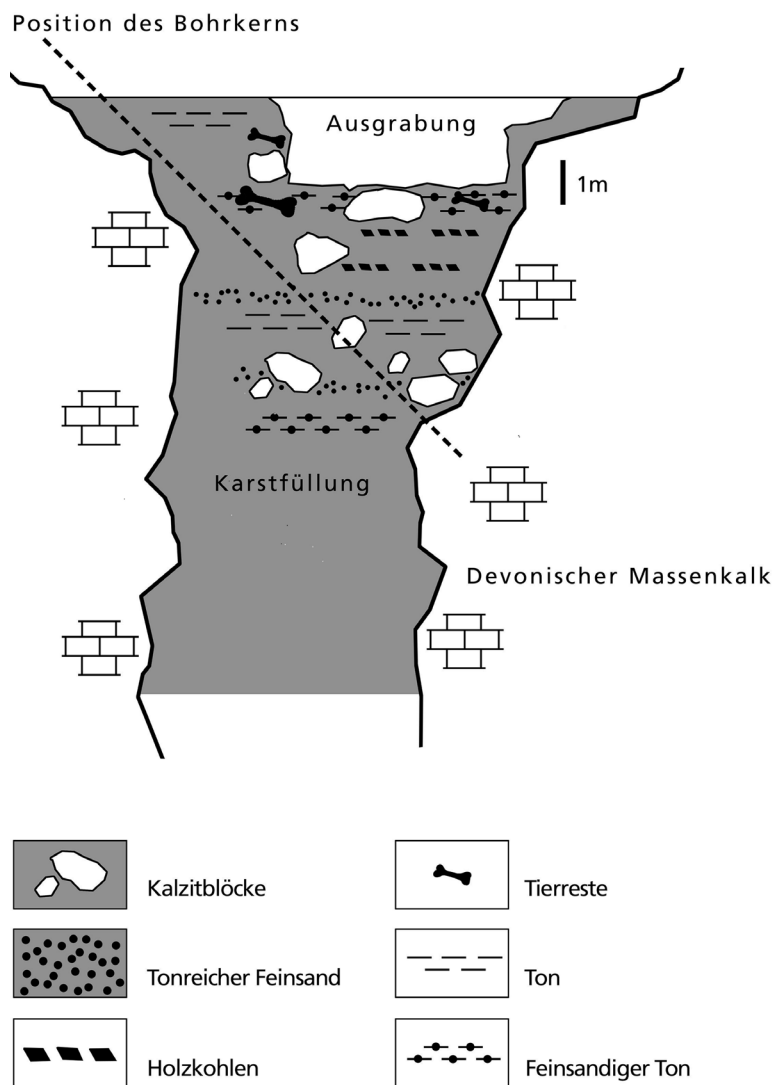


Abb. 2: Schematischer Querschnitt durch die Karstfüllung anhand eines Bohrkerns (nach Lanser & Heimhofer, 2015; verändert).

Material und Methoden

Die hier beschriebenen Nachweise von Pterosauriern befinden sich in der paläontologischen Sammlung des LWL-Museums für Naturkunde, Münster. Hier sind auch die Koordinaten der Fundstelle hinterlegt.

Die Funde stammen aus einer mehrjährigen Rettungsgrabung des Museum in einem Steinbruchbetrieb. Dabei wurden die Funde entweder direkt aus dem anstehenden Sediment geborgen, oder erst später, beim Waschen des Grabungsaushubs entdeckt. Das Waschen der ausgehobenen Sedimente erfolgte mit Hilfe von Wasserpumpen und Sieben mit einer Maschenweite von 1 mm. Die Durchsicht der Schlämmrückstände wurde mit Hilfe eines Binoculars Wild M650 T durchgeführt.

Die vorliegenden Zähne liegen nur in vereinzelter Form vor. Diese sind zum Teil auch beschädigt. Sichere Nachweise von Flugsaurierresten in Form von Schädeln und Kiefern, oder auch nur Bruchstücke davon, sind bislang nicht vorhanden. Teile des postkranialen Skelettes liegen nur in wenigen Knochenbruchstücken mit dünner Knochenwandung und einer sehr grobzelligen Spongiosa vor. Lediglich das Bruchstück eines Halswirbels konnte bislang geborgen werden. Die Seltenheit der postkranialen Pterosaurierreste ist sehr wahrscheinlich bedingt durch die Erhaltung der Fossilien in einem umgelagerten tonigen Sediment mit zahlreichen groben Gesteinen.

Es liegen bislang insgesamt 28 Einzelzähne von Pterosauriern in unterschiedlichen Erhaltungszuständen vor. Diese fanden sich zwischen den Knochen und Zähnen der übrigen nachgewiesenen Tiergruppen aus dieser Fundstelle. Die Färbung der Zähne ist überwiegend schwarz, wie bei den meisten Zähnen und Knochen der übrigen Tiergruppen auch. Seltener treten, wie bei den übrigen Fossilien auch Brauntöne auf.

Systematische Paläontologie

Pterosauria Kaup, 1834

Pterodactyloidea Plieninger, 1901

Ornithocheiridae Seeley, 1870

Die vorliegenden Zähne haben jeweils eine hohe und schlanke Form der Kronen, sowie einen mehr oder weniger flach ovalen Querschnitt an der Basis, sie sind labiolingual eingengt. Die Kronen der vorliegenden Zähne sind alle, soweit sich dies bei dem teilweise beschädigten Fundmaterial ersehen lässt, immer vollständig mit Schmelz bedeckt. Die Schmelzoberflächen sind dabei entweder glatt, oder von feinen, longitudinal verlaufenden unregelmäßigen Schmelzlinien bedeckt. Diese sind zumeist an den lingualen Seiten der Zähne deutlich sichtbar. An den konvexen labialen Seiten ist die Schmelzoberfläche zumeist glatt, bzw. zeigt in manchen Fällen auch quer verlaufende Aufwölbungen, die man als Wachstumsringe deuten kann.

Die Zahnkronen zeigen alle eine mesiale und zugleich eine distale Schmelzkante, die von den Kronenspitzen bis zu den basalen Schmelzeinsätzen verlaufen. Diese Kanten sind meist mittig zwischen der lingualen und der labialen Seite, angeordnet, oder in einigen Fällen auch deutlich zur lingualen Seite hin orientiert. Dabei erfahren die labialen Seiten der Zahnkronen eine deutliche Rundung, während die lingualen Seiten dagegen flacher ausgebildet sind.

Manche Zahnkronen sind nur zur lingualen Seite hin gebogen, andere zugleich auch seitlich zur mesialen oder distalen Seite. In Verbindung mit den immer vorhandenen distalen und mesialen Kanten entsprechen sie damit den Morphotypen II und III bei Wellnhöfer & Buffetaut (1999). Jedoch unterscheiden sich die hier vorliegenden Zähne aus dem mittleren Barrême bis Unterapt von Balve im Sauerland durch die immer vorhandene vollständige Schmelzüberdeckung der Zahnkronen, im Gegensatz zu den Kronen der Pterosaurierzähne aus dem Cenoman von Marokko, die nur eine teilweise Schmelzbedeckung aufweisen.

Von den derzeit vorhandenen 28 Pterosaurierzähnen aus der Fundstelle bei Balve sind insgesamt vier dermaßen stark abgekaut, oder beschädigt, dass sich keine Zuordnung in eine der beiden Morphotypen durchführen lässt. Bei den übrigen 24 Zähnen zählen nach der Form der Zahnkronen 9 zum Morphotyp II und 15 zum Morphotyp III von Wellnhöfer & Buffetaut (1999). Untergliedert man diese Zähne nach der Ori-

entierung der Zahnkanten mittig zwischen der labialen und der lingualen Seite oder orientiert zur lingualen Seite hin, so ergeben sich bei Morphotyp II fünf Zähne mit einer mittigen Orientierung und vier mit einer lingualen Ausrichtung. Bei Morphotyp III zeigen acht Zähne eine mittige Ausrichtung der Zahnkanten und sieben eine Ausrichtung zu lingualen Seite. Die Anteile der Zähne mit einer mittigen und einer mehr lingual ausgerichteten Anordnung der Schmelzkanten sind daher fast gleich.

Bei den Flugsaurierzähnen aus der Unterkreide von Balve ist der Schmelz dünn und zeigt häufig Abtragungen in Form von Abkauungsspuren, insbesondere an den Spitzen der Zahnkronen, die sich an den Schmelzkanten, und auch auf die lingualen und labialen Seiten fortsetzen können. Auch mechanische Beschädigungen des Zahnschmelzes sind vorhanden. In einigen Fällen konnte an den erhaltenen Zahnbasen ein Wechsel zwischen Schmelz mit Ornamentierung, der offensichtlich von einer Schicht von dünnem und glatten Schmelz unterlagert, oder abgelöst wird, beobachtet werden. Daran schließt sich, basalwärts die Dentinoberfläche des Wurzelbereichs an. Der Übergangsbereich zwischen den beiden Schmelzmodifikationen, sofern er erhalten ist, beträgt 1 – 2 mm.

In einigen Fällen zeigen die Zahnkronen helle umlaufende Verfärbungsringe, und auch Doppelringe, mit einer Breite von 1 bis 1,5 mm. Diese Erscheinungen sind lediglich auf die Zähne der Pterosaurier beschränkt und treten bei den viel zahlreicheren Zähnen der übrigen Tiergruppen dieser Fundstelle nicht auf.

Zwei der vorliegenden Pterosaurierzähne weichen in ihren verhältnismäßig großen mesiodistalen Längen an der Kronenbasis im Verhältnis zur Kronenhöhe von denen der übrigen Zähne mit ihren langen und schlanken Zahnkronen ab. Insbesondere der Zahn LWL MN Ba Pt 19 (Taf. 3, Fig. 2) bildet in der labialen oder lingualen Seitenansicht ein flaches Dreieck, das fast den Zahnformen von *Istiodactylus* aus der Vectis Formation der Isle of Wight entspricht (Sweetman & Martill, 2010; Martill et al. 2011). Von diesen unterscheiden sich die vorliegende Zähne jedoch durch das Fehlen einer medianen Schmelzkante an der labialen Seite, der fehlenden mesialen und distalen Einschnürungen an den Kronenbasen und der vollständigen Schmelzbedeckung. Offensichtlich stammen diese beiden Zahnkronen mit ihren weiten mesiodistalen Längen aus dem posterioren Kieferbereich. Die Veränderungen der Form der Zahnkronen und auch ihrer Größen, in Abhängigkeit von ihrer jeweiligen Stellung im Gebiss bei Pterosauriern werden z. B. bei Fastnacht, 2001; Kellner & Tomida 2000; Kellner et al., 2013; Lü & Ji, 2005, Lü, 2010; Unwin, 2002; Veldmeijer, 2003; Veldmeijer et al. , 2005; Vila Nova et al., 2014; Wang et al., 2005; Wellnhofer, 1985 und 1991 beschrieben.

Diskussion

Aus der Unterkreide und der frühen Oberkreide liegen von mehreren Fundstellen Bearbeitungen von Flugsaurierresten vor. Dabei handelt es sich meist um vereinzelte Nachweise von Zähnen, vollständigere Skelette, Schädel, Kiefer oder Teile davon sind allgemein sehr selten.

Die Funde von Pterosauriern aus der Karststruktur im devonischen Massenkalk im Bereich des Hönnetals bei Balve stammen aus der Unterkreide, dem Mittel-Barême bis Unter-Apt (Lanser & Heimhofer, 2015). Die hier vorliegenden Zähne weisen Merkmale auf, wie sie von Pterosauriern beschrieben wurden, die man in der Vergangenheit allgemein als zur Gruppe der Ornithocheiridae gehörend bezeichnet hat. Diese Zähne sind meist gekennzeichnet durch relativ hohe und schlanke Kronen, deren Kronenbasen meist labiolingual eingeeengt und meist nach innen, in lingualer Richtung gebogen sind (z.B. Wellnhofer & Buffetaut, 1999, Sweetmann & Martill, 2010). Mesiale und/oder distale Schmelzkanten treten verschiedentlich auf oder fehlen auch ganz. Die Bedeckung mit Schmelz ist entweder nur teilweise oder auch vollständig vorhanden. Die Schmelzoberflächen sind dabei entweder glatt oder zeigen mehr oder weniger ausgeprägte longitudinal verlaufende Linien, insbesondere auf den lingualen Seiten der Kronen.

Aufgrund der Untersuchungen des *Ornithocheirus* Komplexes aus dem Cambridge Greensand in England durch Rodrigues & Kellner, 2013 wurde dieser in mehrere Familien und Gattungen aufgeteilt. Nach den beiden Autoren gehören dazu die Ornithocheiridae, die Lonchodraconidae, die Anhangueridae, die Pteranodontoidae und die Pterodactyloidae mit ihren jeweiligen Gattungen und Arten. Da die Nachweise von Pterosauriern aus der Verkarstung bei Balve lediglich in Form von Einzelzähnen vorliegen, erlauben diese keine eindeutige Einordnung in dieses System. Festzuhalten bleibt jedoch ihre Zugehörigkeit zu den Flugsauriern des *Ornithocheirus* Komplexes.

Ein Zahn aus der barêmezeitlichen Wessex Formation der Isle of Wight der bei Sweetman & Martill (2010) abgebildet und dort zu dem Ornithocheiriden *Caulkicephalus* gestellt wurde, ist in seiner Morphologie Zähnen aus der Unterkreide bei Balve ähnlich. Der Zahn zeigt aber im Unterschied zu den Zähnen von Balve nur eine Schmelzkante und unterscheidet sich auch in seinen größeren Maßen von diesen. Die unvollständige Schmelzbedeckung der Krone soll nach Sweetman & Martill (2010) eine Folge der Erhaltung sein.

In der Fig. 3 bei Sweetmann & Martill (2010) und der Fig. 25.5 bei Martill et al. (2011) sind jeweils drei Pterosaurierzähne (IWCMS.2009.471) aus der Vectis Formation der Isle of Wight, die einem Zeitabschnitt vom mittlerem Barême bis unteren Apt entspricht, abgebildet. Bei Sweetman & Martill (2010) werden diese als solche von Ornithocheiridae bezeichnet und bei Martill et al. (2011) als von Ornithocheiridae oder Lonchodectidae stammend, da sie denen des Holotyps von *Lonchodectes sagittirostris* ähneln. Diese Zähne aus der Unterkreide Englands gleichen in ihrer sehr geraden, hohen und schlanken Form in der labialen oder lingualen Ansicht und auch in den Maßen, einigen Zähnen, z. B. LWL MN Ba PT 2 (Taf. 1, Fig. 1) aus der Fundstelle bei Balve.

Insgesamt vier Pterosaurierzähne beschreiben Vullo et al. (2009) aus dem oberen Barême von Las Hoyas in Spanien. Deren Morphotyp 1 unterscheidet sich von den Zähnen von Balve durch die erweiterte mesio-distale Länge an der Basis. Diese Zähne werden von Vullo et al. (2009) als solche von istiodactyliden Pterosauriern bezeichnet. Abgesehen von der Form der Kronen und den geringeren Zahnmaßen unterscheiden sich die beiden Zähne des Morphotyps 1 von Las Hoyas auch durch den gebogenen Verlauf der Schmelzbasen, die bei den Zähnen aus Balve, soweit beobachtbar, immer gerade verlaufen. Die beiden Zähne des Morphotyps 2 von Las Hoyas hingegen zeigen mit ihren hohen Kronen und den geringen basalen Längen Ähnlichkeiten mit den Zähnen aus Balve. Unterschiede bestehen darin, dass entweder nur eine oder nur gering entwickelte Schmelzkanten vorhanden sind. Auch die unregelmäßig verlaufenden basalen Schmelzeinsätze bei den Zähnen von Las Hoyas lassen sich an den Zähnen von Balve, soweit sie entsprechend erhalten sind, nicht beobachten.

Über 30 Zähne von Pterosauriern werden von Sánchez-Hernández et al. (2007) aus dem unteren Barême von Balve in Spanien beschrieben und in insgesamt vier Morphotypen untergliedert. Offensichtlich bestehen nur geringe Ähnlichkeiten mit den Pterosaurierzähnen von der Fundstelle bei Balve. Lediglich bei den Zähnen des Morphotyps 3, die von Sánchez-Hernández et al. (2007) als Ornithocheiridae indet. bezeichnet werden, scheinen, soweit sich dies aus den Abbildungen und Beschreibungen erkennen lässt, Ähnlichkeiten in den Zahnformen mit einigen der Zähne von Balve vorzuliegen.

Aus dem Apt der Santana Formation von Brasilien beschreibt Wellnhofer (1991) Zähne von *Anhanguera santanae*. Diese sind „leicht nach hinten gekrümmt, oval im Querschnitt und mit zugeschärften vorderen und hinteren Kanten“ (Wellnhofer, 1991). Nach seiner Abb. 2 zeigen die Zähne des Prämaxillaren von *Anhanguera santanae* jedoch an den labialen Seiten sehr grobe, longitudinal verlaufende Ornamentationen des Schmelzes, die in dieser Form bei den Zähnen von Balve nicht auftreten.

Ebenso beschreiben Kellner & Tomida (2000) Zähne von *Anhanguera piscator* aus der Santana Formation die ähnliche Merkmale aufweisen. Auch hier zeigen die Zähne des Prämaxillaren starke Ornamentation des Schmelzes und vor allen die Zähne der posterioren Kieferbereiche weisen mit ihren weiten Zahnbasen deutliche morphologische Unterschiede zu den Pterosaurierzähnen aus Balve auf.

Von Rodrigues & Kellner (2010) werden zwei Zähne von Pterosauriern aus der unteren Kreide des Recôncavo Beckens in Brasilien beschrieben. Diese beiden Zähne zeigen keine mesialen und distalen Schmelzkanten. Von den Autoren werden diese Zähne in Beziehung zu den anhangueriden Pterosauriern gesetzt. Ebenso stellen Elias et al. (2007) insgesamt neun Pterosaurierzähne aus dem späten Alb und frühen Cenoman des São Luís-Grajaú Basin, in Brasilien zu den anhangueriden Pterosauriern. Die in vier Morphotypen gegliederten Zähne zeigen ebenfalls keine mesialen und distalen Schmelzkanten, sowie jeweils glatte Schmelzoberflächen.

Aus dem späten Barême bis mittlerem Apt von Buryatien in Sibirien beschreibt Averianov (2007) einen Pterosaurierzahn, dessen Krone vollständig mit glattem Schmelz bedeckt ist. Dieser ist in seiner äußeren Form den meisten Zähnen aus der Fundstelle bei Balve ähnlich. Gemeinsam mit Zähnen aus dem Alb/Cenoman und dem Cenoman von Russland und Usbekistan (Averianov et al., 2003), die jeweils eine unvollständige Schmelzbedeckung zeigen, wird er zu den Ornithocheiridae gestellt.

Aus der der Unterkreide von China liegen Zähne von *Guidraco venator* vor, die eine zweigeteilte Zahn-morphologie aufweisen (Wang et al., 2012). Die anterioren Zähne sind gebogen und sehr lang und nadelartig. Die Schmelzoberflächen dieser Zähne sind glatt, manche zeigen Striationen nahe der Basis der lingualen Seite, die sich deutlich von den ausgeprägteren ornamentierten Schmelzoberflächen bei manchen anhangueriden Pterosauriern (Kellner & Tomida, 2000) unterscheiden. Die posterioren Zähne von *Guidraco venator* zeigen dagegen eine verbreiterte Basis. Zähne mit diesen Formen ließen sich in Balve nicht nachweisen.

Etwa 30 Zähne von pterodactoloiden Pterosauriern wurden von Wellnhofer & Buffetaut (1999) aus dem Cenoman von Marocco beschrieben und als Ornithocheiridae klassifiziert. Diese Zähne wurden in 4 Morphotypen gegliedert. Dabei entsprechen die Morphotypen II und III von Wellnhofer & Buffetaut (1999) mit ihrer flachovalen Basis, den Kanten an der mesialen und distalen Seite, den lingual und seitlich gebogenen oder auch geraden Zahnkronen, den Zähnen aus der Fundstelle bei Balve. Wie aus den Abbildungen ersichtlich sind die Kronen der Pterosaurier-Zähne aus dem Cenoman von Marocco aber nur teilweise von Schmelz bedeckt, im Gegensatz zu den Kronen der Zähne aus der Unterkreide von Balve, die soweit ersichtlich, immer eine vollständige Schmelzbedeckung aufweisen.

Zusammenfassung

Eine unterkretazischen Karstfüllung, im devonischen Massenkalk mit einem Alter von Mittel-Barême bis Unter-Apt im Bereich des Hönnetals bei Balve, im nördlichen Sauerland liefert eine vielfältige Flora und Fauna. Die darin aufgefundenen Zähne von Pterosauriern zeigen Ähnlichkeiten zu gleichartigen Funden aus der Unterkreide und der frühen Oberkreide von England, Spanien, Nordafrika, Südamerika und China. Diese wurden in der Literatur allgemein als zu der Gruppe der Ornithocheiriden zugehörig eingestuft. Diese Gruppe umfasst verschiedene Flugsaurier, darunter die Ornithocheiridae, die Lonchodraconidae, die Anhangueridae, die Pterodactoloidae und die Pteranodontoidae.

Die vorliegenden Zähne variieren in ihrer jeweiligen Größe, den Neigungsrichtungen der Kronen, den Querschnitten an ihren Basen und der Orientierung ihrer Schmelzkanten zur Mitte oder zur lingualen Seite, sowie der stärkeren oder schwächeren Ausbildung von Schmelzlinien. Ihre gemeinsamen Merkmale sind die hohe Form der Kronen, die labiallingual verengten Kronenbasen und, soweit beobachtbar, vollständige Bedeckung mit Schmelz, sowie die immer vorhandenen mesialen und distalen Schmelzkanten.

Weitere Zähne von Pterosauriern mit einer davon abweichenden Morphologie sind an dieser Stelle bislang nicht aufgetreten. Die morphologischen Gemeinsamkeiten der vorliegenden Zähne, lassen vielleicht auf eine geschlossene Population von Pterosauriern an dieser Stelle innerhalb eines Zeitabschnittes im Bereich Mittel-Barême bis Unter-Apt schließen.

Dank

Der lange Zeitraum der Grabungen war nur möglich durch das Entgegenkommen der Rheinkalk GmbH, Werk Hönnetal, und durch die Unterstützung, dem Interesse und Engagement der Präparatoren, Werkstudenten und studentischen Volontäre des LWL-Museums für Naturkunde. Die Grabungen wurden finanziert aus dem Denkmalförderungsprogramm des Ministeriums für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen als Oberste Denkmalbehörde.

Literatur

- AVERIANOV, A.O. 2007. Mid-Cretaceous Ornithocheirids (Pterosauria, Ornithocheiridae) from Russia and Uzbekistan. *Paleontological Journal* 41:79-86.
- AVERIANOV, A.O., P.P. LECHINSKII, P.P. SKUCHAS, AND A.S. REZVYI. 2003: Teeth of Pterosaurs from the Lower Cretaceous of Russia and Uzbekistan. *Sovr. Gerpelol.* 2: 5-11.
- ELIAS, F.A., R.J. BERTINI, AND M.A.A. MEDEIROS. 2007. Pterosaur teeth from the Laje do Coringa, middle Cretaceous, São Luís-Grajaú basin, Maranhão state, Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências* 37 (4): 668-676.
- FASTNACHT, M. 2001. First record of *Coloborhynchus* (Pterosauria) from the Santana Formation (Lower Cretaceous) of the Chapada do Araripe Brazil. *Paläontologische Zeitschrift* 75 (1): 23-36.
- FUCHS, A. 1911. Geologische Karte von Preußen. Lieferung 163. Blatt Iserlohn.
- KELLNER, A.W.A., D.A. CAMPOS, J.M. SAYÃO, A.F. SARAIVA, T. RODRIGUES, G. OLIVEIRA, L.A. CRUZ, F.R. COSTA, H.P. SILVA, AND J.S. FERREIRA. 2013. The largest flying reptile from Gondwana: a new specimen of *Tropeognathus* cf. *T. mesembrinus* Wellnhofer, 1987 (Pterodactyloidea, Anhangueridae) and other large pterosaurs from the Romualdo Formation, Lower Cretaceous, Brazil. *Anais Acad. Brasileira Ciênc.* 85, 1: 113-135.
- KELLNER, A.W.A., Y. TOMIDA. 2000. Description of a new species of Anhangueridae (Pterodactyloidea) with comments on the Pterosaur Fauna from the Santana Formation (Aptian-Albian), northeastern Brazil. *Natural Science Museum Monographs* 17: 135 Pg.
- LANSER, K.P., U. HEIMHOFER. 2015. Evidence of theropod dinosaurs from a Lower Cretaceous karst filling in the northern Sauerland (Rhenish Massif, Germany). *Paläontologische Zeitschrift* 89: 79-94.
- LÜ, J. 2010. A New Boreopterid Pterodactyloid Pterosaur from the Early Cretaceous Yixian Formation of Liaoning Province, Northeastern China. *Acta Geologica Sinica* 84, 2: 241-246.
- LÜ, J., Q. JI. 2005. A new Ornithocheirid from the Early Cretaceous of Liaoning Province, China. *Acta Geologica Sinica* 79, 2: 157-163.

- MARTILL, D.M., S.C. SWEETMANN, M.P. WITTON. 2011. Pterosaurs, in: D.J. Batten (ed.). English Wealden fossils. *Palaeontological Association. Field guide to fossils*, 14: 769 S.
- PAECKELMANN, W. 1938. Geologische Karte von Preussen. Lieferung 349. Blatt Balve
- RICHTER, D. K., T. GÖTTE, R. STRITZKE. 2014. Eine miozäne Hohlraumfüllung im Massenkalk der östlichen Iserlohner Kalksenke. *Geol. Paläont. Westf.* 86: 5-17.
- RODRIGUES, T., A.W.A. KELLNER. 2010. Note on the Pterosaur Material described by Woodward from the Recôncavo Basin, Lower Cretaceous, Brazil. *Rev. bras. Paleontol.* 13 (2): 159-164.
- RODRIGUES, T., A.W.A. KELLNER, B.J. MADER AND D.A. RUSSELL. 2011. New Pterosaur Specimens from the Kem Kem Beds (Upper Cretaceous, Cenomanian) of Morocco. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 117, 1: 149-160.
- RODRIGUES, T., A.W.A. KELLNER. 2013. Taxonomic review of the *Ornithocheirus* complex (Pterosauria) from the Cretaceous of England. *ZooKeys* 308: 1-112. doi: 10.3897/zookeys.308.5559
- SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, B., M.J. BENTON, D. NAISH. 2007. Dinosaurs and other vertebrates from the Late Jurassic and Early Cretaceous of the Galve area, NE Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 249: 180-215.
- SWEETMAN, S.C., AND D.M. MARTILL. 2010. Pterosaurs of the Wessex Formation (Early Cretaceous, Barremian) of the Isle of Wight, southern England: a review with new data. *Journal of Iberian Geology* 36 (2): 225-241.
- UNWIN, D.M. 2002. On the systematic relationships of *Cearadactylus atrox*, an enigmatic Early Cretaceous pterosaur from the Santana Formation of Brazil. *Mitt. Mus. Nat. kd. Berlin, Geowiss. Reihe* 5: 239-263.
- VELDMEIJER, A.J. 2003. Preliminary description of a skull and wing of a Brazilian Cretaceous (Santana Formation; Aptian-Albian) pterosaur (Pterodactyloidea) in the collection of the AMNH. www.PalArch.nl, *vertebrate palaeontology* 0, 0: 13 Pg.
- VELDMEIJER, A.J., SIGNORE, M. AND MEIJER, H.J.M. 2005. Description of two pterosaur (Pterodactyloidea) mandibles from the Lower Cretaceous Santana Formation, Brazil. *DEINSEA* 11: 67-86.
- VILA NOVA, B.C., J.M. SYÃO, V.H.M.L. NEUMANN AND A.W.A. KELLNER. 2014. Redescription of *Cearadactylus atrox* (Pterosauria, Pterodactyloidea) from the Early Cretaceous Romualdo Formation (Santana Group) of the Araripe Basin, Brazil. *Journal of Vertebrate Paleontology* 34:1, 126-134.
- VULLO, R., Á. D. BUSCALONI, J. MARUGÁN-LOBÓN AND J.J. MORATALLA. 2009. First pterosaur remains from the Early Cretaceous Lagerstätte of Las Hoas, Spain: palaeoecological significance. *Geol. Mag.* 146 (6): 931-936.
- WANG, X., A.W.A. KELLNER, ZHOU, Z. AND D. DE ALMEIDA CAMPOS. 2005. Pterosaur diversity and faunal turnover in Cretaceous terrestrial ecosystems in China. *Nature* 437, 6: 875-879.
- WANG, X., A.W.A. KELLNER, S. JIANG, X. CHENG. 2012. New toothed flying reptile from Asia: close similarities between early Cretaceous pterosaurs faunas from China. *Naturwissenschaften* 99: 249-257. DOI 10.1007/s00114-012-0889-1.
- WELLNHOFER, P. 1985. Neue Pterosaurier aus der Santana Formation (Apt) der Chapada do Araripe, Brasilien. *Palaeontographica* Abt. A, 187: 105-182.
- WELLNHOFER, P. 1991. Weitere Pterosaurierfunde aus der Santana-Formation (Apt) der Chapada do Araripe, Brasilien. *Palaeontographica* Abt. A, 215: 43-101.
- WELLNHOFER, P., AND E. BUFFETAUT. 1999. Pterosaur remains from the Cretaceous of Morocco. *Paläontologische Zeitschrift* 73 (1/2): 133-142.
- WIRTH, W. 1964. Über zwei Unterkreiderelikte im nördlichen Sauerland. *Fortschritte Geologie Rheinland Westfalen* 7: 403-420.
- WIRTH, W. 1970. Eine tertiärzeitliche Karstfüllung bei Eisborn im Sauerland. *Fortschritte Geologie Rheinland Westfalen* 17: 577-588.

Anhang

Beschreibung der Einzelzähne

Ba Pt. 1, Taf. 2, Fig. 1

Der Zahn ist lang und sehr schlank. Die Spitze ist abgebrochen und fehlt ebenso wie die Zahnwurzel. Die erhaltene Zahnbasis ist flach-oval, labio-lingual komprimiert. Die Krone ist mesio-distal und lingual gebogen und vollständig mit Schmelz bedeckt. Oberhalb der basalen Bruchkante ist die horizontal verlaufende Grenze zwischen Schmelz und Dentin noch sichtbar. Mesial und distal sind scharfe Schmelzkanten vorhanden, die sich bis zur Grenze Schmelz – Dentin hinziehen und beidseitig Spuren von Schmelzabtrag, vermutlich durch Abkauung zeigen. Die Kanten sind mittig zwischen der lingualen und der labialen Seite angeordnet. Der Schmelz ist glatt, lediglich feine longitudinal verlaufende Riefen sind insbesondere an der lingualen Seite sichtbar. An beiden Außenflächen sind querverlaufende flache Wülste sichtbar, die man als Wachstumsringe deuten kann. Trotz der fehlenden Spitze ist Ba Pt 1 der größte bislang vorliegende Pterosaurierzahn von der Fundstelle bei Balve.

Die mesial-distale Länge an der Basis beträgt 6,9 mm und die labial-linguale Breite 4,4 mm. Die Kronenhöhe beträgt noch 20,5 mm.

Ba Pt. 2, Taf. 1, Fig. 1

Die abgebrochene Zahnkrone ist verhältnismäßig hoch und gerade und zeigt lediglich eine schwache linguale Krümmung. Der Querschnitt an der Basis ist flach-oval. An der mesialen und distalen Seite ist jeweils eine Schmelzkante ausgebildet. Diese sind mittig zwischen der lingualen und der labialen Seite angeordnet. Die Spitze des Zahns zeigt Schmelzabtrag, vermutlich infolge von Abkauung, das Dentin liegt dort frei. Von der Abkauung sind auch die mesiale und distale Kanten betroffen. An der erhaltenen Kronenbasis der lingualen Seite ist der Schmelz mehr oder weniger parallel zu der Bruchkanten abgetragen. Hierbei scheint es sich nicht um eine natürliche Grenze zwischen Schmelz und Dentin, sondern um eine Folge von Abrieb durch Sedimentbewegungen bei der Einlagerung zu handeln. Der Schmelz ist dünn und weitgehend glatt, lediglich schwache, parallel verlaufende longitudinale Riefen sind, insbesondere an der lingualen Seite sichtbar, die zur abgenutzten Spitze hin abnehmen. Insbesondere an der lingualen Seite sind im Abstand von 1,5 - 2 mm 4 – 5 quer verlaufende Einsenkungen sichtbar.

Die basale Länge beträgt 5,4 mm in mesial-distaler Richtung und die Breite an der Basis 3 mm. Die erhaltene Kronenhöhe beträgt 14 mm.

Ba Pt. 3, Taf. 1, Fig. 2

Auch diese abgebrochene Krone ist lang und schlank, mit einer flach-ovalen Basis. Der Zahn ist sehr gerade und weist nur eine leichte Krümmung nach innen (lingual) auf. Schmelzkanten sind mesial und distal vorhanden und mittig zwischen der lingualen und labialen Seite angeordnet. An der labialen Seite ist die Schmelzoberfläche fast glatt, während an der lingualen Seite feine longitudinal verlaufende Schmelzriefungen vorhanden sind, die teilweise auch auf die Kanten zulaufen. Die Spitze ist abgenutzt, der Schmelz erscheint auch hier sehr dünn. Der Zahnschmelz verläuft bis zu den basalen Bruchkanten. Etwa 2 mm unterhalb der Spitze ist ein umlaufender heller Verfärbungsring sichtbar mit einem dunkleren Streifen in der Mitte.

Die mesial-distale Länge an der Basis beträgt noch 2,5 mm und die Breite 1,7 mm. Die restliche Kronenhöhe beträgt 7,4 mm.

Ba. Pt. 4, Taf. 3, Fig. 1

Die abgebrochene Kronenspitze ist deutlich nach innen (lingual) gekrümmt. Die Schmelzkanten an der mesialen und distalen Seite sind deutlich zur lingualen Seite hin orientiert. Daher wirkt die labiale Seite mehr gerundet als die flachere linguale. Die Schmelzoberfläche der labialen Seite erscheint fast glatt während auf der lingualen Seite feine Schmelzriefungen sichtbar sind, die meist apical verlaufen, seitlich sich jedoch der mesialen und distalen Kante annähern. Die Spitze ist stark abgenutzt, die Abnutzungsfläche zieht sich insbesondere an der labialen Seite an der mesial/distalen Kante basalwärts, wodurch der Zahn ein leicht asymmetrisches Aussehen erhält. Die linguale Seite weist eine größere Fehlstelle auf und ein weiterer Teil davon ist geklebt. Auf der glatteren labialen Seite sind fünf horizontal verlaufende Aufwölbungen sichtbar. Oberhalb der abgebrochenen Kronenbasis ist an der labialen Seite die Grenze zwischen Schmelz und der darunter befindlichen Dentinoberfläche noch erkennbar. Die deutlich nach lingual orientierten seitlichen Schmelzkanten lassen eine Einordnung dieses Zahns in eine der Morphotypen von Wellnhofer & Buffetaut (1999) nicht zu.

Die erhaltene Länge an der Basis beträgt 4,8 mm und die Breite 3,0 mm. Die restliche Kronenhöhe beträgt 15,3 mm.

Ba. Pt. 5

Abgebrochene Kronenspitze, deutlich nach innen (lingual) gekrümmt. Eine seitliche Krümmung ist bei dem stark abgekauten Zahnfragment nicht erkennbar. Die Basis ist flach-oval. An den mesialen und distalen Seiten sind Schmelzkanten vorhanden, die mittig orientiert sind. Unregelmäßige longitudinal verlaufende Schmelzriefen sind besonders auf der lingualen Seite deutlich. Der Schmelz ist dünn und erreicht die basalen Bruchkanten. Auf der gerundeteren labialen Seite sind zahlreiche meist querverlaufende Riefen sichtbar, die eventuell durch Sedimentbewegung entstanden sind. Starke Gebrauchsspuren an der Spitze sind vorhanden, die sich an einer Seite (mesial oder distal) und auf der labialen Seite fortsetzen.

Die erhaltene Länge an der Basis beträgt 4,3 mm und die Breite 2,8 mm. Die restliche Kronenhöhe beträgt noch 7,5 mm.

Ba. Pt. 6

Der Zahn zeigt eine starke linguale und eine leichte seitliche (mesial/distale) Krümmung, Schmelzkanten sind an beiden Seiten vorhanden und befinden sich mittig zwischen der lingualen und der labialen Seite. Der basale Schmelzansatz ist sichtbar und verläuft senkrecht zur Längserstreckung der Krone. Das Dentin ist glatt. Der Schmelz zeigt unregelmäßige longitudinal verlaufende Riefen, die besonders an der lingualen Seite besonders hervortreten. Die Spitze zeigt Abnutzung, die sich auf die linguale Fläche in einer Erstreckung von ca. 1 mm herabzieht. Die Zahnbasis ist flach-oval.

Die mesial-distale Länge in Höhe des Schmelzansatzes beträgt 2,7 mm, die Breite 1,9 mm und die erhaltene Kronenhöhe 6,7 mm.

Ba. Pt. 7

Eine starke einwärtige und eine leichte seitliche (mesial/distale) Krümmung sind sichtbar, Schmelzkanten sind an beiden Seiten vorhanden und befinden sich mittig zwischen der lingualen und der labialen Seite. Die Krone ist an der Basis gebrochen, der Schmelzansatz ist nicht sichtbar. Schwache Schmelzriefungen sind vorhanden und insbesondere an der lingualen Seite deutlicher ausgeprägt, wo sie an den Seiten auf die Kante zulaufen und dort wellige Schmelzstrukturen bilden, die fast an Serrationen erinnern. Die Zahnbasis ist flach-oval. Die Spitze ist abgetragen, die Abtragungsfläche zieht sich schräg auf die Seiten. Unterhalb der Kronenspitze sind drei helle umlaufende gelbe Ringe sichtbar.

Die mesiodistale Länge in Höhe des Schmelzansatzes beträgt 4,0 mm und die Breite 2,4 mm, die erhaltene Kronenhöhe weist noch 8,5 mm auf.

Ba. Pt. 8

Der Zahn zeigt eine starke linguale und eine leichte seitliche (mesial/distal) Krümmung, Schmelzkanten sind an beiden Seiten vorhanden und befinden sich mittig. Die Wurzel ist teilweise vorhanden. Der Schmelz zeigt Riefungen, die besonders an der lingualen Seite ausgeprägt sind. Der basale Schmelzrand verläuft umlaufend und gerade. Unterhalb des Schmelzrandes mit seinen Riefungen befindet sich basalwärts eine ca. 1mm breite Zone mit glatter Oberfläche die parallel zum Schmelzrand verläuft. Darunter zeigt das Dentin der Zahnwurzel eine raue Oberfläche. Die Kronenspitze ist abgenutzt. Der Querschnitt der Zahnkrone ist flach-oval, während die Zahnwurzel einen mehr gerundeten Querschnitt aufweist. Unterhalb der Kronenspitze sind drei helle umlaufende gelbe Ringe sichtbar.

Die Länge an der Schmelzbasis beträgt 2,4 mm, die Breite 2,0 mm und die restliche Gesamthöhe des Zahns 7,9 mm.

Ba. Pt. 9

Abgebrochene Spitze mit einem flach-ovalen Querschnitt an der Basis. Der Zahn ist nach innen (lingual) und leicht seitlich (mesial/distal) gebogen. Beide Schmelzkanten sind vorhanden und deutlich zur lingualen Seite hin orientiert. Dadurch ist die labiale Seite deutlich gerundet und die linguale flacher. Die Schmelzoberfläche zeigt, insbesondere an der flacheren lingualen Seite unregelmäßige longitudinal verlaufende Riefen, die an dieser Seite auch auf die Schmelzkanten zulaufen. Die Spitze ist abgenutzt, die Abnutzungsfläche zieht sich ca. 2,5 mm über die konvexe Kante. Der Zahnschmelz zieht sich bis zu den basalen Bruchkanten.

Die erhaltene Länge an der Basis beträgt 4,3 mm und die Breite 2,7 mm. Die restliche Kronenhöhe beträgt 9,4 mm.

Ba. Pt. 10

Es handelt sich um eine abgebrochene Kronenspitze. Die Spitze ist abgenutzt und teilweise abgebrochen. Es ist nur eine Krümmung nach innen (lingual) erkennbar. Die Schmelzoberfläche ist fast glatt, lediglich an der lingualen Seite sind Schmelzriefen unterhalb der Kronenspitze erkennbar. Der Zahnschmelz zieht sich bis zu den basalen Bruchkanten. Kanten sind beidseitig vorhanden, befinden sich mittig zwischen der lingualen und labialen Seite und zeigen an einer Seite Ankaunungsspuren. Die Kronenbasis ist flach oval.

Die erhaltene Länge an der Basis beträgt 3,6 mm und die Breite 2,5 mm. Die restliche Kronenhöhe beträgt 8,1 mm.

Ba. Pt. 11

Es handelt sich um eine abgebrochene Kronenspitze. Die Spitze ist abgenutzt und zeigt teilweise auch Bruchspuren. Es ist lediglich eine Krümmung nach innen (lingual) erkennbar. Beide Kanten sind vorhanden und verlaufen mittig zwischen der lingualen und labialen Seite und zeigen Abkaunungsspuren. Longitudinal verlaufende Riefen im Schmelz sind vorhanden, besonders lingual. Der Schmelz reicht bis zu den basalen Bruchkanten. Die Basis des Zahnbruchstückes ist teilweise in apicaler Richtung gebrochen, die Maße der basalen Länge und der Breite entfallen daher.

Die restliche Kronenhöhe beträgt 4,9 mm.

Ba. Pt. 12

Auch hier handelt sich um eine abgebrochene Kronenspitze. Diese ist nach innen (lingual) und leicht seitwärts gekrümmt. Beide Kanten sind vorhanden und befinden sich mittig zwischen der lingualen und labialen Seite. Schmelzriefen sind vorhanden und vor allem lingual deutlich. Die Spitze ist abgenutzt, insbesondere an der Außenfläche. Der Querschnitt an der Basis ist flach-oval. Der Schmelz reicht bis zu den basalen Bruchkanten.

Die restliche Länge an der Basis beträgt 3,0 mm und die Breite 2,3 mm. Die erhaltene Kronenhöhe beträgt 6,4 mm.

Ba Pt. 13

Diese abgebrochene Kronenspitze ist fast gerade. In lingualer und mesial – distaler Richtung sind keine Krümmungen erkennbar. Beide Kanten sind vorhanden und befinden sich mittig zwischen der lingualen und der labialen Seite. Schmelzriefen sind sichtbar, longitudinal verlaufend und auch auf die Kanten zu laufend. Der Schmelz reicht bis zu den basalen Bruchkanten. Der Querschnitt an der Basis ist flach-oval. Die Spitze ist abgetragen und an der lingualen Seiten ist ein basal – apical verlaufender Bruch vorhanden und an einer der beiden Seiten verläuft eine weitere Bruchkante.

Die restliche Höhe der Krone beträgt 6,4 mm.

Ba. Pt. 14, Taf. 2, Fig. 2

Es handelt sich um die Spitze einer sehr langen und schlanken Krone. Sie ist leicht nach der Seite und stärker nach innen gebogen. Vordere und hintere Kanten sind vorhanden, diese befinden sich mittig zwischen der lingualen und labialen Seite. Longitudinal verlaufende feine Schmelzriefungen sind besonders an der lingualen Seite sehr deutlich. Der Schmelz reicht bis zu den basalen Bruchkanten. Die Spitze ist nur gering abgekaut. Die Basis ist flach-oval.

Die Kronenbasis zeigt eine restliche Länge von 1,75 mm und eine Breite von 1,4 mm. Die erhaltene Kronenhöhe beträgt 5,8 mm.

Ba. Pt. 15

Der vorhandene Kronenrest zeigt an der Spitze starke Abkautungsspuren, die sich von der Spitze ca. 4 mm seitlich (mesial oder distal) an der labialen Seite hinziehen. Die Zahnkrone ist nach innen gekrümmt. Eine seitliche Krümmung ist wegen der weitgehenden Abtragung einer Seite nicht erkennbar. Schmelzkanten sind vorhanden und verlaufen mittig. Feine Riefungen der Schmelzoberfläche sind, besonders an der lingualen Seite sichtbar. An der labialen Seite ist der gebogen verlaufende Schmelzansatz noch erkennbar.

Die erhaltene Länge an der Basis beträgt 2,8 mm und die Breite 2,0 mm. Die erhaltene Kronenhöhe beträgt 6,2 mm.

Ba. Pt. 16, Taf. 4, Fig.1

Es handelt sich um eine abgebrochene Spitze Die Basis ist flach-oval ausgebildet. Der Zahn ist deutlich lingual gekrümmt und nur schwach in mesial – distaler Richtung. An der lingualen Seite sind feine Schmelzriefen sichtbar, die bei Annäherung an die mesialen und distalen Kanten umbiegen und dort schwache dentikelartige Bildungen hervorrufen. Die labiale Seite ist deutlich konvexer als die linguale Seite, die mesiale und distale Kanten sind daher jeweils deutlich in lingualer Richtung angeordnet. Die Kronenspitze zeigt eine Usur und auch Schmelzverlust, vermutlich durch mechanische Einwirkungen bei der Einbettung, besonders an der labialen Seite. Auf der Schmelzoberfläche der mittleren Kronenhöhe sind mehrere helle umlaufende Ringe erkennbar, die schwach ausgebildet sind.

Die erhaltene Länge an der Basis beträgt 4 mm und die Breite 2,2 mm. Die restliche Kronenhöhe beträgt 11,4 mm.

Ba Pt. 17, Taf. 4 Fig. 2

Es handelt sich um eine Kronenspitze, die deutlich nach innen und leicht seitlich geneigt ist. Kanten sind beidseitig vorhanden und deutlich zur lingualen Seite hin orientiert. Dadurch ist die labiale Seite deut-

lich stärker gerundet als die flachere linguale. Labial ist die Schmelzoberfläche fast glatt, während auf der lingualen Seite die unregelmäßig verlaufenden Riefung des Schmelzes sehr deutlich erkennbar ist. Diese verläuft teilweise in Richtung der Zahnkanten und bilden dort schwache Serrationen. Die Spitze ist stark abgetragen. Diese Abtragung des Zahnschmelzes setzt sich an der labialen Seite an der konvexeren Seite (mesial oder distal) fort. Der Zahnschmelz mit den seitlichen Kanten reicht bis zu den basalen Bruchkanten. Der basale Querschnitt ist flach-oval.

Die Länge an der Basis beträgt 3,6 mm und die Breite 2,1 mm. Die restliche Kronenhöhe beträgt 6,8 mm.

Ba. Pt. 18

Die Zahnkrone ist mit dem Ansatz der Wurzel vorhanden. Die Krone ist deutlich nach innen geneigt und weist nur eine schwache seitliche Krümmung auf. Beide Kanten sind vorhanden und befinden sich mittig zwischen der lingualen und der labialen Seite. Feine longitudinal verlaufende Schmelzriefen sind an der labialen und lingualen Seite jeweils deutlich erkennbar. Der Schmelzeinsatz an der Kronenbasis ist sichtbar. Er verläuft an der labialen Seite fast horizontal. An der lingualen Seite der Krone hingegen ist die Schmelzgrenze deutlich weiter in basaler Richtung ausgelenkt. Der Querschnitt der Wurzel ist fast rund. Die Krone hingegen zeigt einen ovalen Querschnitt. Die Spitze ist abgenutzt, das Dentin tritt als runde Fläche hervor.

Die Länge an der Basis der Krone beträgt 1,8 mm, die Breite 1,6 mm und die Höhe 5,2 mm.

Ba Pt. 19, Taf. 3, Fig. 2

Die vorhandene Kronenspitze ist deutlich nach innen und einer Seite geneigt. Mesiale und distale Schmelzkanten sind vorhanden, wobei die Schmelzkante an der konvexen (mesialen) Kante mehr lingual und die andere konkave Kante mehr mittig orientiert ist. Schmelzriefen sind deutlich an beiden Seiten sichtbar. Diese verlaufen auch zu den Zahnkanten und bilden dort schwache Serrationen. Der Zahnschmelz reicht bis zu den basalen Bruchkanten. Der basale Querschnitt ist ausgesprochen flach oval.

Die restliche basale Länge beträgt 2,7 mm und die Breite 1,3 mm. Die restliche Höhe der Krone beträgt 4,9 mm.

Ba. Pt. 20

Diese restliche Kronenspitze ist deutlich nach innen geneigt. Die labiale Seite ist fast glatt, während an der lingualen Seite deutlich feine longitudinal verlaufende Riefungen des Schmelzes vorhanden sind. Die Spitze ist stark abgenutzt, die Abnutzung verläuft über eine der beiden Kanten bis zur basalen Bruchkante. Daher ist eine seitliche Biegung dieser Kronenspitze nicht mehr feststellbar. Der Zahnschmelz reicht bis zu den basalen Bruchkanten. Die Schmelzkanten sind in lingualer Richtung angeordnet.

Die erhaltene Länge an der Basis beträgt 3,1 mm und die Breite 1,8 mm. Die restliche Kronenhöhe beträgt 4,4 mm.

Ba. Pt. 21

Die linguale Biegung ist nur schwach vorhanden, eine mesial-distale Biegung dagegen deutlich sichtbar. Der Zahn zeigt vollständige Schmelzbedeckung, ohne Riefung. Der Ansatz des Zahnschmelzes an der Basis ist vorhanden und verläuft an der labialen Seite wellenförmig und an der linguale Seite dagegen fast gerade. Die Kanten sind mesial und distal deutlich vorhanden. An der Spitze und an den beiden Kanten ist deutlicher Schmelzabtrag, vermutlich durch Abkautung, sichtbar. Die labiale Seite ist deutlich konvexer als die linguale, die Kanten sind in lingualer Richtung orientiert.

Die Länge an der Basis beträgt 3,8 mm und die Breite 3,1 mm. Die restliche Höhe beträgt noch 8,0 mm.

Ba. Pt. 22, Taf. 1, Fig. 3

Die Zahnkrone ist deutlich nach innen (lingual) gebogen. Eine seitliche Biegung ist dagegen nicht feststellbar. Die mesiale und distale Kante sind jeweils vorhanden. Die vorhandene Zahnkrone ist völlig mit Schmelz bedeckt, wobei die Spitze durch Abkautung und/oder Verwitterung frei von Schmelz ist. Insbesondere an der lingualen Seite sind feine Schmelzriefen sichtbar, die bei Annäherung an die mesiale und distale Kante feine, serrationsartige Bildungen zeigen. Die Basis ist flach-oval ausgebildet. Die labiale Seite ist deutlich stärker gewölbt als die flachere linguale. Die beiden Kanten sind deutlich nach lingual angeordnet.

Die Länge an der Basis beträgt 4,7 mm und die Breite 2,5 mm. Die restliche Kronenhöhe beträgt 11,4 mm.

Ba Pt. 23, Taf. 4, Fig. 3

Eine Schmelzbedeckung der vorhandenen Krone ist vollständig vorhanden, mit feinen longitudinal verlaufenden Riefungen sowohl an der lingualen, als auch an der labialen Seite. Eine der seitlichen Kanten ist abgebrochen. Die vorhandene mesiale oder distale Kante ist mittig zwischen der lingualen und der labialen Seite angeordnet. Besonders an der labialen Seite ist die basale Grenze der Schmelzornamentierung sichtbar. An der vorhandenen Kante sind, insbesondere an der lingualen Seite, schwache, dentikelartige Bildungen vorhanden. Der Zahn ist, soweit sich dies bei diesem abgetragenen Zustand beurteilen lässt, nur in inguinaler Richtung gekrümmt. Die Basis ist flach-oval ausgebildet.

Die Länge an der Basis beträgt 3,2 mm und die Breite 2,3 mm, die vorhandene Kronenhöhe erreicht 5,0 mm.

Ba Pt 24

Zahnfragment mit basal-apical verlaufendem Bruch, die linguale Seite der Krone fehlt. Das vorhandene Bruchstück ist vollständig mit Schmelz bedeckt, der deutliche feine longitudinal verlaufende Riefungen aufweist. Eine Kante ist vorhanden. An der Kronenbasis ist der Übergang von ornamentierten zu glattem Schmelz und zum Dentin sichtbar.

Die restliche Kronenhöhe beträgt 6.3 mm.

Ba Pt 25, Taf. 2, Fig. 3

Kronenspitze mit vollständiger Schmelzbedeckung. In lingualer und seitlicher Richtung ist jeweils eine schwache Neigung vorhanden. Die mesiale und distale Kante sitzen mittig zwischen der lingualen und der labialen Seite. Feine Schmelzriefungen sind besonders an der lingualen Seite sichtbar. Die Spitze zeigt geringe Abkautungsspuren. Der Zahnschmelz und die Schmelzkanten reichen bis zur basalen Bruchkante.

Die Länge an der Basis beträgt 2,2 mm und die Breite 1,6 mm. Die restliche Kronenhöhe beträgt 6,1 mm.

Ba Pt 26, Taf. 3, Fig. 3

Abgebrochene Spitze, lang und schlank und völlig mit Schmelz bedeckt. Eine linguale Biegung ist deutlich vorhanden, eine seitliche Biegung der Krone ist dagegen nur schwach erkennbar. Schmelzriefungen sind besonders an der lingualen Seite deutlich. Die Spitze ist abgetragen. Beide Kanten sind vorhanden und mittig angeordnet. Unterhalb der Spitze sind schwach ausgebildete helle, umlaufende Verfärbungsringe des Zahnschmelzes sichtbar.

Die Länge an der Basis beträgt 2,2 mm und die Breite 1,6 mm. Die vorhandene Kronenhöhe beträgt 6,2 mm.

Ba Pt 27

Der Zahn zeigt eine linguale sowie eine seitliche, mesiale oder distale Krümmung. Die mesialen und distalen Schmelzkanten sind vorhanden und mittig an den Kronenseiten angeordnet. Die Krone ist vollständig mit Schmelz bedeckt. Eine Schmelzornamentierung in Form von longitudinal verlaufenden feinen Schmelzriefen ist besonders an der lingualen Seite deutlich. An der Basis ist der Übergang von ornamentierten Schmelz zu glattem Schmelz und Dentin sichtbar. Der Ausdehnung des glatten Schmelzes beträgt an der labialen Seite fast 2mm. Die Kronenspitze ist deutlich abgetragen, besonders seitlich-labial.

Die Länge an der Basis beträgt 3,6 mm und die Breite 2,2 mm. Die restliche Kronenhöhe beträgt 9,6 mm.

Ba Pt 28

Krone mit abgebrochener und teilweise geklebter Wurzel. Die Basis ist deutlich flach-oval. Beide seitlichen Kanten sind vorhanden und mittig angeordnet. Der Zahn zeigt eine vollständige Schmelzbedeckung. Insbesondere an der lingualen Seite sind feine Schmelzriefen sichtbar, die meist longitudinal verlaufen, aber sich an den Rändern auch zu den Kanten hinwenden und dort schwache, dentikelähnliche Strukturen bilden. Die Spitze des Zahns ist abgenutzt.

Die Länge der Zahnbasis beträgt 4,3 mm, die Breite 2,8 mm und die restliche Kronenhöhe noch 15,8 mm.

Tafel 1

Morphotyp II nach Wellenhofer & Buffetaut (1999)

Fig. 1: LWL MN Ba Pt 2.

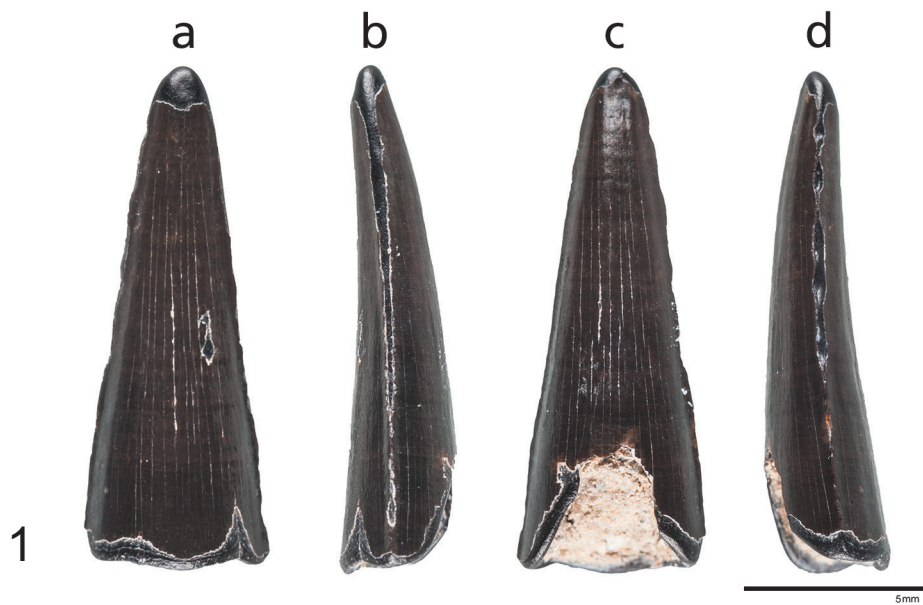
Fig. 2: LWL MN Ba Pt 3

Fig. 3: LWL Mn Ba Pt 22

a: linguale Ansicht

b und **d:** mesial/distale Ansicht

c: labiale Ansicht



Taf. 2

Morphotyp III nach Wellnhofer & Buffetaut (1999)

Fig. 1: LWL MN Ba Pt 1

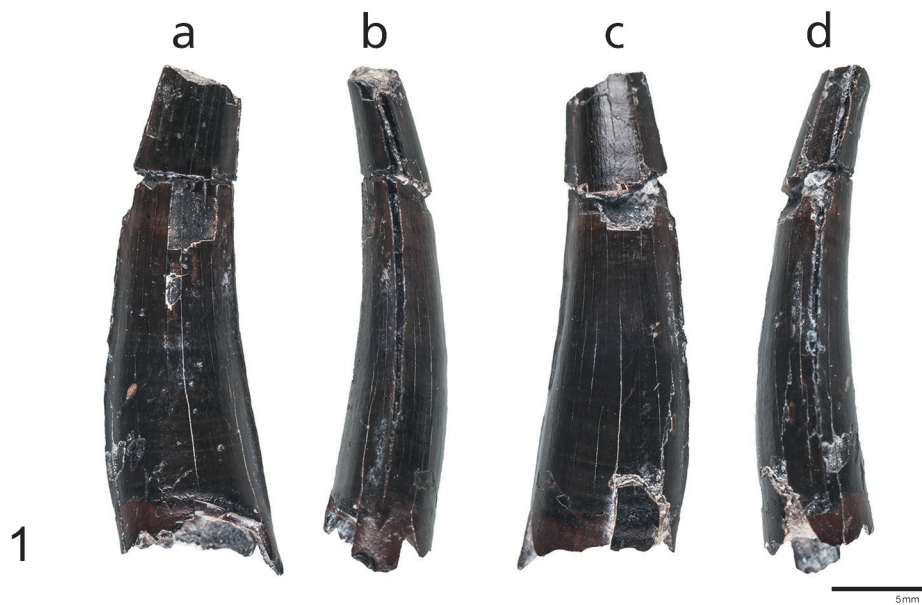
Fig. 2: LWL MN Ba Pt 14

Fig. 3: LWL MN Ba Pt 25

a: linguale Ansicht

b und **d:** mesial/distale Ansicht

c: labiale Ansicht



Taf. 3

Morphotyp III nach Wellnhofer & Buffetaut (1999)

Fig. 1: LWL MN Ba Pt 4

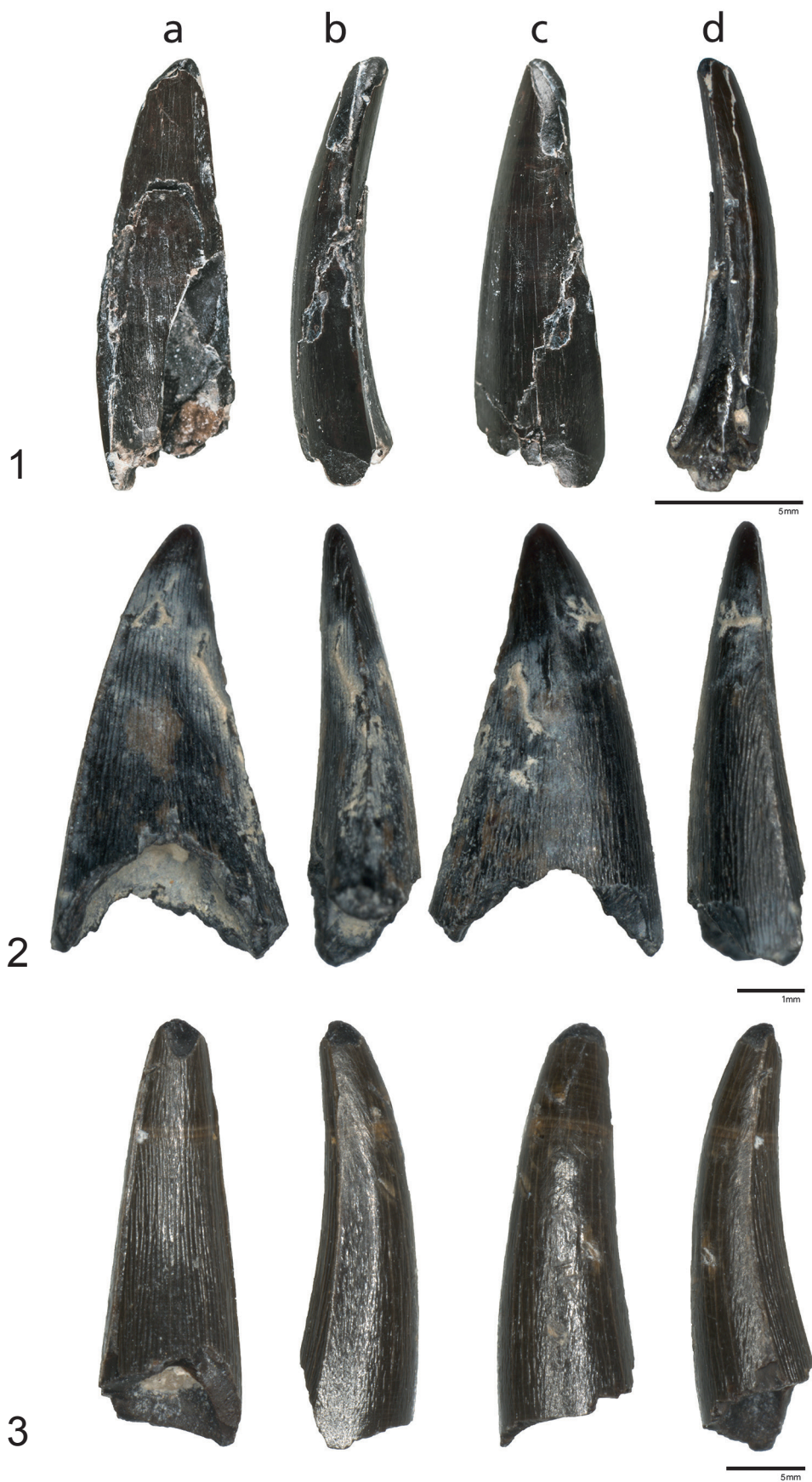
Fig. 2: LWL MN Ba Pt 19

Fig. 3: LWL MN Ba Pt 26

a: linguale Ansicht

b und **d:** mesial/distale Ansicht

c: labiale Ansicht



Taf. 4

Fig 1 und 2 Morphotyp III nach Wellnhofer & Buffetaut (1999)

Fig. 1: LWL MN Ba Pt. 16

Fig. 2: LWL MN Ba Pt 17

Fig. 3: LWI MN Ba Pt 23, mit starkem Zahnabtrag. Auf der buccalen Ansicht ist der Übergang zwischen Dentin, glattem Schmelz und gefaltetem Schmelz erkennbar.

a: linguale Ansicht

b und **d:** mesial/distale Ansicht

c: labiale Ansicht



Ein Verzeichnis der lieferbaren Hefte erhalten Sie beim:

**LWL-Museum für Naturkunde
Sentruper Str. 285, 48161 Münster
Tel.: (02 51) 5 91 - 60 97
Fax: (02 51) 5 91 - 60 98
e-mail: angelika.schacht@lwl.org**

Preise zuzüglich Porto- und Verpackungskosten!

ISSN 0176-148X
ISBN 978-3-940726-37-7

