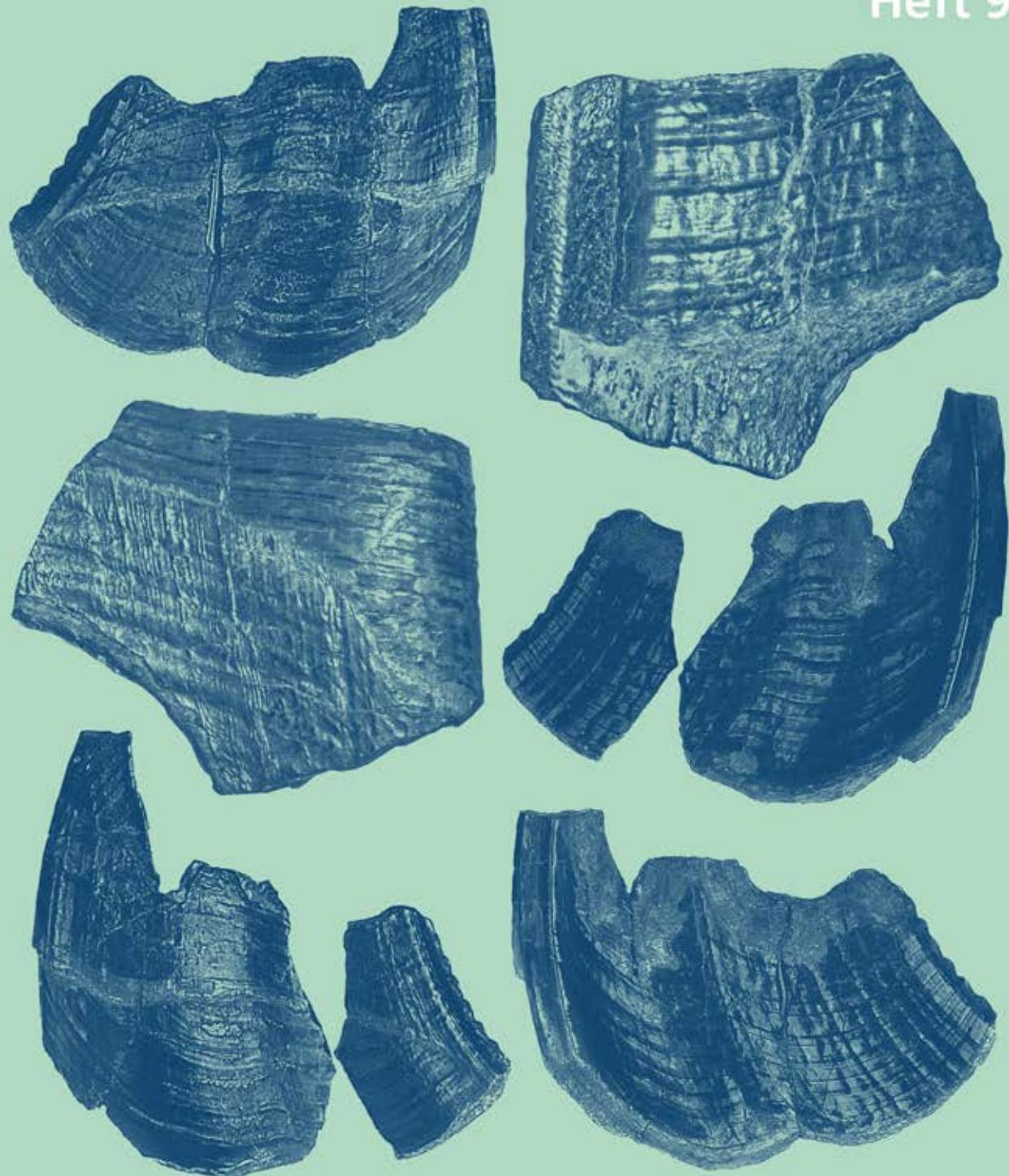


# GEOLOGIE UND PALÄONTOLOGIE

## IN WESTFALEN

Heft 98



LWL-Museum für Naturkunde  
Westfälisches Landesmuseum mit Planetarium

**LWL**  
Für die Menschen.  
Für Westfalen-Lippe.

## Folgende Hinweise sind zu beachten, wenn Sie ein Manuskript bei Geologie und Paläontologie in Westfalen einreichen wollen.

Geologie und Paläontologie in Westfalen berücksichtigt alle Manuskripte unter der Voraussetzung, dass

- das Manuskript Ihr eigenständiges Werk ist und keine Kopie einer anderen, zuvor publizierten Arbeit darstellt, einschließlich Ihrer eigenen bereits publizierten Werke.
- das Manuskript ausschließlich zu Geologie und Paläontologie in Westfalen eingereicht wurde; es darf nicht an anderer Stelle eingereicht, in Begutachtung oder zur Veröffentlichung angenommen sein;
- das Manuskript keine missbräuchlichen, verleumderischen, beleidigenden, obszönen, betrügerischen oder illegalen Äußerungen und Inhalte umfasst.

## Vorbereitung des Manuskriptes

### 1. Allgemeine Richtlinien

Geologie und Paläontologie in Westfalen publiziert Forschungsarbeiten ausschließlich als Originalartikel. Artikel sollten vorzugsweise Themen und/oder Material aus Westfalen-Lippe oder angrenzende Regionen behandeln. Die bevorzugte Sprache für Manuskripte ist Deutsch; es werden auch englische Manuskripte akzeptiert, wobei die Rechtschreibung und Interpunktions des britischen Englisch bevorzugt wird.

Manuskripte sollten in der folgenden Reihenfolge zusammengestellt sein: Titelblatt; Kurzfassung; Schlüsselwörter; Haupttext; Danksagung; Literaturverzeichnis; Anhang (soweit vorhanden); Tabelle(n) mit Beschriftung(en) (auf separaten Seiten); Abbildungsbeschriftung(en) (in Form einer Liste). Kurzfassungen sind für alle eingereichten Manuskripte erforderlich; Manuskripte auf Deutsch erfordern eine zusätzliche, englische Kurzfassung; für englische Manuskripte ist eine zusätzliche deutsche Kurzfassung obligatorisch. Auf Wunsch der Autoren bietet die Redaktion Unterstützung bei der Übersetzung der Kurzfassung an oder übernimmt diese komplett. Jedes Manuskript sollte 3 bis 6 Schlüsselwörter haben.

Abschnittsüberschriften sollten knapp und präzise formuliert sein.

Alle Autoren eines Manuskriptes sollten ihren vollen Namen, ihre Institutzugehörigkeit, Anschrift und E-Mail-Adresse auf dem Titelblatt des Manuskriptes angeben. Ein Autor sollte als korrespondierender Autor kenntlich gemacht werden. Bitte geben Sie das Institut an, an dem die Forschung durchgeführt wurde.

Bitte beachten Sie, dass die E-Mail-Adresse des korrespondierenden Autors in der Regel in der PDF- und in der Online-Version des Artikels veröffentlicht wird.

Der korrespondierende Autor muss von allen Mitverfassern autorisiert sein, diese in allen Angelegenheiten betreffend die Publikation des Manuskriptes zu vertreten.

Bitte geben Sie in der Danksagung in folgender Form Auskunft über alle Details bezüglich jeglicher Institutionen, Gesellschaften, o.ä., welche an Finanzierung, Förderung oder Bezuschussung der Forschung beteiligt waren: „Diese Arbeit wurde unterstützt durch [Leistungsträger 1] unter dem Kennzeichen [Nummer] und [Leistungsträger 2] unter der Kennziffer [Nummer].“

Autoren müssen sich an SI-Einheiten halten.

Bei Verwendung eines Wortes, welches als Schutzmarke eingetragen ist oder sein wird, müssen die Autoren das Symbol ® oder ™ verwenden.

### 2. Stilistische Richtlinien

#### Haupttext

**Organisation des Artikels:** Einleitung, Material und Methoden, Ergebnisse, Diskussion, Schlussfolgerung, Danksagung, Literaturverzeichnis. Der gesamte Text sollte so formatiert sein, wie er in dem endgültigen Druck erscheinen soll (kursiv zu druckender Text sollte *kursiv* und **fett** zu druckender Text **fett** sein).

**Schreibweise:** Alle Zahlen von eins bis einschließlich zwölf, alle Zahlen, welche den Beginn eines Satzes darstellen, alle Gattungsnamen, welche den Beginn eines Satzes darstellen, alle Gattungsnamen, welche zum ersten Mal in einem Absatz erwähnt werden und Himmelsrichtungen (z.B. Nord-Ost, nicht NO) sollten ausgeschrieben werden.

Bindestriche (-) sollten bei der Angabe von Größen, Messwerten, Seitenzahlen, geologischen Stufen, Jahren, Abbildungsverweisen, etc., verwendet werden (z.B. 4-7 µm, S. 56-59, triassis-ch-jurassisch, 1959-1963, Abbildung 3A-C etc.).

**Abkürzungen und Symbole** sollten mit denen in *Biological Abstracts* übereinstimmen. Es sollten durchgängig SI-Einheiten (Système International d'Unités) verwendet werden (siehe <http://physics.nist.gov/cuu/Units/index.html>)

**Die Autoren von Arten** sollten bei der ersten Nennung des Artnamens im Text vollständig angegeben werden; Autoren von Taxa oberhalb des Artranges können in dem systematischen Abschnitt angegeben werden.

**Wissenschaftliche Namen** von Gattungen und Taxa untergeordneten Ranges müssen *kursiv* geschrieben werden. Für wissenschaftliche Namen von Gattungen und Arten sollten folgende Datenbanken berücksichtigt werden: für Tiere der AnimalBase Index (siehe <http://www.animalbase.org/>); für Pflanzen der International Plant Names Index (siehe <http://ipni.org/>) und für fossile Pflanzen der International Fossil Plant Index (siehe <http://fossilplants.info/>).

#### Überschriften

Drei Kategorien von Überschriften sind verfügbar. Bitte beachten Sie folgende Formatierung:

1. **Ergebnisse**
2. **Beschreibung des Schädels**
3. **Zahnformel:** Diese Überschrift geht in der selben Zeile in den fortlaufenden Text über (wie in diesem Beispiel).

#### Titel

Der Titel sollte präzise und informativ sein und nicht länger als 150 Zeichen, inkl. Leerzeichen, sein.

#### Namen der Autoren und Institutzugehörkeiten

Unterhalb des Titels werden die vollständigen Namen und Adressen der Autoren angegeben. Eine E-Mail-Adresse ist nur vom korrespondierenden Autor notwendig.

#### Kurzfassung und Schlüsselwörter

**Kurzfassung:** Eine Kurzfassung, nicht länger als 250 Wörter, sollte direkt nach den Adressen der Autoren folgen. Die Kurzfassung sollte klar und präzise formuliert sein und die Forschungsergebnisse wiedergeben. Sie sollte keine Zusammenfassung des Artikels sein. Sollte der Artikel neue Taxa beschreiben, so sollten diese auch in der Kurzfassung enthalten sein.

**Schlüsselwörter:** 3 bis 6 Schlüsselwörter sind für jedes Manuskript erforderlich.

#### Einleitung

Dieser Abschnitt sollte kurz und aussagekräftig dem Leser ausreichend aktuelle Hintergrundinformation über die in dem Artikel behandelten Themen bieten. Dieser Abschnitt enthält keine Ergebnisse.

#### Material und Methoden

Dieser Abschnitt sollte detailliert das Material und die Methoden die in der Studie verwendet werden beschreiben, so dass diese reproduziert werden kann. Beschreiben Sie hier auch den **geologischen Hintergrund**. Dieser Abschnitt enthält keine Ergebnisse.

#### Ergebnisse

Daten und Beobachtungen, welche die Grundlage für die darauffolgende Diskussion bilden, sollten in diesem Abschnitt behandelt werden. Vermeiden Sie Ausdrücke wie „Tabelle 1 zeigt ...“ oder „... wie in Abbildung 1 dargestellt“. Zulässig ist eine Aussage oder ein Satz, gefolgt von dem re-

levanten Bezug auf Tabellen oder Abbildungen in Klammern. Bitte beachten Sie, dass Abbildungen, Tafeln und Tabellen abgekürzt werden (Abb. 1a, Taf. IA, Tab. I, Appendix 1).

#### Diskussion

Dieser Abschnitt sollte eine Interpretation der Ergebnisse beinhalten, zusätzlichen Primärdaten oder -ergebnisse werden hier nicht beschrieben.

#### Schlussfolgerung

Bitte fügen Sie eine separate Schlussfolgerung bei, welche die Bedeutung der Arbeit und der Ergebnisse herausstellt.

#### Danksagungen

Wenn Sie Einzelpersonen danken möchten, geben Sie immer Institutzugehörigkeit, Stadt und Land an; vermeiden Sie akademische Titel.

#### Literaturnachweise im Text

Literaturverweise im Fließtext sollten wie folgt zitiert werden: Müller (2008) oder (Müller 2008); soll auf einen bestimmten Textabschnitt oder eine spezifische Abbildung verwiesen werden (Zitat), so gilt „Bewegungsrichtung des Unterkiefers (Crompton 1971, Abb. 1e)“ oder „... kein gültiger veröffentlichter Grund zum Ausschluss der Humeri und Kieferfragmente (Hutchison 1974, S. 223)“. Bei Literaturverweisen mit zwei Autoren werden die Namen mit einem & verbunden; Quellenangaben mit drei oder mehr Autoren sollten gekürzt werden: Erstautor et al. (1968).

Beachten Sie, dass die Autoren **nicht** durch ein Komma der Jahresangabe getrennt werden, und dass die Liternaturnachweise in chronologischer Reihenfolge erscheinen sollten. Sollten Sie mehrere Fachartikel zitieren, trennen Sie die einzelnen Artikel durch ein Semikolon (z.B. Cantrill 1995, 1996; Schulze et al. 2002a; Meyer & Bertrand 2004; Poole et al. 2005).

**Autoren von Taxa:** Autorennamen von zoologischen Taxa (Arten und Taxa niedriger Rangstufen) sollten dem International Code of Zoological Nomenclature ICZN, Art. 51 entsprechen (z.B. *Loxodonta africana* Blumenbach, 1797); Autorennamen von botanischen Taxa (Art und Taxa niedriger Rangstufen) sollten den Standardabkürzungen des International Plant Names Index IPNI (<http://ipni.org/>) entsprechen (z.B. *Pterophyllum angustifolius* Brongn., 1825); bei zwei oder mehr Autoren nutzen sie das lateinische „et“.

Formatieren Sie Autorennamen stets in normaler Textform, benutzen Sie keine GROSSBUCHSTABEN, KAPITÄLCHEN oder *kursive* Schrift.

#### Literaturverzeichnis

Alle im Text, in Tabellen und in Abbildungen angegebenen Literaturverweise sollten im Literaturverzeichnis aufgeführt werden. Achten Sie besonders darauf, dass alle zitierten Literaturverweise im Literaturverzeichnis aufgeführt sind und dass alle Weise im Literaturverzeichnis auch im Text verwendet werden. Bitte überprüfen Sie die Angaben, bevor Sie Ihr Manuskript einreichen. Listen Sie die Liternaturnachweise in alphabatischer Reihenfolge nach dem Namen des Autors oder Herausgebers auf, ungeachtet der Anzahl weiterer Autoren. Sollte mehr als eine Publikation von demselben Autor/derselben Autorengruppe aufgeführt sein, so sollten diese in chronologischer Reihenfolge aufgelistet werden. Nutzen Sie **arabisches Ziffern für Bandnummern, nennen Sie keine Teil-Nummerierung**, außer wenn ein jedes Heft einer Reihe mit Seite 1 beginnt.

**Geben Sie den vollständigen Zeitschriftentitel an.**

**Achten Sie in besonderem Maße auf die Formierung der Literaturzitate;** bitte beachten Sie die letzte Ausgabe der Zeitschrift als stilistischen Vorlage. Ist ein Titel transkribiert oder übersetzt worden, sollte die Originalsprache in Klammern am Ende des Liternaturnachweises angegeben werden. Bitte kontrollieren Sie alle Titel auf die **korrekte Schreibweise**, besonders bei nicht-deutschsprachigen Titeln!

#### Beispiele

##### Wissenschaftliche Artikel

Müller, A. 2008: Ein artikulierter Fund von *Ptycho-*

dus aus dem Obercenoman von Westfalen. – Geologie und Paläontologie in Westfalen 70: 55-63.

*Artikel, die vor dem Druck online veröffentlicht wurden:*

Almaguer, M., Aira, M.-J., Rodríguez-Rajo, F.-J. & Rojas, T.-I. 2013: Study of airborne fungus spores by viable and non-viable methods in Havana, Cuba. – Grana, in press. doi:10.1080/00173134.2013.829869.

**Bitte beachten:** Geben Sie stets die doi-Nummer an. Bei der Suche nach der doi wird der Leser immer auf die aktuellste Version verwiesen, dadurch findet er den endgültigen, veröffentlichten Artikel, sobald er erscheint.

*Online-Zeitschriften:*

Bates, K.T., Manning, P.L., Hodgetts, D. & Sellers, W.I. 2009: Estimating mass properties of dinosaurs using laser imaging and 3D computer modelling. – PLoS ONE: 4: e4532. doi: 10.1371/journal.pone.0004532

**Bitte beachten:** Fügen Sie stets die doi-Nummer nach der Band- und der Artikelnummer hinzu.

*Bücher:*

Kielan-Jaworowska, Z., Cifelli, R.L. & Luo, Z.-X. 2004: Mammals from the age of dinosaurs. New York: Columbia University Press.

*Buchkapitel:*

Blackmore, S. 1992. Scanning electron microscopy. In: Nilsson S. & Praglowki J. (Hrsg.), Erdmann's handbook of palynology, 403-431. Copenhagen: Munksgaard.

*Tagungsbeiträge/Kurzfassungen:*

Loch, C. 2014: The enamel ultrastructure of fossil cetaceans (Cetacea, Archaeoceti and Odontoceti). – Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology, Berlin, Deutschland, 05.-08. November 2014, 170.

**Bitte beachten:** Geben Sie Titel, Ort und Datum der Konferenz an.

*Abschlußarbeiten:*

Ifrim, C. 2006: The Fossil Lagerstätte at Vallecillo, north-eastern Mexico: pelagic plattenkalks related to Cenomanian-Turonian boundary anoxia. – Dissertation, Universität Fridericiana, Karlsruhe, Germany.

*Datenbanken:*

Astúa de Moraes, D., La Sancha, N. de & Costa, L. 2011: *Didelphis aurita*. – IUCN Red List of threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>; letzter Zugriff: 03. April 2013.

**Bitte beachten:** Geben Sie das Datum des letzten Zugriffs auf die Datenbank an.

**Tabellen**

Alle Tabellen müssen als separate Dateien (.xlsx oder .xls) eingereicht werden. Sie sollten entsprechend ihrer Reihenfolge im Text mit lateinischen Ziffern nummeriert werden (z.B. Tab. I, Tab. II, Tab. III, ...) und kurze, selbsterklärende Überschriften haben. Nutzen Sie SI-Einheiten. Autoren sollten beim Erstellen der Tabellen das Seitenlayout der Zeitschrift berücksichtigen. Es werden Tabellen bevorzugt, die auf eine Seite passen. Es sollte eine detaillierte Erklärung von Symbolen, Einheiten und Abkürzungen gegeben werden.

**Abbildungen**

Bitte beachten Sie die folgenden Richtlinien: Die Redaktion kann keine Manuskripte und Abbildungen bearbeiten, die nicht dem Zeitschriftenstil entsprechen. Ein hoher Standard der Abbildungen (sowohl von Vektor- als auch von fotografischen Abbildungen) ist von der Redaktion erwünscht. Alle Abbildungen sollten elektronisch und in entsprechender Auflösung eingereicht werden; bitte beachten Sie folgende Richtlinien sorgfältig um die problemlose Wiedergabe Ihrer Abbildungen in exzellenter Qualität zu gewährleisten:

- Abbildungen müssen **einzelne und getrennt vom Text** eingereicht werden. Abbildungen sollten nicht in die Textdatei eingebettet werden.
- Abbildungen in Farbe sind kostenfrei.
- Alle Abbildungen sollten, passend für die

Bildbreiten 80 mm (Spaltenbreite), 113 mm (2/3 der Seitenbreite) oder 169 mm (Seitenbreite) und bis zu einer Höhe von 254 mm (volle Seite), für den Druck formatiert werden. Vorzugsweise sollte nicht die volle Seitenhöhe ausgenutzt werden, damit die Abbildungsunterschrift unter die Abbildung gesetzt werden kann. Wenn die volle Seitenhöhe für Tafeln benötigt wird, wird die Abbildungsunterschrift auf der gegenüberliegenden Seite erscheinen.

- Digitale Fotos müssen eine Mindestauflösung von **300 dpi** haben, Farabbildungen eine Mindestauflösung von **600 dpi**.
- Zusammengesetzte Abbildungen werden als Tafeln bezeichnet, die Einzelabbildungen mit Großbuchstaben, jeweils in der unteren, linken Ecke, versehen (Taf. IA, Taf. IIC).
- Weitere im Text erscheinende Abbildungen (Textabbildungen) werden entsprechend ihrer Reihenfolge im Text mit arabischen Zahlen versehen (Abb. 1, Abb. 2).
- Vermeiden Sie es rasterelektronenmikroskopische und lichtmikroskopische Bilder auf ein und derselben Tafel zu vereinen.
- Bildunterschriften sollten am Ende des Manuskripts in der Textdatei angegeben werden und entsprechend nummeriert sein.
- Dateien sollten in einem der folgenden Formate gespeichert und eingereicht werden: TIFF (Tagged Image File Format; **bevorzugt!**), PostScript oder EPS (Encapsulated PostScript), und alle notwendigen Schriftartinformationen beinhalten. Zum Verringern von Dateigrößen kann die LZW-Komprimierung beim Speichern der Datei angewendet werden.
- Bitte reichen Sie Strichzeichnungen und Vektorgraphiken als Adobe Illustrator oder EPS-Dateien ein. Diese müssen ein Minimum von **600 dpi** haben. Hohe Auflösung kann von Nöten sein, wenn feine Linien und Details enthalten sind.
- Ergebnisse in graphischer Darstellung (z.B. Diagramme) aus Statistiksoftware sollten direkt in eine PDF-Datei gedruckt werden, die dann eingereicht werden kann. Diagramme in Microsoft Excel können als Excel-Dateien eingereicht werden. Bitte beachten Sie, dass alle vertikalen Achsen den gleichen Maßstab haben. Vermeiden Sie dreidimensionale Darstellungen für zweidimensionale Daten.

**Bitte beachten:** Es ist im Sinne des Autors, die höchstmögliche Bildqualität zur Verfügung zu stellen. Bitte kontaktieren Sie die technische Redaktion, wenn Sie Fragen haben.

**Bitte beachten:** Beschriftungen von Abbildungen und Tafeln sollten in einer serifenlosen Schriftart (z.B. Segoe UI oder Arial) erfolgen und eine Schriftgröße zwischen 12 und 20 pt haben. Die Beschriftung der Einzelabbildungen einer Tafel erfolgt von links nach rechts; Einzelabbildungen sollten durch ein einheitliches Gitter von 2 mm Breite getrennt sein.

Beschriftungen in Abbildungen sollten deutlich lesbar sein, die Schriftgröße sollte zwischen 6 und 10 pt liegen.

Maßstabsbalken werden nach Möglichkeit in der rechten unteren Ecke platziert; Größenangaben wie „Originalgröße, x1, x2, ...“ sind nicht zulässig. Maßstabsbalken werden nicht beschriftet, diese Info wird in der Abbildungsunterschrift gegeben.

**Bitte beachten:** Elektronisch erstellte Maßstabsbalken und Beschriftungen aus REM-Aufnahmen sind unzulänglich und sollten entfernt werden.

**Tabellen- und Abbildungsbeschriftungen**

Bitte geben Sie für jede Abbildung an, in welcher Größe sie gedruckt werden soll (Spaltenbreite, 2/3 Seitenbreite, Seitenbreite). Abbildungsbeschriftungen sollten im Format der Zeitschrift formatiert werden, kurz und präzise sein, und es sollte berücksichtigt werden, dass die Abbildungsunterschriften unter den Abbildungen platziert werden.

*Beispiel:*

**Abb. 5: Parapuziosa (Parapuziosa) seppenradensis.** Dimorphismus, roter Pfeil zeigt Beginn der

Wohnkammer. **a** Exemplar der Familie Siepe, Microconch, zeichnerisch ergänzt. **b** Lectotypus, größtes Exemplar, LWL-Museum für Naturkunde, Münster, Macroconch. Maßstab 10 cm (A), 30 cm (B). [2/3 Seitenbreite]

**Taf. V: Alphadon marshi**, linke obere Zahnreihe in **A** labialer, **B** lingualer und **C** okklusaler Ansicht.

### 3. Sonstiges

#### Begutachtung

Der Autor wird gebeten, zwei potentielle Fachgutachter, inklusive Kontaktdata, zu nennen. Zusätzliche Vorschläge werden begrüßt.

#### Publikationskosten

Für die Veröffentlichung in *Geologie und Paläontologie in Westfalen* fallen keine Publikationsgebühren an.

#### Urheberrechtlich geschütztes Material

Sollte Ihr Manuskript Material beinhalten, für das Sie keine Urheberrechte besitzen, benötigen Sie vor dem Einreichen eine schriftliche Genehmigung durch den Inhaber des Urheberrechts. Solches Material kann aus Texten, Dateien, Tabellen, Abbildungen, Fotografien, Strichzeichnungen, Karten, BildschirmOTOS, o.ä., bestehen. Dies gilt sowohl für die direkte (wortgetreue oder faksimile), als auch für die „abgeleitete“ Reproduktion (bei der Sie eine neue Abbildung oder Tabelle erstellt haben, die wesentlich aus einer urheberrechtlich geschützten Quelle stammt).

Sie müssen sicherstellen, dass die Ihnen erteilte Genehmigung zur Wiederverwendung durch den Inhaber des Urheberrechts in jeder Abbildungsunterschrift oder Tabellenüberschrift ordnungsgemäß angegeben wird. Sie sind allein verantwortlich für jegliche Gebühren, die der Urheber für die Wiederverwendung verlangen kann. Die Wiedergabe kurzer Textauszüge, mit Ausnahme von Gedichten und Liedtexten, zum Zweck der Kritik, ist ohne formelle Erlaubnis gestattet, sofern das Zitat genau wiedergegeben und akkurat zitiert wird.

#### Einreichen des Manuskripts

Alle Manuskriptbestandteile werden als E-Mail-Anhang an den Chefredakteur gesendet. Manuskripte können in jeglichem, editierbarem Standardformat eingereicht werden, vorzugsweise als Word-Datei. Die Dateien werden für die Begutachtung in PDF-Dateien umgewandelt.

#### Urheber- und Autorenrechte

Um die Integrität, Verbreitung und den Schutz der veröffentlichten Artikel gegen Urheberrechtsverletzungen zu gewährleisten, werden Sie gebeten, dem LWL-Museum für Naturkunde mittels eines Autorenvertrags die Urheberrechte an Ihrem Artikel zu übertragen. Als Artikel gilt die endgültige und zitierfähige Version, die sich aus folgenden Bestandteilen zusammensetzt: das akzeptierte Manuskript in seiner endgültigen Form, inklusive Kurzfassung, Text und Literaturverzeichnis, sowie alle zugehörigen Tabellen, Abbildungen und Daten. Unser Autorenvertrag mit Ihnen bildet die gesamte und einzige Vereinbarung zwischen dem LWL-Museum für Naturkunde und Ihnen; es werden keine Änderung, Ergänzung oder sonstige Mitteilung bei der Auslegung der Rechte und Pflichten des LWL-Museums für Naturkunde im Rahmen dieser Vereinbarung berücksichtigt.

#### Freie Verfügbarkeit/Sonderdrucke

Alle Artikel und Bände von *Geologie und Paläontologie in Westfalen* sind über die Webseite des LWL-Museums für Naturkunde (<https://www.lwl-naturkundemuseum-muenster.de/de/naturkundemuseum/literatur/schriftenreihen/download-geologie-u-palaeontologie/>) frei verfügbar (open access). Der korrespondierende Autor erhält eine kostenlose PDF-Datei des Artikels und fünf Exemplare des entsprechenden Heftes; alle weiteren Autoren erhalten jeweils ein kostenloses Exemplar des Heftes.

Letzte Aktualisierung am 30. Juni 2022

# Geologie und Paläontologie in Westfalen

seit 1983

Die Schriftenreihe *Geologie und Paläontologie in Westfalen* wurde 1983 begründet, um der geologischen und paläontologischen Erforschung Westfalen-Lippes eine wissenschaftliche Plattform zu geben. Da das bloße Fossil ohne einen geologische Rahmen wenig Aussagekraft hat, werden in dieser Reihe sowohl geologische als auch paläontologische Artikel veröffentlicht.

Ein peer-review-Verfahren dient der Qualitätssicherung; die kostenfreie online-Ausgabe soll die allgemeine Wahrnehmung sichern. Um Westfalens fossiles Erbe auch international sichtbar zu machen, werden Artikel in deutscher und englischer Sprache veröffentlicht. Die Publikationssprachen sind dabei Deutsch und Englisch. Zusätzlich werden Meldungen über Funde und Forschung aus Westfalen-Lippe sowie Kurzberichte über Westfalen-relevante wissenschaftliche Artikel, die an anderer Stelle erschienen sind, in der Rubrik "Mitteilungen" veröffentlicht.

Titelbild Zahnplatten von *Stoilodon lindenbergi* n. sp., Abb. 3, 4 & 5 aus Hornung et al.  
und hinteres Zahnplatte von *Stoilodon lindenbergi* n. sp., Abb. 3 aus Hornung et al.  
Umschlagbild

## Herausgeber

Landschaftsverband Westfalen-Lippe (LWL)  
LWL-Museum für Naturkunde  
Sentruper Str. 285, 48161 Münster  
Tel.: 0251/591-05, Telefax: 0251/591 6098  
[www.lwl-naturkundemuseum-muenster.de](http://www.lwl-naturkundemuseum-muenster.de)

Rico Schellhorn (Wirbeltiere)  
Institut für Geowissenschaften, Abteilung Paläontologie,  
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn

Lothar Schöllmann (Wirbellose, Geologie & Mineralogie)  
LWL-Museum für Naturkunde, Münster

## Redaktionsleitung

Achim H. Schwermann  
LWL-Museum für Naturkunde, Münster  
[achim.schwermann@lwl.org](mailto:achim.schwermann@lwl.org)

Achim H. Schwermann (Wirbellose & Wirbeltiere)  
LWL-Museum für Naturkunde, Münster

## Lektorat

Leonie Schwermann

ISSN 0176-148X  
ISBN 978-3-940726-94-0  
© November 2024 LWL

## Redakteure

Manja Hethke (Wirbellose)  
LWL-Museum für Naturkunde, Münster  
  
Christian Pott (Paläobotanik & Palynologie)  
LWL-Museum für Naturkunde, Münster

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.

# An Early Pleistocene paleosinkhole in the Rhenish Massif, Germany

Mathias Knaak, Rüdiger Stritzke, Ulrike Wefels, Stefan Henscheid & Daniel Schrijver

## Abstract

Mathias Knaak  
Geological Survey of Northrhine-Westphalia  
De-Greiff-Str. 195  
47803 Krefeld  
Germany

Rüdiger Stritzke  
Department of Earth Sciences  
Ruhr-University Bochum  
Universitätsstr. 150  
44801 Bochum  
Germany

Ulrike Wefels,  
Stefan Henscheid &  
Daniel Schrijver  
Geological Survey of Northrhine-Westphalia  
De-Greiff-Str. 195  
47803 Krefeld  
Germany

corresponding author:  
[ruediger.stritzke@rub.de](mailto:ruediger.stritzke@rub.de)

Manuskript  
Eingegangen: 06.03.2024  
Akzeptiert: 01.07.2024  
Online verfügbar: 10.07.2024  
© LWL-Museum für Naturkunde

Karstification and development of caves and sinkholes are a common feature of Devonian reef limestone complexes in the Rhenish Massif. Sinkhole deposits formed shortly after reef emergence in the Devonian to the present day. These deposits are a remarkable archive of paleo-climate and paleo-environmental conditions. Early Pleistocene clastic deposits have been exposed in a paleosinkhole during mining at the Düstertal quarry near Bleiwäsche/Brilon Reef Area. Comparable sedimentary sequences from this time period are scarce in northern and central Germany. Palynological and accompanying heavy mineral analysis imply that the described sedimentary sequence in the sinkhole deposits can be assigned to the Bavel Complex of the Early Pleistocene.

**Keywords:** Rhenish Massif; Germany; sinkhole; Early Pleistocene

## Zusammenfassung

Verkarstung, Höhlenbildung und Dolinen sind weit verbreitete Phänomene in den devonischen Riffkomplexen des Rheinischen Massifs. Dolinenfüllungen bildeten sich kurz nach der Riffentstehung bis zum heutigen Tag. Diese Ablagerungen sind ein exzellentes Archiv der Paläoklima und -Umweltbedingungen.

Während Abbauarbeiten im Steinbruch Düstertal nahe Bleiwäsche/Briloner Riff erschlossen sich in einer Paläodoline frühpleistozäne klastische Ablagerungen. Vergleichbare Sedimentabfolgen aus dieser Periode sind selten in Nord- und Mitteleuropa. Palynologische und beleitende Schwermineralanalysen implizieren, dass die beschriebene sedimentäre Dolinenfüllung in den Bavelkomplex des frühen Pleistozäns datiert.

**Schlüsselwörter:** Rheinische Masse; Deutschland; Karstschlote; Frühpleistozän

## Introduction

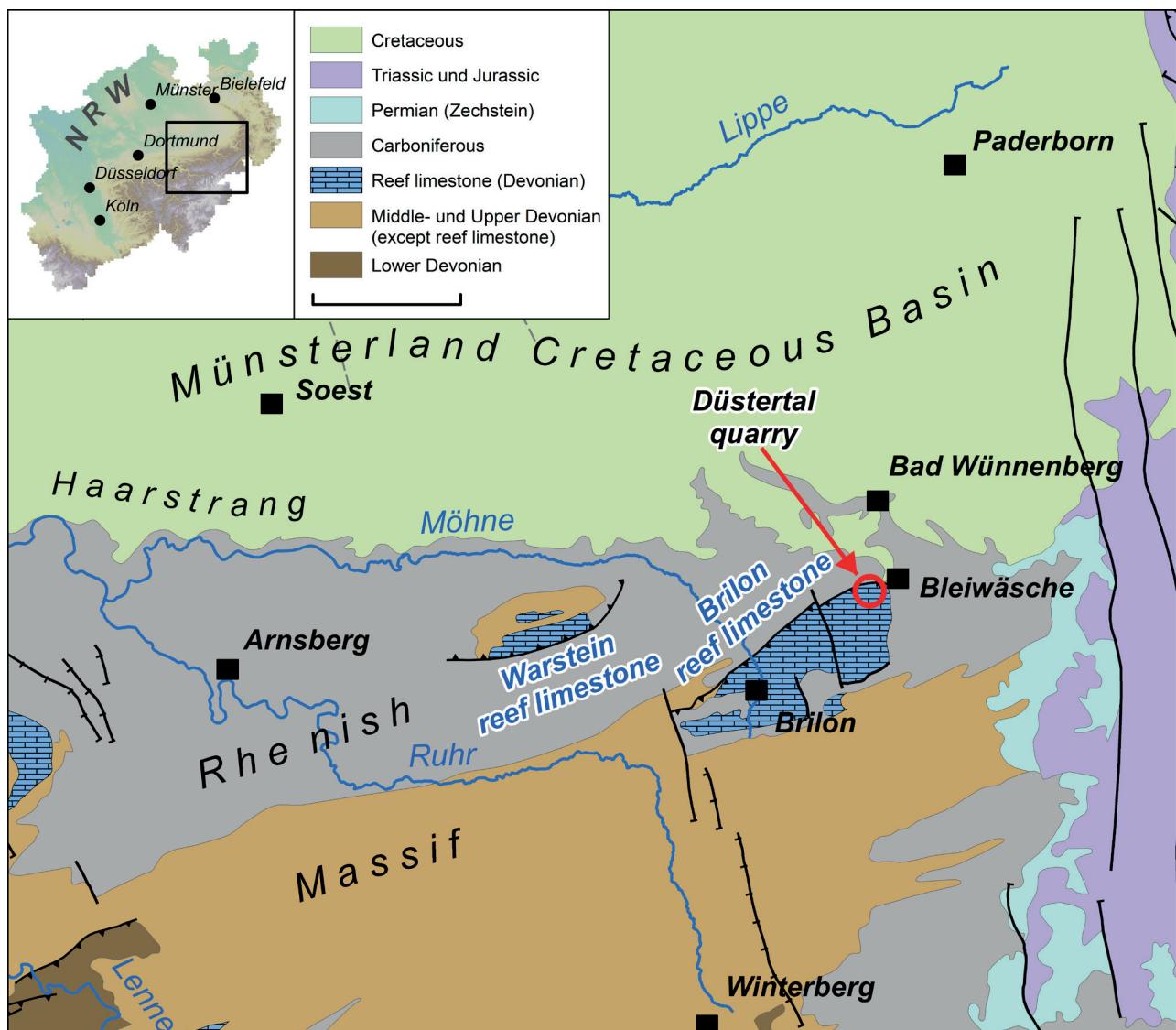
During mining at the Düstertal quarry near Bleiwäsche at the eastern edge of the Brilon Reef Complex/Sauerland/Germany a paleosinkhole had been exposed (Fig. 1). The aim of this contribution is to shed more light on the origin of this paleosinkhole filled with Early Pleistocene unconsolidated sediments.

The knowledge about the formation of karst in limestone deposits and its genesis is of great importance with regard to raw material exploration, hydrogeology, engineering geology and geothermal energy, but also for the assessment of geohazards.

Karstification requires soluble rocks, such as limestone, favorable climatic factors, and an appropriate hydraulic regime (White, 1988). Environmental changes cause fluctuations and even stagnation in karst development and thus the formation of paleokarst. In many cases, the development of sinkholes filled with clastic sediments is due to complex gravi-

tational subsidence or collapse processes in karstified rocks. Gutiérrez et al. (2008) distinguish between slow subsidence of a cover sagging sinkhole (Subrosions-senke), e.g., due to solution processes at the boundary between karstified carbonates and overlying unconsolidated overburden (Lösungsdoline), and sudden collapse of a cover collapse sinkhole on top of a preexisting cavity in karstified carbonate (Erdfall resp. Einsturzdoline), depending on the process. For further definitions and terminological problems related to karst see Ahnert (1996), Ford & Williams (1989), Williams (2003) and Klimchouk (2017).

The Devonian reef limestone deposits of the Rhenish Massif are characterized by intensive karstification. Especially in the eastern Sauerland, numerous karst infill deposits within the Brilon reef limestone as well as adjacent reef limestone areas, such as the Warstein or the Höhne Valley area, have been known for a long time and partly investigated and described (e.g. Wirth 1964;



**Fig. 1:** Location of the Düstertal quarry (red circle) in the NE section of the Brilon reef limestone complex, eastern part of North Rhine-Westphalia (NRW); schematic geological overview after maps of the Geological Survey of North Rhine-Westphalia (GD NRW; scale bar: 5 km).

Meiburg 1979; Clausen 1979; Grebe 1982; Clausen & Leuteritz 1989; Ribbert & Skupin 2009). Different ages of karst infill deposits provide evidence for a long-lasting karstification development, which has been shown to extend at least from the Lower Cretaceous to the Pleistocene. Well-known examples in the Brilon reef limestone are karst infill deposits of Paleogene age of the Malachite Dome Cave (Arnold et al. 1992) and Lower Cretaceous-age karst infill deposits of Nehden (Grebe 1982). A very early onset of karstification is documented by pre-Variscan paleokarst cavity infill deposits formed shortly after deposition and diagenesis of the Devonian reef limestone (Bär 1966, 1968; Hagemann 1988).

The recent relief of the Brilon plateau is characterized by young morphological depressions, which were mainly caused by Pleistocene to recent karstification.

Middle to Upper Devonian reef carbonates of the Brilon reef limestone are mined in the Düstertal quarry near Bleiwäsche in the eastern Sauerland. The reef limestone here consists mainly of massive to moderately bedded, fine- to coarse-grained, light to dark gray limestone and locally cellular dolomite. Structurally, the quarry is located on the northern limb of the shallowly northeast plunging Brilon anticline formed during Variscan folding. Accordingly, the strata dip shallowly to moderately steeply to the NNE on average (dip direction/dip = 025/40°). Subsequently, Paleozoic rocks were dissected into fault blocks by NNW striking faults during syn- and post-Variscan, predominantly Mesozoic, deformation (e.g. in Ribbert et al. 2006).

Both near the surface and at greater depths, the limestone is partly intensively karstified along structural

discontinuities such as fractures and small faults. The reef limestone of the Düstertal quarry is part of the Devonian Brilon reef limestone complex, which forms a karst area with dry valleys and sinkholes on the Brilon plateau (Zygowski 1983; Feige 1991).

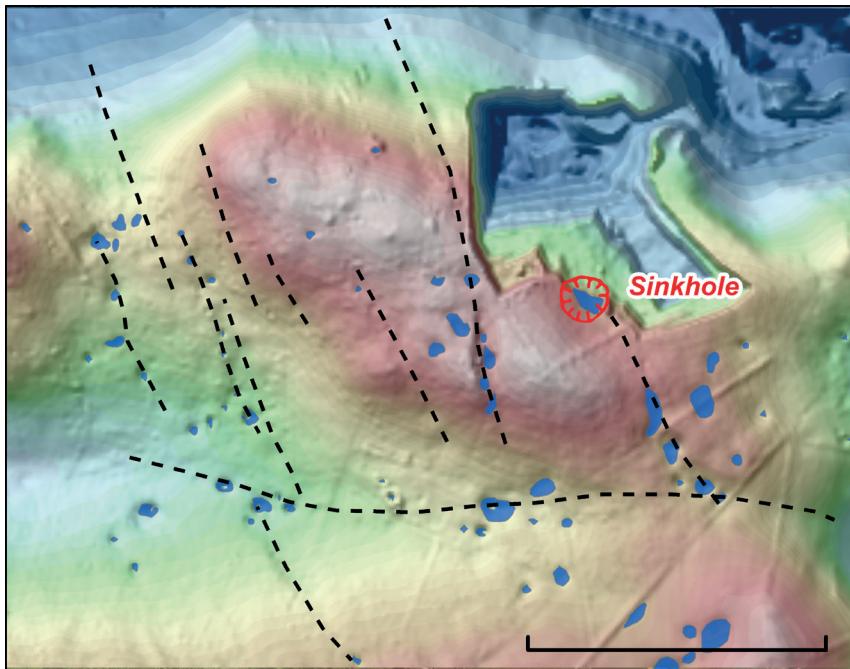
In 1987, a cross-regionally important karst cave, the Malachite Dome, was discovered in the eastern part of the quarry (Erlemeyer et al. 1992) (Fig. 2). Therein cavities have been reliably proven to a depth of more than 80 m below surface. Age dating of the oldest cave sediments in the Malachite Dome indicate a Paleogene age of the sediments (Oligocene, Arnold et al. 1992). Dating of Weichselian speleothems provides evidence that karst development was still active during the last cold period (Richter et al. 2020), presumably continuing to the present. Cretaceous and other older sediments, as often evidenced in caves and karst infill deposits of the northern Sauerland (e.g., Clausen 1979; Huckriede 1982), are absent from the malachite dome. Therefore, phases of intensive karstification are attested for the area of the cave system of the Malachite Dome only from the Tertiary on. So far no carbonaceous sinkhole deposits are known here.

In 2018, progressive mining in the southwestern part of the Düstertal quarry exposed a sinkhole for a short period of time on the uppermost level (ca. 437 m NHN to the top of the terrain at ca. 448 m NHN) with a cut of ca. 50 m in width and ca. 9–11 m in height. The sinkhole was predominantly filled with fine-grained, dark gray, mostly clayey, carbonate-free, clastic unconsolidated sediments.

In the area of the reef limestone adjacent to the described dolina, two preferred fracture orientations

**Fig. 2:** Location of the described sinkhole and the Malachitdom cave in the Düstertal quarry (aerial photo data Geobasis NRW, 2023); red square marks the location of the map in figure 3 (scale bar: 1 km).





**Fig. 3:** Hillshade representation of the digital terrain model (Geobasis NRW, 2021) with the described sinkhole, colored according to altitude (warm colors = high areas, cold colors = lower areas) in the southwestern part of the Düstertal quarry. In the digital terrain model, a large number of drenless depressions can be identified to the southwest adjacent to the quarry, which are also interpreted as sinkholes (blue polygons). They occur preferentially along linear structures (dashed lines), which have the same orientation as the main fracture sets in the quarry (scale bar: 500 m).

were recorded within the quarry, with NNW (dip direction/ dip = 250/85°) and E striking (dip direction/ dip = 190/82°) fractures. The two fracture sets form an approximately orthogonal fracture system with steep, nearly vertical fracture surfaces. Similar directions are trailed by linear structures that can be mapped out along numerous sinkholes southwest of the quarry in the digital terrain model (Fig. 3).

### Methodology

The quarry face of the approximately 10 m high uppermost bench was difficult to access for systematic sampling. Therefore, two small boreholes (11 m and 12.5 m deep; borehole numbers 315973 and 318922 in the database of the GD NRW) were sunk directly above the quarry face at the natural ground surface (approx. 446 m NHN) and within the karst infill deposits in order to obtain samples over the entire strata sequence of the sinkhole infill deposits.

From the 11 m deep small borehole 77 samples were analyzed palynologically. An additional 20 samples were collected to determine heavy mineral spectra from the 12.5 m deep borehole. Three individual samples from the quarry wall were examined micropaleozoologically.

Due to progressive quarrying the outcrop was accessible only for a short period of time. Therefore, a terrestrial laser scan was taken to accurately document the outcrop geometry (Figs. 3a and 3f) and photos were shot for a photogrammetric 3D reconstruction.

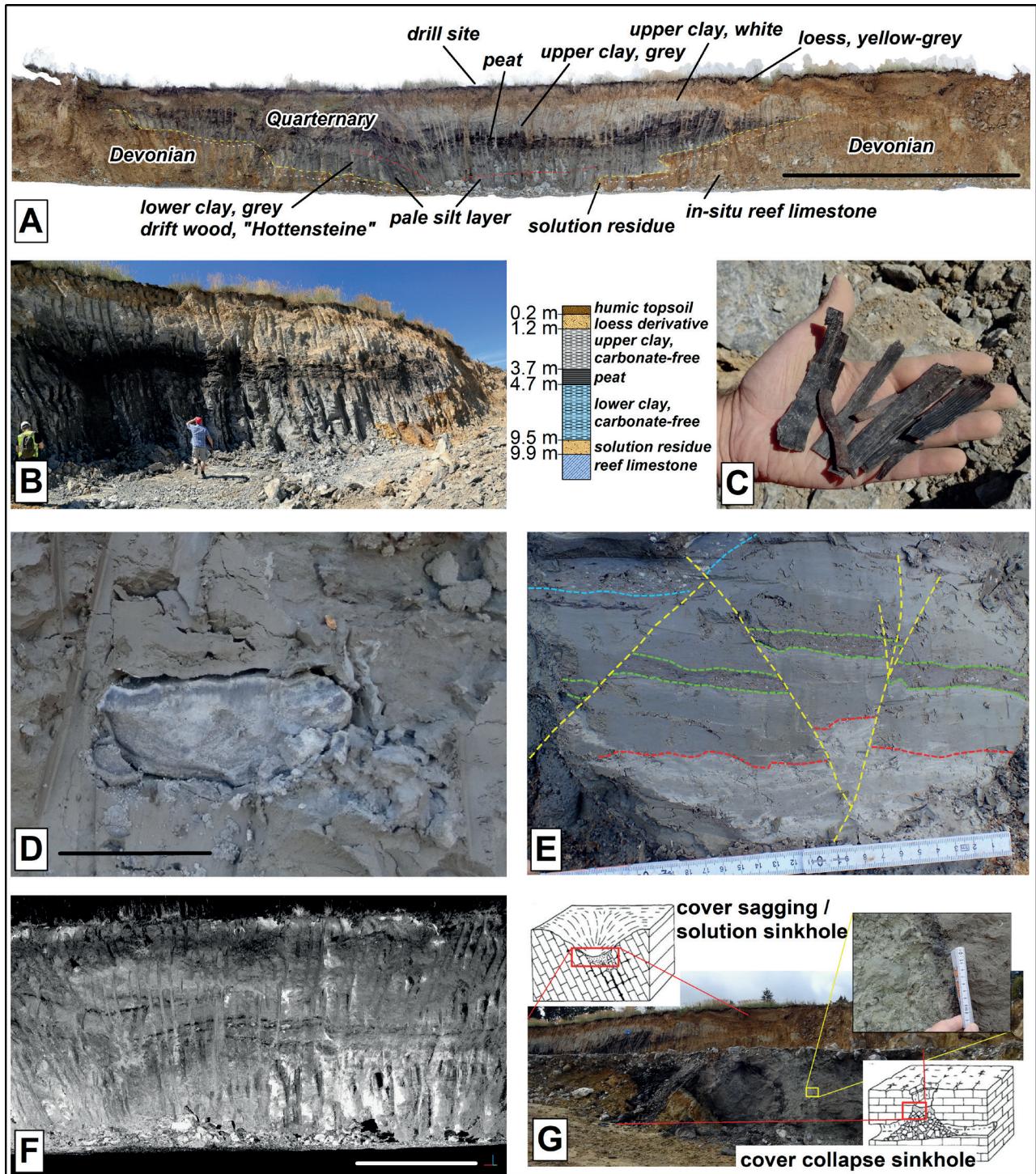
### Lithological Sequence

The sequence of strata within the sinkhole is described below on the basis of observations at the quarry wall and

the two small boreholes above the quarry wall from top to bottom. In the sinkhole, which is filled with unconsolidated sediments, mainly stiff carbonate-free gray clays to clayey silts are deposited under a thin cover of a loess derivative and humic topsoil. Peat layers up to decimeters thick are intercalated in the clays in the upper third. They divide the clayey sequence into an upper light gray clay and a lower darker clay. When wet, the lower clay has a predominantly blackish-gray color and is tough-plastic to stiff; when dry, the lower clay is mostly gray to light gray and hard, similar to the upper clay.

The clay is generally monotonous, but occasionally individual light gray layers up to a maximum of 5 cm thick occur, as well as sporadic intercalations of silty layers or occasional interlayered accumulations of sand and small boulder grains in thin layers, which indicate fine stratification. The boulders appear partly strongly decomposed, are predominantly light gray to white and strongly porous (so-called 'Hottesteine'). Rarely single glauconite grains could be observed. In addition to the peat layers, individual drift woods up to 15 cm long and occasional plant chaff occur within the entire clay.

The rather rare banding and the peat layers reveal a fine stratification. It is clear from this that the loose sediments are predominantly shallowly bedded or dip with a slight inclination towards the only slightly bowl-shaped center of the sinkhole where they increase in thickness. Based on the intensity values from the laser scan data, it can be seen that there are several peat layers that do not extend continuously over the entire sinkhole, but are partially unconformably cut off by overlying sediments (Pl. 1). Based on dissections of the lighter bands and layers with coarser grains, an intensive small-scale fracturing with both small normal and reverse sense of movement is apparent



**Fig. 4:** **A** Side view of the photogrammetrically created digital outcrop model of the quarry wall (scale bar: 20 m). **B** Outcrop situation on 06<sup>th</sup> August 2018 (scale bar: 20 m). **C** Drift wood pieces recovered from the clayey deposits of the sinkhole. **D** Friable "Hottenstein" within the clayey deposits (horizontal width of the "Hottenstein" is approximately 17 cm; scale bar: 10 cm). **E** Small-scale tectonics within the clayey deposits – lighter and partly somewhat coarser layers (blue, green and red dashed lines) illustrate the cm-scale offsets (yellow dashed lines represent faults). **F** Point cloud representation of the intensity values of the laser scan measurement - dark points represent a lower reflectivity e.g. organic rich layer. This clearly reveals structures that are not visible to the naked eye (scale bar: 5 m). **G** Oblique view of the upper part of the deeper excavation bench (foreground) showing chaotically bedded karst infill deposits and out of sequence and rotated reef limestone blocks in the area of a collapsed cavity (cover collapse sinkhole) and parts of the near-surface sediment-filled cover sagging/solution sinkhole in the upper quarry face (background); schematic sinkhole types after Ahnert (1996) and Ford & Williams (1989). Detailed view shows steeply dipping karst infill.

indicative of both local extensional and compressional regimes with dislocations at cm- to dm-scale.

This can be explained by the sagging of the sediment fill into an irregular funnel-shaped structure. To what extent

these small-scale tectonics also affect the upper sedimentary parts of the sinkhole could not be clarified. A detailed recording of the geometry of the small-scale tectonics was not possible because of the consistency of the clay.

The lower part of the sinkhole and transition to the fractured reef limestone is formed by an approximately 0.2 to 1 m thick layer of light brown partially deconsolidated decalcified weathering residue of the reef limestone.

At the upper edge of the next deeper pit level, remains of a collapsed karst cavity were observed (Pl.1 G). Similar to the actual sinkhole described above, predominantly dark gray calcareous-free clays with low-thickness sandy to gravelly layers, bands and lenses occur there. However, these deposits are chaotic, partly steeply dipping to overturned, misaligned and mixed with large, partly decomposed reef limestone blocks and brecias. The extent to which the two deposits are related or should be considered independently could not be conclusively determined. However, the spatial location suggests that the lower chaotic part a of the lower quarry wall offers a glimpse into a deeper section of the same karst structure.

### **Heavy Mineral Analysis**

Heavy mineral samples were generally taken at intervals of about 50 cm between 2 m and 12.3 m of a 12.5 m deep percussion drill hole (hole number 318922 in the GD NRW database). In figure 5, the red lines indicate the sampling depths. The heavy mineral distribution of the 20 present heavy mineral analyses show characteristic variations and can thus be subdivided into four different sections from stratigraphically youngest to stratigraphically oldest or from top to bottom.

The uppermost section down to 1.4 m depth clearly shows a Quaternary spectrum characteristic of late Pleistocene loess. Low contents of stable heavy minerals (zircon, tourmaline, rutile; together about 25%) are accompanied by increased contents of epidote and a from top to bottom decreasing content of green hornblende (30-14.5%). At the same time, individual volcanogenic minerals (clinopyroxene, brown hornblende and titanite) occur. This is in agreement with the site findings of a late Pleistocene loess-dominated solifluction soil.

Downhole this is followed by the upper clay, a section with very high contents of stable minerals of up to 96.5%. This may indicate a strong weathering, in which the proportion of stable heavy minerals is relatively increased. Possibly this also indicates mixing with redeposited Cretaceous sediments, in which the proportions of stable heavy minerals are basically increased. Since Cretaceous strata were eroded in the immediate vicinity of the sinkhole at the time of sedimentation (Ribbert et al. 2006), a combination of both is very likely.

From the depth range between 4.1 and 6.0 m no samples are available from which heavy minerals could be extracted to a sufficient extent. Here, however, a very

strong change in the heavy mineral spectrum seems to occur.

In the underlying section up to about 10 m, the contents of stable minerals decrease to values around 50%. This range corresponds to the lower clay observed in the quarry wall.

From a depth of 10.5 m, an area with even lower contents of stable heavy minerals with values around 40 % and a simultaneous increase in the relative epidote content follows. Garnet is also partly more strongly represented in this section than in the upper part of the drill hole. Lithologically this section of the borehole is characterized by a higher proportion of somewhat coarser material such as silt and, in part, minor sand and gravel.

The variation of the proportions of individual heavy minerals in the karst infill deposit can be explained on the one hand by the different decomposition of the heavy minerals as a result of climatic variations, on the other hand it can be attributed to a different proportion of detrital input from slightly different supply areas during the deposition of this profile. Due to the lack of comparative results from this area, the heavy minerals alone do not allow a clear stratigraphic classification of the karst fill at present.

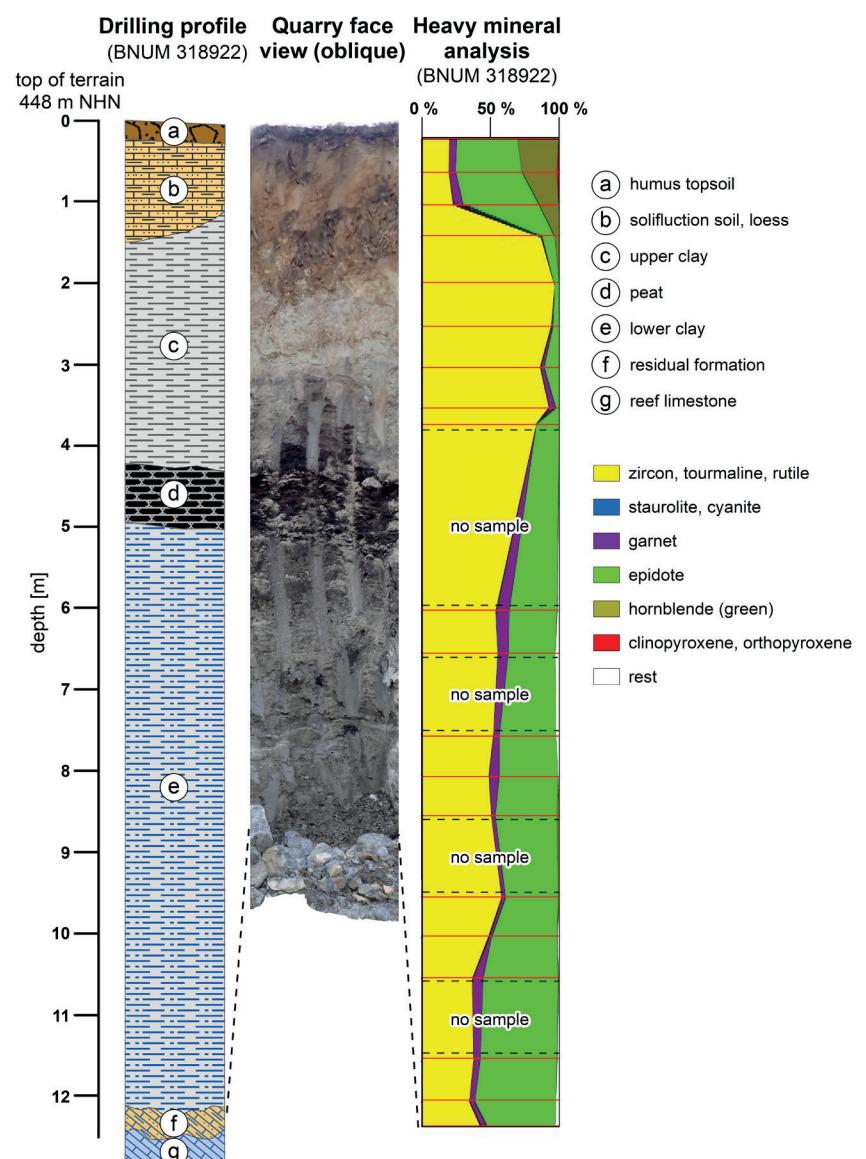
### **Micropaleozoological Results**

Micropaleontological investigations were carried out on three samples from the quarry wall. In all three samples small amounts of Cretaceous marine nannoplankton (from Lower Cenomanian onwards) could be detected. Presumably, these are detrital alluvial deposits of Cretaceous material that were eroded in the near vicinity and transported into the sinkhole. Outcropping relics of Lower Cenomanian occur less than 1 km away (Ribbert et al. 2006).

### **Palynology**

Palynological samples were collected at intervals of about 10 cm from an 11 m deep percussion drill hole (hole number 315973 in the GD NRW database). A total of 77 pollen samples were analyzed. After pretreatment with potassium hydroxide, the samples were subjected to hydrogen fluoride treatment (40%) followed by ultrasonic sieving (mesh size 6 x 8 µm) and final acetolysis according to Erdtmann (1952, 1960). The basis for the representation in the pollen diagram is the total pollen sum calculated from the amounts of woody and herbaceous plants = 100%. The pollen diagram (Fig. 6) was created using the software Tilia (Grimm 1991). Pollen counts of at least 100 to 300 were obtained for all of the present 77 palynologically studied samples. Therefore, a representation of the pollen sums in the pollen diagram was omitted.

Fig. 5: Synoptic comparison of lithology (drillhole BNUM 318922), view of quarry face as profile column (taken from laser scan) and heavy mineral distribution (drillhole BNUM 318922). Red lines indicate the sampling depths.



### Vegetation history

The pollen distribution enables a zonal division into 10 LPAZ (local pollen assemblage zones; Blei I to Blei X, Fig. 6). Hereinafter the zones are described differing from the descriptions of the stratigraphic sequence and the distribution of the heavy minerals from bottom to top:

1. LPAZ I (Blei I): *Pinus-Poaceae-Picea (-Betula)* zone (8.50–9.45 m).

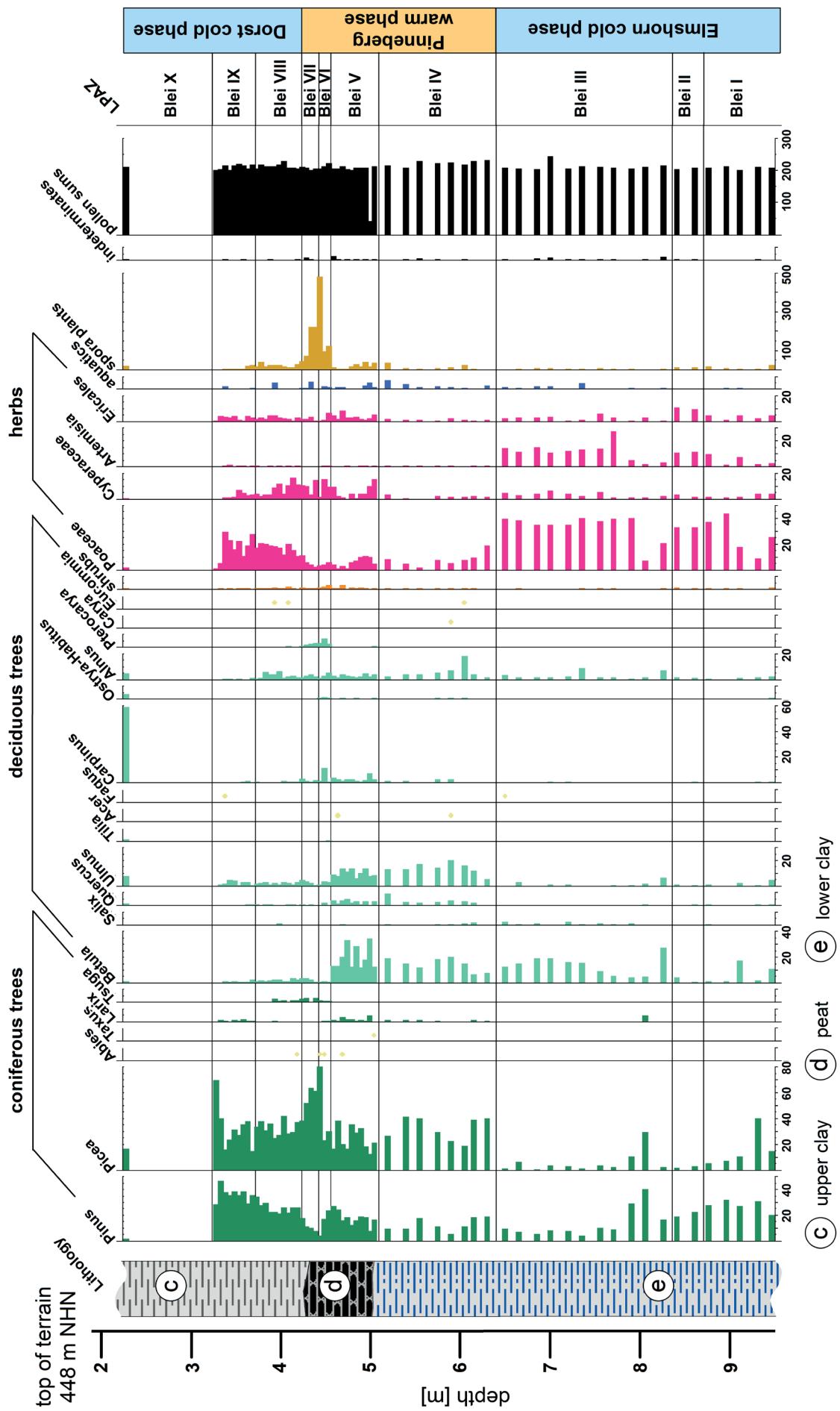
The pollen record starts with high pine (*Pinus*) and spruce (*Picea*) dominance. Associated are birch (*Betula*) trees. Coeval high grass values attest to an overall semi-open boreal coniferous forest commonly found in Pleistocene profiles. The proportion of other non-arboREAL pollen (NAP) is also high. Mixed oak forest (MOF) is represented only by single pollen grains, especially those of elm (*Ulmus*). The transition to LPAZ II is marked by a significant decrease of *Picea* and *Betula* and an increase of mugwort (*Artemisia*).

2. LPAZ II (Blei II): *Poaceae-Pinus-Artemisia-Ericales* zone (8.35–8.50 m).

Herbaceous plants dominate this short zone. High rates of Poaceae, *Artemisia* and especially Ericales document a largely open cold steppe with subordinate woody plants. Only pine remains in higher rates. The transition to LPAZ III is marked by anewed increases in pine, spruce and birch with simultaneous decrease in Poaceae, *Artemisia* and Ericales.

3. LPAZ III (Blei III): *Poaceae-Betula-Artemisia (-Picea)* zone (6.40–8.35 m).

The increase in woody plants with simultaneously increasing rates of non-arboREAL pollen (NAP) documents a semi-open cold steppe with increasing forest cover. Larch/Douglas fir (*Larix*) can be detected for the first time. The willow (*Salix*) curve is continuous on a low level. The transition to the overlying LPAZ IV is characterized by a significant decrease in NAP, especially grasses



and mugwort, with a simultaneous increase in spruce and mixed oak forest (MOF).

#### 4. LPAZ IV (Blei IV): *Picea-Betula*-MOF zone (5.10–6.40 m).

LPAZ IV and V mark the thermal optimum in this profile. With increasing spruce and birch pollen rates the mixed oak forest (MOF) is clearly represented. In addition to oak, elm is the main species detected making up to 20% of the total pollen sum. The MOF seems to be complete with the proof of maple (*Acer*), linden (*Tilia*) and hornbeam (*Carpinus*). Hop hornbeam (*Ostrya*), wingnut (*Pterocarya*), hickory (*Carya*), and gutta-percha (*Eucommia*) are documented for the first time. The transition to LPAZ V is characterized by a slight decrease in oak (*Quercus*) and elm, and an increase in larch/Douglas fir and birch.

#### 5. LPAZ V (Blei V): *Picea-Betula-Pinus*-MOF zone (4.57–5.10 m).

This zone is dominated by conifers and birch, but thermophilic woody plants are noticeably represented in mostly continuous curves. Oak and especially elm dominate in the mixed oak forest which contained also lime, maple and hornbeam. Hop hornbeam can be found repeatedly. Fir (*Abies*), yew (*Taxus*), hemlock (*Tsuga*), juniper (*Juniperus*) and especially larch are found in continuous curves. The boundary to LPAZ VI is marked by a significant drop of birch and elm and the beginning of a continuous curve of winged walnut and larch.

#### 6. LPAZ VI (Blei VI): *Picea* (-*Pinus*-Poaceae-Cyperaceae) zone (4.43–4.57 m).

This zone is characterized by very high spruce values (77%). Rising pine and grass ratios provide evidence of increased cooling. Consequently, MOF values are decreasing. The continuous oak curve ends here. The elm curve also drops significantly, but remains closed. Linden and hop hornbeam are sporadically proven. Hornbeam shows an intermediate maximum (24%), as does wingnut (14%). Fir and larch are sporadically detected. The continuous curve of hemlock starts with low values (about 3%). The transition to the following LPAZ VII is characterized by a decline of spruce, the exposure of larch, the decline of hornbeam and the end of hop hornbeam.

#### 7. LPAZ VII (Blei VII): *Picea*-Cyperaceae (-Poaceae) zone (4.25–4.43 m).

Spruce still dominates the vegetation but declines. Reed (Cyperaceae) and above all sweet grasses (Poaceae)

are increasingly significant progressively climatic cooling. Thermophilic elements are scarce. The MOF is represented only by elm and hornbeam. Oak is only represented by isolated pollen grains. Wingnut is also declining, its curve remaining continuous on a low level. Hemlock pollen remain. The transition to LPAZ VIII is marked by a further decrease of spruce and a clear increase of pine and especially of sweet grasses.

#### 8. LPAZ VIII (Blei VIII): *Pinus-Picea*-Poaceae (-Cyperaceae) zone (3.73–4.25 m).

Pine and spruce are the dominant woody plants and grasses are the dominant herbs in this zone. This represents a semi-open boreal coniferous forest. Thermophilic elements are scarce with only elm showing a continuous curve on low level (appr. 6%). The continuous curve of Alder (*Alnus*), wingnut and hemlock end in this zone. Fir and gutta-percha are sporadically proven. The transition to LPAZ IX is marked by decreasing spruce and increasing pine rates, the termination of hemlock as well as alder and birch.

#### 9. LPAZ IX (Blei IX): *Pinus-Picea*-Poaceae zone (3.30–3.73 m).

Pine and spruce are the dominant woody species. Poaceae rates are high. This zone again represents a semi-open boreal coniferous forest like LPAZ VIII with all woody species except Pine and elm are present only sporadically. Worth mentioning is a nearly closed larch curve at a low level (appr. 3%). The zone ends at a hiatus at 3.30 m.

#### 10. LPAZ X (Blei X): *Carpinus-Picea* (-*Ulmus*) zone (2.20 m).

Only one sample represents this zone. The hornbeam is the dominant woody plant (60%). Also spruce (15%) and elm (7%) are clearly represented. Pine, birch, oak, linden and alder are proven at low rates (<5%).

### Stratigraphic Position

A classification of the karst stratigraphic sequence into the Eemian or Holstein Warm Period can be discarded because of the completely different vegetation development. In the Cromer complex *Eucommia* is found, but not *Ostrya* (Zagwijn & Zonneveld 1956; Grüger 1967). Since hemlock (*Tsuga*) can be traced in the sinkhole deposits up to the upper parts of the profile, the succession belongs to the Early Pleistocene rarely known in Central Europe. Zagwijn (1992) presented a summary of the Early Pleistocene palynostratigraphy. A more recent

**Fig. 6 (opposite side):** Pollen diagram (drillhole BNUM 315973) including local pollen assemblage zones (LPAZ) and their stratigraphic assignment in cold and warm periods within the Bavel Complex (1,030,000 - 850,000 yrs.).

summary was published by Litt et al. (2007). Accordingly, the described sequence does not fit into the Tegelen or the Waal complex. This is because these interglacial complexes differ from the younger interglacials in lacking distinguishable immigration sequences of forest trees (Zagwijn 1963).

In contrast, those immigration sequences are known since the Bavel Complex interglacials. Something like that can also be identified in the sinkhole profile described here. After an initial phase (Blei I-III) an immigration of thermophilic woody plants is clearly recognizable in zones IV and V. Since a classification into the Cromer complex can be excluded (see above), the entire presented sequence up to the uppermost zone Blei X dates into the Bavel complex (1,030,000 - 850,000 years ago). Menke (1969) was able to examine this complex in more detail in the deposits from Lieth near Elmshorn. He subdivides the Bavel complex (from bottom to top) into an Uetersen warm period, an Elmshorn cold period, a Pinneberg warm period and a final Dorst cold period. The difference between the Uetersen-Warm Period and the Pinneberg-Warm Period is that in the latter neither hornbeam (*Carpinus*) nor hemlock (*Tsuga*) are represented in appreciable proportions. This is likewise the case in the present sinkhole profile. The *Ulmus* peak described in the Pinneberg Warm Period is also present here in the Blei IV zone.

Consequently, the sedimentary sequence in the karst deposits at Bleiwäsche can be assigned to the Elmshorn Cold Period (Zones I - III), the Pinneberg Warm Period (Zones IV-VII) and the Dorst Cold Period (Zones VIII, IX) of the Bavel Complex. The vegetation signal of zone X cannot be assigned palynostratigraphically; it is atypical and, moreover, hardly documented with only one sample. The high *Carpinus* values might point to the Cromer complex.

## Conclusions

The palynological evaluation of the samples indicates a Quaternary age (Lower Pleistocene, Bavel Complex).

The examination of the heavy minerals does not allow a clear stratigraphic assignment due to the lack of comparative examinations, but does not contradict the palynological results.

The present investigations confirm a predominantly Early Pleistocene formation period of the solution doline, which subsided and filled with clastic deposits over a longer period during two cold and one intervening warm period of the Bavel Complex. The bowl-shaped sinkhole sediments are homogenous, finely banded and dip only weakly towards the lowest point of the depression (Fig. 7).

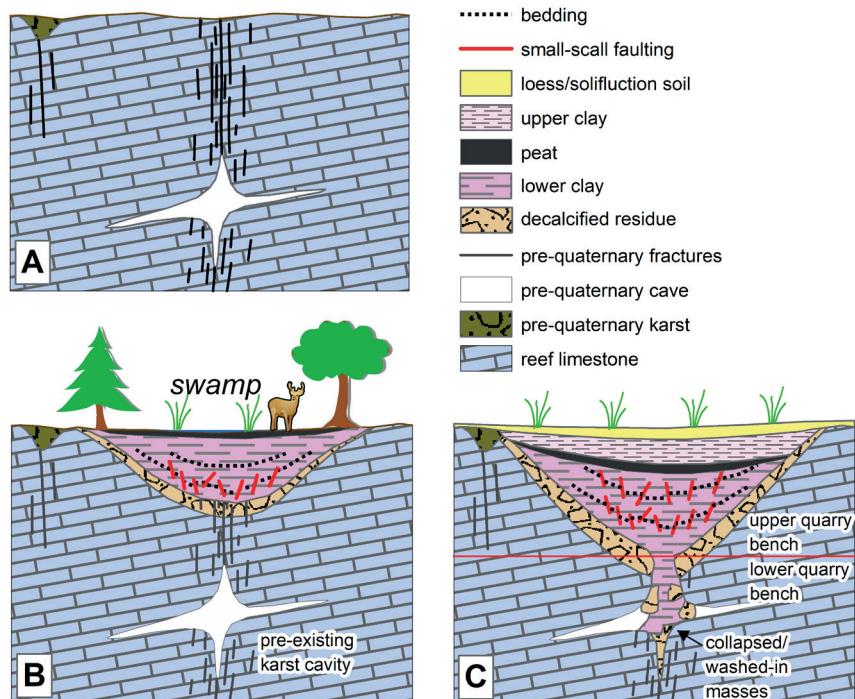
The solution of the underlying carbonates of the Brilon reef limestone occurred at the contact between the Quaternary unconsolidated sediments and the Devonian carbonates. Therefore, one can use the terminology of a covered karst and a solution dolina. Solution residues formed at the transition between the carbonates and the fine clastic unconsolidated sediments. The largely insoluble and low-permeability Quaternary-aged deposits continuously subsided due to the long-lasting karstification process, as evidenced by intense small-scale tectonics within the unconsolidated sediments. Broughton (2017) describes similar phenomena associated with evaporite karst and the sometimes-rapid vertical subsidence of overlying unconsolidated sediments including fragmentation of sediments and both compressive and extensional fracture-like deformation phenomena.

Overall, this type of karstification takes place slowly through long-lasting processes. The most complete sequence is therefore located in the central area of the karst structure.

The thin cover of the sinkhole deposits by presumably Weichselian loess or its derivatives, which seem to be largely unaffected by the karst processes, indicates that the solution process within the solution dolina described here was at least largely completed pre- Weichselian and subsequently continued at most very slightly.

The comparably composed, but highly dislocated and chaotic Quaternary karst infill deposits observed at a nearby lower bench of the quarry (fig. 4 G), suggest that pre-existing cavities in the reef limestone (the age of the cavities is uncertain) collapsed during or after the Bavel Complex by a rather sudden event. The slow, long-lasting solution processes of the near-surface dolina, the cave formation within the reef limestone (partly at greater depths) and the collapse of pre-existing cavities are therefore to be regarded as temporally and genetically separated processes. Presumably, the processes that led to the formation of the solution dolinas occur more frequently where the reef limestone is already predisposed by faults or intensive fracturing and where karstification already took place linearly or caused cavities towards depth at earlier stages. This is also supported by the linear arrangement of further sinkholes in adjacent areas. The formation of caves in the area of the Düstertal quarry, such as the Malachite Dome Cave, took place at a different time and under different conditions than the formation of the solution dolina described here. Thus, the herein described sinkhole is evidence of intensive and long-lasting near-surface karstification during the Early Pleistocene of the Quaternary. Since evidence of Early Pleistocene

**Fig. 7:** Schematic development of near-surface epikarst comprising a covered Quaternary solution sinkhole above a karst cave system. **A** Pre-Quaternary cave and karst infill development along pre-existing fracture systems (Paleogene/Neogene cave, e.g. Malachitdom). **B** Syn-Early Pleistocene covered karst including development of a cover sagging sinkhole caused by the dissolution of limestone at the limestone-karst infill interface at the base of the sinkhole. **C** Today, Weichselian loess overlays the advanced cover sagging sinkhole accompanied by intensive small-scale tectonics of the insoluble fine-grained clastic deposits during long-lasting solution and sagging, and collapse of pre-existing cave systems.



processes and resulting sedimentary deposits has been rare and therefore little studied, the sinkhole described here and the sediments trapped within it are of particular importance.

### Acknowledgements

We would like to thank Andreas Schudelski for pointing out the outcropping sinkhole. Furthermore we would like to acknowledge the Sauerländer Hartkalkstein-Industrie GmbH for the opportunity to investigate the sinkhole and the drilling team of the GD NRW for their efforts in drilling the percussion drill holes. We thank Dr. Philipp Stojakowits (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen) for critically revising the manuscript and Dr. Jürgen Hahne (University of Göttingen) for revising the palynostratigraphic section.

### References

- Ahnert, F. 1996: Einführung in die Geomorphologie. Ulmer Press: Stuttgart.
- Arnold, G., Burger, D., Erdelbrock, K., Schmidt, K.-H., Stritzke, R., Thomas, L., Vieth-Redemann, A., Wrede, V., Wurl, J. & Zehmke, E. 1992. Sedimentuntersuchungen im Malachitdom. In: Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen (ed.). Der Malachitdom: Ein Beispiel interdisziplinärer Höhlenforschung im Sauerland, 205–236. Krefeld.
- Bär, P. 1966. Stratigraphie, Fazies und Tektonik am Briloner Massenkalk-Sattel (Ostsauerland). – PhD Thesis, University Gießen.
- Bär, P. 1968. Die ober-devonisch/unter-karbonische Schichtlücke über dem Massenkalk des Briloner und Messinghäuser Sattels (Ost-Sauerland). – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen 131: 263–288.
- Broughton, P. 2017. Hypogene karst collapse of Devonian Prairie Evaporite basin in Western Canada. In: Klimchouk A., N. Palmer A., De Waele J., S. Auler A., Audra P. (eds.). Hypogene Karst Regions and Caves of the World. Cave and Karst Systems of the World. 617–632. Cham: Springer.
- Clausen, C.-D. 1979. Über kreidezeitliche bis pleistozäne Karstfüllungen im Warsteiner Massenkalk (Rheinisches Schiefergebirge). – Aufschluss, Special Edition 29: 113–124.
- Clausen, C.-D. & Leuteritz, K., mit einem Beitrag von Rescher, K. & Leuteritz, K. 1989. Spalten und ihre Füllungen in den Carbonatgesteinen des Warsteiner Raumes (nordöstliches Rheinisches Schiefergebirge). – Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen. 35: 309–391.
- Erdtmann, G. 1952. Pollen morphology and Plant Taxonomy (An introduction to Palynology-1, Angiosperm). Stockholm: Almqvist and Wiksell.
- Erdtmann, G. 1960. The acetolysis method, revised description. – Svensk Botanisk Tidskrift 54: 561–564.
- Erlemeyer, M., Hasenmayer, B. & Schudelski, A. 1992. Das Höhlensystem Kreiselhalle-Malachitdom - Ein bemerkenswerter Aufschluss für Höhlenminerale. In: Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen (ed.). Der Malachitdom: Ein Beispiel interdisziplinärer Höhlenforschung im Sauerland, 69–89. Krefeld.
- Feige, W. 1991. Karstgebiete in Südostwestfalen und ihr Formenschatz. Geographische Kommission für Westfalen, 25–41. Münster.
- Ford, D.C. & Williams, P. 1989. Karst Geomorphology and Hydrology. London: Chapman & Hall.
- Grebe, H. 1982. Die unterkretazische Karsthöhlen-Füllung von Nehden im Sauerland. 2. Die Mikrosporen-Assoziationen, Altersaussage und Versuch eines Vegetationsbildes. – Geologica et Palaeontologica 16: 243–258.
- Grimm, E.C. 1991. TILIA and TILIA·GRAPH computer programs. Illinois State Museum: Springfield.
- Grüger, E. 1967. Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an comerzeitlichen Ablagerungen im

- nördlichen Randgebiet der deutschen Mittelgebirge. – Eiszeitalter und Gegenwart – Quaternary Science Journal 18: 204–235.
- Gutiérrez, F., Guerrero, J. & Lucha, P. 2008. A genetic classification of sinkholes illustrated from evaporite paleokarst exposures in Spain. – Environmental Geology 53: 993–1006.
- Hagemann, P. 1988. Die Geologie des Gebietes N' und W' von Brilon/HSK. – Unveröffentlichte Diplomkartierung Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Germany.
- Huckriede, R. 1982. Die unterkretazischen Karsthöhlen-Füllung von Nehden im Sauerland. 1. Geologische, paläontologische und paläobotanische Befunde und Datierung. – Geologica et Palaeontologica 16: 183–242.
- Klimchouk, A. 2017. Types and settings of hypogene karst. In: Klimchouk, A. et al. (eds.) Hypogene Karst Regions and Caves of the World. Cave and Karst Systems of the World, 1–39. Cham: Springer.
- Lanser, K. P. 2015. Nachweis von Pterosauriern aus einer unterkreidezeitlichen Karstfüllung im nördlichen Sauerland (Rheinisches Schiefergebirge, Deutschland). – Geologie und Paläontologie in Westfalen 87: 93–117.
- Litt, T., Behrke, K.-E., Meyer, K.-D., Stephan, H.-J. & Wansa, S. 2007. Stratigraphische Begriffe für das Quartär des norddeutschen Vereisungsgebietes. – Eiszeitalter und Gegenwart - Quaternary Science Journal 56: 7–65.
- Meiburg, P. 1979. Die Höhlen im Warsteiner Massenkalk. – Aufschluss, Special Edition 29: 143–178.
- Menke B. 1969. Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an altpleistozänen Ablagerungen aus Lieth und Elmshorn. – Eiszeitalter und Gegenwart - Quaternary Science Journal 20: 76–83.
- Norman, D. B. & Hilpert, K.-H., mit einem Beitrag von Hölder, H. 1987. Die Wirbeltierfauna von Nehden (Sauerland), Westdeutschland. – Geologie und Paläontologie in Westfalen 8: 1–77.
- Ribbert, K.-H., Skupin, K. & Oesterreich, B., mit Beiträgen von Farrenschon, J., Krahn, L., Nieskens, H. G., Pahlke, U., Roth, R. & Wrede, V. 2006. Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1: 25 000, Erläuterungen zu Blatt 4518 Madfeld. 2., völlig neu bearbeitete Auflage. Krefeld.
- Ribbert, K.-H. & Skupin, K. 2009. Marine und terrestrische Sedimente der Kreide-Zeit im Paläokarst des Briloner Massenkalks. – Geologie und Paläontologie in Westfalen 72: 71–92.
- Richter, D. K., Schudelski, A., Neuser, R. D. & Scholz, D. 2020. Weichselzeitliche Umbrellacalcite aus der Höhle „Malachitdom“ (NE-Sauerland): vom Kaltwasser- zum Ausfrierstadium in Pools auf Eis. – Geologie und Paläontologie in Westfalen 94: 1–14.
- White, W.B. 1988. Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains. New York: Oxford University Press.
- Williams, P. 2003. Dolines In: Gunn, J. (ed.). Encyclopedia of caves and karst science, 304–310. Oxfordshire: Routledge.
- Wirth, W. 1964. Über zwei Unterkreiderelikte im nördlichen Sauerland. – Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen 7: 403–420.
- Zagwijn, W.H. 1963. Pollen-analytical investigations in the Tiglian of the Netherlands. – Mededelingen van de Geologische Stichting., Nieuwe Serie 16: 49–71.
- Zagwijn 1992. The beginning of the Ice Age in Europe and its major subdivisions. – Quaternary Science Reviews 11: 583–591.
- Zagwijn, W.H. & Zonneveld J.I.S. 1956. The Interglacial of Westerhoven. – Geologie en Mijnbouw 18: 37–46.
- Zygowski, D. 1983. Die Höhlen der Briloner Hochfläche (östliches Rheinisches Schiefergebirge). – Karst und Höhle 1982/83: 15–46.

# **Ein linearer „Erdfall“ am Nordosthang des Schöppinger Bergs bei Horstmar-Leer (Nordwestliches Münsterland)**

Eckhard Speetzen

Eckhard Speetzen  
Alleestr. 16  
48565 Steinfurt

Korrespondierender Autor:  
[speetzen@web.de](mailto:speetzen@web.de)

Manuskript  
Eingegangen: 08.04.2024  
Akzeptiert: 09.07.2024  
Online verfügbar: 13.11.2024  
© LWL-Museum für Naturkunde

## **Zusammenfassung**

Nach vorhergehenden starken Niederschlägen entstand im Januar 2024 am Nordostfuß des aus Mergelsteinen und Kalkmergelsteinen der Oberkreide aufgebauten Schöppinger Berges in randlich auflagernden Lockerablagerungen des Quartärs eine etwa 35 m lange grabenartige Einsenkung. Gleichzeitig bildete sich ca. 50 m entfernt eine kurzfristig stark schüttende Quelle. Beide Ereignisse werden mit Karsterscheinungen des Festgesteinuntergrundes in Verbindung gebracht. Die lineare Einsenkung der Deckschichten geht aber nicht auf den Einsturz eines Karsthohlraums zurück, sondern wird auf die Ausspülung von Sanden über einer Hauptklüft durch abströmendes Karstgrundwasser zurückgeführt.

**Schlüsselwörter:** Münsterland, Schöppinger Berg, Oberkreide, Karstgrundwasser

## **Summary**

After heavy rains a 35 m long trench-like depression appeared in January 2024 at the north-eastern foot of the Schöppingen hill. The underground consists of Upper Cretaceous marls and limestones marginally covered by Quaternary unconsolidated sediments. At the same time a short term heavily pouring spring occurred. Both events are associated with karst processes in the hard rock deposits. The linear depression however originated not by collapsing of a karstic cavity. It is instead caused by washing out of sands through flowing karst groundwater along a main fracture zone.

**Keywords:** Münster region, Schöppingen hill, Upper Cretaceous, karst groundwater

## 1 Einleitung

Gegen Ende Januar 2024 fand ein Landwirt aus der Bauerschaft Haltern auf seinem Acker an der Bergbreide am Nordostfuß des Schöppinger Berges (Abb. 1) eine plötzlich entstandene etwa 35 m lange, stellenweise verzweigte, grabenartige Einsenkung vor, in der Wasser floss. Es handelt sich dabei eindeutig nicht um eine Gully-Erosion, d. h. um die Ausspülung eines Grabens durch oberflächlich abfließendes Niederschlagswasser, sondern um eine erdfallartige Einsenkung des Oberbodens.

Leider hat niemand die Bildung dieses Einbruchs beobachtet. Sie dürfte aber mit den starken Niederschlägen am Ende des Jahres 2023 und ihren Auswirkungen auf den Grundwasserstand und die Grundwasserbewegung in Zusammenhang stehen. Darauf deutet auch eine auf dem Acker etwa 50 m hangabwärts des Einbruchs entstandene temporäre Quelle hin.

## 2 Die Einbruchsstrukturen und die temporäre Quelle

Die Einbruchsstrukturen liegen im Bereich der Bergbreide am nordöstlichen Ende eines Taleinschnitts, der von der Höhe des Schöppinger Bergs hinabzieht. Der Haupteinbruch hat eine Länge von ca. 35 m und weist eine etwa 10 m lange Verzweigung auf (Abb. 2 & 3). Die Breite der Einbruchsstruktur liegt zwischen 1 m und max. 3,75 m. Die Tiefe bis zur Oberfläche der eingesunkenen Scholle beträgt etwa 1 m.

Neben dem Haupteinbruch gibt es etliche weitere kleine Einbruchsstellen. Sie weisen rundliche oder auch gestreckte

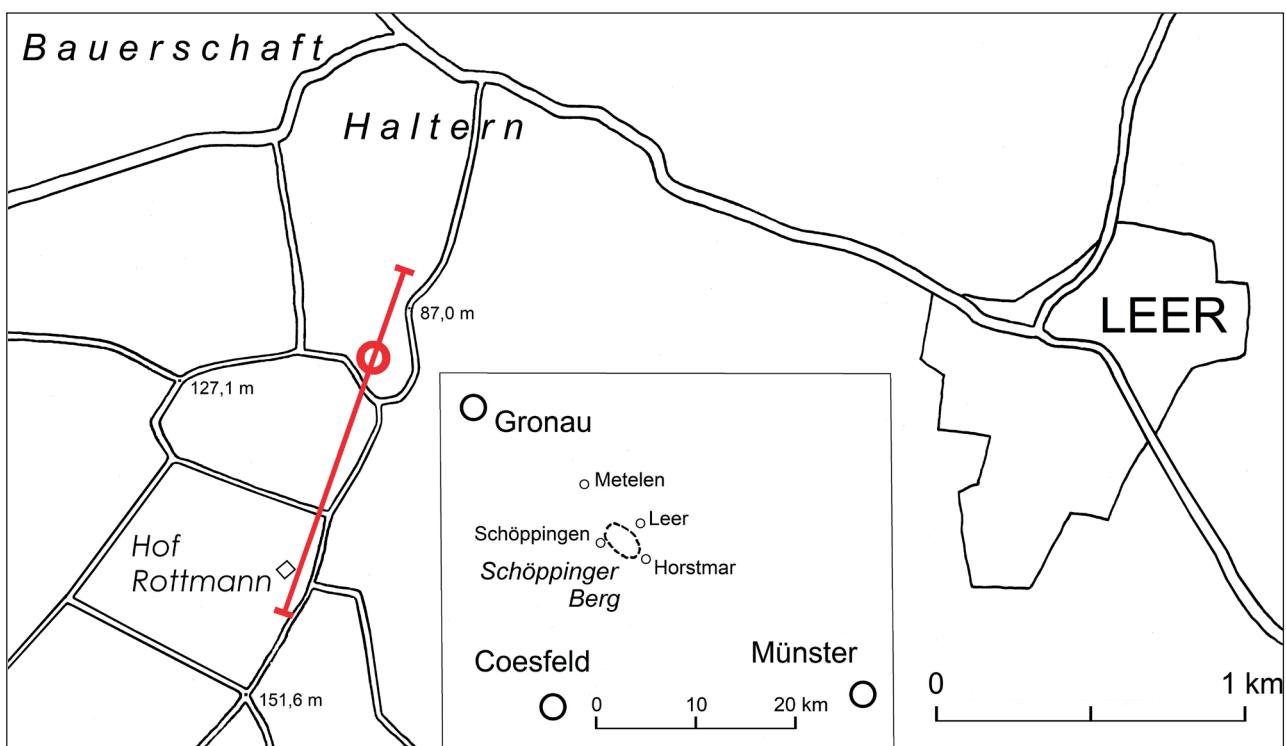
Formen mit Breiten von 1-1,5 m und Längen von 1-5 m auf und passen sich bestimmten Richtungen an.

Die vier nördlichen Einbrüche ordnen sich zusammen mit dem Haupteinbruch und der temporären Quelle auf einer NNO-SSW-Richtung an, während die südlich des Haupteinbruchs liegenden vier Einbrüche in N-S-Richtung ausgerichtet sind (Abb. 4).

Die Tiefe der südlichen Einbrüche liegt bei wenig unter einem Meter, während die der nördlichen Einbrüche, ausgehend vom Nordostende des Haupteinbruchs mit 0,9 m (Abb. 3), über 0,7 m und 0,35 m kontinuierlich in Richtung der temporären Quelle abnimmt.

Ende Januar 2024, vermutlich kurz nach der Entstehung der Einbrüche, wurde noch fließendes Wasser in den Einbruchsstrukturen beobachtet. Am 12.02.2024 lagen sämtliche Einbrüche trocken, sodass die einige Dezimeter unter der Geländeoberfläche bestehenden Zu- und Abflüsse zwischen den einzelnen Einbrüchen zu erkennen waren (Abb. 5). Am 20.02. war das NO-Ende der großen Einsenkung bis 0,6 m unter Geländeoberfläche mit Wasser gefüllt, was einem Wasserspiegelniveau bei etwa 93 m NHN entspricht.

Die temporäre Quelle hat sich auf dem Acker der Bergbreide ca. 50 m nordöstlich der großen Einsenkung bei einer Geländehöhe von etwa 92 m NHN gebildet. Es handelt sich dabei um einen Bereich mit mehreren Quellaustreten (Abb. 6). An die ehemalige Hauptquelle schließt sich eine etwa 0,5 m breite Abflussrinne an, die beidseitig Schwemmkegel von 1,5-2 m Breite und 2,5 m Länge entwickelt hat. Diese Schwemmkegel



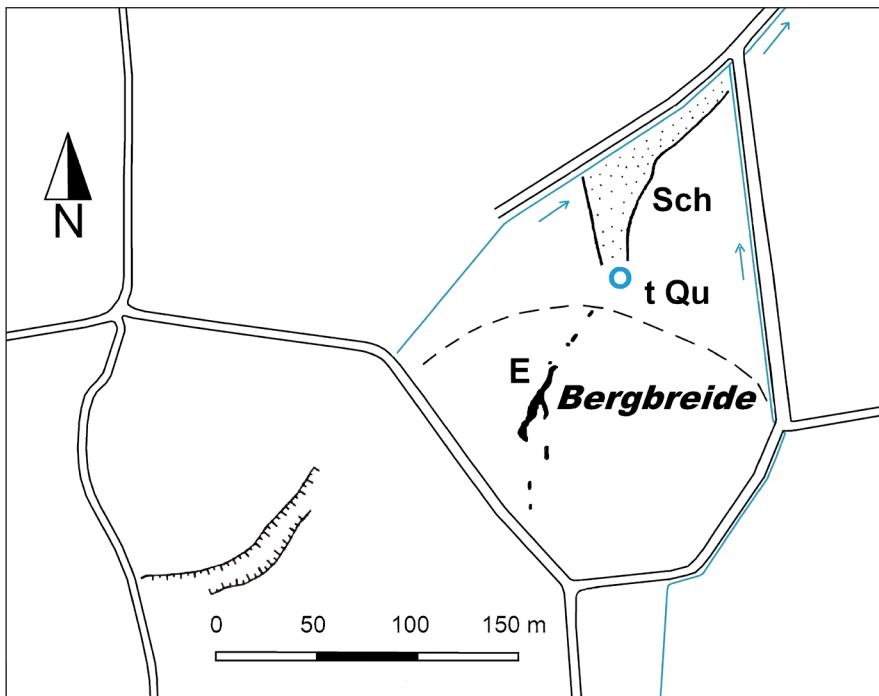
**Abb. 1:** Lage der grabenartigen Einsenkungen (roter Kreis) am Nordostfuß des Schöppinger Bergs (Die rote Linie zeigt den Verlauf des Geologischen Profilschnitts der Abb. 9)

**Abb. 2:** Der 35 m lange Haupteinbruch mit 10 m langem Abzweig am 12.02.2024, Blick von SW nach NO (t Qu temporäre Quelle).



**Abb. 3:** Haupteinbruch mit Abzweig am 12.02.2024, Blick von NO nach SW.





**Abb. 4:** Einbruchsstrukturen (schwarz), temporäre Quelle und Schwemmfächer auf der Bergbreide am Nordostfuß des Schöppinger Bergs (**E** Haupteinbruchsstuktur, **t Qu** temporäre Quelle, **Sch** Schwemmfächer, - - - Nordgrenze der Talfüllung, s. Abschnitt 3 Geologische Situations).



**Abb. 5:** Der 2,5 m lange ca. 1 m breite und 0,7 m tiefe Einbruch nordöstlich der Hauptstruktur (oben links) mit den Öffnungen des „oberirdischen“ Abflusses nach Bildung des Einbruchs.



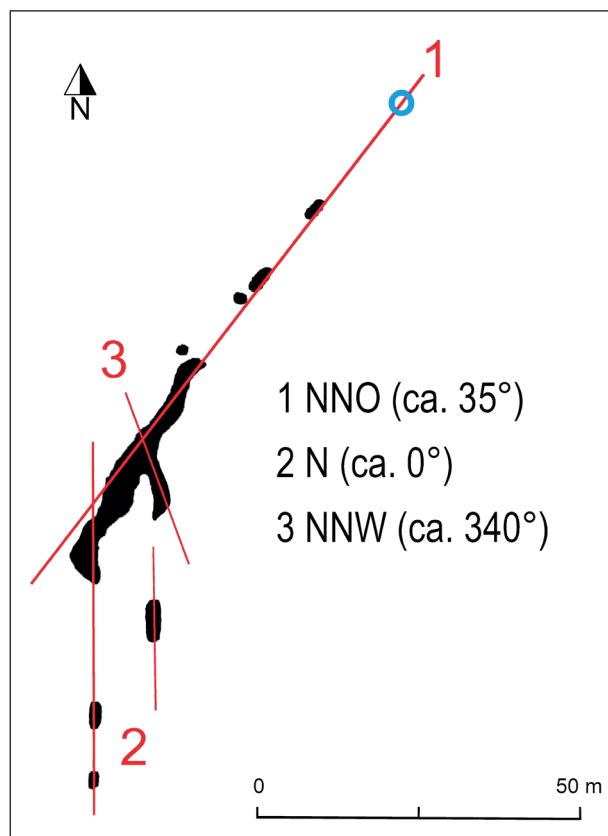
**Abb. 6:** Temporäre Quelle mit Abflussrinne, Schwemmkegel und Schwemmfächer am 12.02.2024, Blick nach Norden.

bestehen aus feinem Sand und haben eine Dicke von 8 bis max. 10 cm. Der Abfluss lief zunächst in einem sich allmählich bis über 25 m verbreiternden Streifen nach Norden zu einem flachen Grenzgraben, bog dort nach NO um und trat nach etwa 100 m in einen Vorflutgraben ein. Dieser Graben bildet den Oberlauf des Gauxbachs, der 8 km weiter nördlich bei Welbergen in die Vechte mündet.

Aufgrund des breiten Schwemmfächers muss die temporäre Quelle eine relativ starke Schüttung von vermutlich deutlich mehr als 20 l/s gehabt haben. Auch die großflächige Sedimentablagerung weist auf stark aufquellendes Wasser mit ständiger Sandausspülung hin. Die sandigen Ablagerungen treten im gesamten Schwemmfächer auf. Ihre durchschnittliche Mächtigkeit nimmt im ersten, nordwärts gerichteten Abschnitt des Schwemmfächers auf etwa 6 cm ab und verringert sich im nordöstlichen Teil auf ca. 5 cm.

Es ist auffällig, dass sich die Haupteinbruchsstruktur, die nach Nordosten folgenden kleineren Einbrüche sowie die temporäre Quelle in eine NNO-SSW-Richtung einpassen (Abb. 7). Das lässt die Vermutung zu, dass ihre Entstehung eng mit dem Festgesteinuntergrund, beziehungsweise mit seinen Kluftzonen und dem auf ihnen erfolgenden Grundwasserabstrom zusammenhängt.

Leider liegen für den Bereich des Schöppinger Bergs mangels Aufschlüssen kaum Kenntnisse über das Kluftmuster vor (Hiss 2001 a, b). Allerdings gibt die Talanlage



**Abb. 7:** Ausrichtung der Einbruchsstrukturen an der Bergbreite.

im Bereich der Bergbreite dazu Hinweise. Sie ist sehr wahrscheinlich durch Kluftzonen vorgegeben. So zeigt sich am Ostrand des von der Bergbreite zur Höhe des Schöppinger Berges in Richtung des Hofs Rottmann führenden Tals (Abb. 1) im oberen Bereich ein tiefer Geländeinschnitt, der in NNO-SSW-Richtung (ca. 35°) verläuft. Er hat sich sehr wahrscheinlich auf einer Kluftzone mit starker zerrüttetem Gesteinsgefüge entwickelt. Auch an der Westflanke des Tales gibt es einen trockenen Bachriss, der im unteren Bereich die gleiche Richtung aufweist (Abb. 4).

### 3 Geologische Situation

Der Schöppinger Berg wird aus überwiegend karbonatischen Festgesteinen der jüngeren Oberkreide gebildet. Es handelt sich um Tonmergel- bis Kalkmergelsteine der Stufe Campan mit Kalkstein- und Kalksandsteinlagerungen. Die Schichtenfolge wird in drei Einheiten untergliedert (Hiss 2001 a, b):

#### Baumberg-Schichten (bis 50 m), krca4B

Oberes Obercampan: Mergel- und Kalkmergelsteine mit Kalkstein- und Kalksandsteinlagen

#### Coesfeld-Schichten (bis 80 m), krca3C

Unteres Obercampan: Mergel- und Kalkmergelsteine mit Kalksandsteinbänken

#### Holtwick-Schichten (bis 175 m), krca2H

Oberes Untercampan: Tonmergel- bis Mergelsteine mit Mergelkalksteinlagen

Der Schöppinger Berg bildet eine Muldenstruktur, die so genannte Schöppinger Mulde, deren Achse in NW-SO-Richtung verläuft. Am südwestlichen Rand des Berges fallen die Schichten mit 2-7 Grad in nordöstliche Richtung ein, am nordöstlichen Rand zeigen sie etwas geringere Einfallswerte von nur 1-2 Grad nach Südwesten.

Die Umgebung des Schöppinger Bergs wird von Lockergesteinen des Quartärs eingenommen, insbesondere durch die Ablagerungen der Niederterrasse („Talsande“) und durch Fließerden und Flugsande. Sie reichen bis an den Fuß des Schöppinger Berges und überdecken einen Großteil der am unteren Hang austreichenden Holtwick-Schichten.

Der Flugsand besteht überwiegend aus Feinsand mit einem geringen Anteil von Mittelsand und erreicht am Fuß des Schöppinger Berges eine Mächtigkeit bis zu 4 m. Die Fließerden setzen sich meistens aus Fein- und Mittelsand mit wechselndem Anteil von Schluff zusammen. Sie sind oft im oberen Bereich braun gefärbt und erreichen normalweise eine Mächtigkeit von etwa 2 m. Die Talmulden auf den Bergflanken sind manchmal mit abgeschwemmtem Bodenmaterial bzw. mit Schwemmlhm gefüllt. Es handelt sich dabei überwiegend um

graubraune, mittelsandige Feinsande mit wechselndem Schluffgehalt und Mächtigkeiten bis zu 2,5 m. Eine sichere Unterscheidung von Fließerden und Schwemmmlehm ist nicht immer möglich, da beide Ablagerungen sehr ähnlich ausgebildet sein können (Hiss 2001 b).

Auf der Geologischen Karte 1:25 000 Blatt 3809 Metelen ist im Bereich der Bergbreide und des zur Höhe hinauf ziehenden Tals Schwemmlehm als Talfüllung verzeichnet. In der Wand der Haupteinbruchsstruktur ist unter dem ca. 25 cm mächtigen dunkelgrauen humosen Oberboden noch ca. 80 cm bräunlich gelber, schwach schluffiger Sand aufgeschlossen. Die oberen 20 cm sind durch Ausfällungen von Eisenhydroxiden geringfügig ortsteinähnlich verfestigt und stärker braun gefärbt (Abb. 8). Diese Ablagerungen entsprechen dem hangabwärtigen Teil der Talfüllung. Aufgrund der Zusammensetzung und der Braufärbung dürfte es sich eher um eine Fließerde handeln. Die Grenze zwischen dieser Talfüllung und der nach Norden anschließenden Flugsandbedeckung liegt zwischen dem nördlichsten Einbruch und der temporären Quelle (s. Abb. 4).



**Abb. 8:** Wand am SW-Ende der großen Einbruchsstruktur mit schwach schluffigem braungelbem Sand mit brauner Verfärbung im oberen Bereich direkt unterhalb des humosen Ackerbodens.

#### 4 Die hydrogeologische Situation

Aus hydrogeologischer Sicht stellt der Schöppinger Berg einen Kluftgrundwasserleiter dar, der sich in den geklüfteten Kalksandsteinen und Kalkmergelsteinen der Baumberg- und Coesfeld-Schichten über den gering durchlässigen Tonmergelsteinen der Holtwick-Schichten ausgebildet hat. Durch die korrosive Wirkung des über die Klüfte in den Gesteinskörper eindringenden Niederschlagswassers wurden sie im Bereich der kalkreichereren Schichten des Obercampans zu mehr oder weniger großen Spalten erweitert. Dieser als Verkarstung bezeichnete Vorgang der Kalklösung, der auch heute noch andauert, erzeugt ein gut durchlässiges Karstspaltensystem. Man kann deshalb auch von einem Karstgrundwasserleiter sprechen.

Im Bereich des Schöppinger Bergs weisen die oberen Holtwick-Schichten auch einige Kalkmergelstein- und Kalksandstein-Einlagerungen auf, sodass sie dort stellenweise ähnlich wie die auflagernden Coesfeld-Schichten noch als mäßig durchlässige Grundwasserleiter eingestuft werden können. Das in den Gesteinskörper der Schöppinger Mulde eindringende Niederschlagswasser sammelt sich auf dem stauenden Untergrund wie in einer flachen Wanne und tritt in der Umrandung des Schöppinger Berges in Form von Überlaufquellen wieder zutage (Elfers in Hiss 2001 b; Hiss 2001 b). Am Nordostrand liegt der Quellhorizont bei 85-87 m NHN und entspricht etwa der Grenze zwischen Coesfeld- und Holtwick-Schichten.

Die Quellen weisen im Verlauf eines Jahres deutliche Unterschiede in ihrem Schüttungsverhalten auf. Die südlich von Leer am NO-Hang des Schöppinger Bergs gelegene Leerbach-Quelle (auch „Jannings Quelle“ genannt) zeigt Schüttungsschwankungen zwischen 140 l/s im Winter und etwa 1,5 l/s im Sommer (Elfers in Hiss 2001 a). Die großen jahreszeitlichen Unterschiede in den Schüttungsmengen, der relativ schnelle Anstieg der Schüttungen nach stärkeren Niederschlägen und die großflächige Ausscheidung von Quellkalk unterhalb der Leerbach-Quelle weisen darauf hin, dass die Quelle an einen Karstgrundwasserleiter gebunden ist.

An der Bergbreide, dem Ursprungsgebiet des Gauxbachs, gibt es weder Quellen noch Ablagerungen von Quellkalk. Dort ist das Grundwasser bisher nie an die Oberfläche getreten, sondern im Untergrund vom Karstgrundwasserleiter direkt in den Porengrundwasserleiter der überlagernden Lockersedimente des Quartärs übergetreten. Erst durch das aus den Ablagerungen des Quartärs in die Vorflutgräben austretende Grundwasser wird allmählich der Gauxbach gebildet. Die Gräben und Wasserläufe im Bereich der Bergbreide (Abb. 4) führen nur bei hohem Grundwasserstand und nach länger

anhaltenden Starkregen Wasser, in der überwiegendem Zeit des Jahres sind sie trocken.

Im Karstgrundwasserleiter des Schöppinger Bergs liegt der Grundwasserspiegel im Zentrum der Struktur im Mittel bei etwa 90 m NHN, d. h. bis zu etlichen Dekametern unter der Geländeoberfläche. Aufgrund der guten Durchlässigkeit des Gesteinskörpers infolge der mehr oder weniger senkrecht stehenden Klüfte und Spalten, die den Gesteinskörper in verschiedenen Richtungen durchziehen, reagiert der Spiegel des Grundwassers deutlich auf Niederschläge. Bei stärkeren Regenfällen steigt er sehr schnell um 1-2 m an, im Jahresgang schwankt er um 6-7 m, im Extremfall sogar um 10 m (Börger 1996). Die Aufhöhung des Grundwasserspiegels setzt wegen der reduzierten Oberflächenverdunstung und des fehlenden Pflanzenverbrauchs Ende November/Anfang Dezember ein. In den Monaten Januar und Februar erreicht der Grundwasserspiegel seinen höchsten Stand. Mit dem Beginn der Vegetationsperiode und dem Ansteigen der Temperaturen tragen die Niederschläge kaum noch zur Ergänzung des Grundwassers bei, sodass der Grundwasserspiegel allmählich absinkt und in den Monaten September und Oktober einen Tiefstand erreicht (Börger 1996, Elfers in Hiss 2001 b).

## 5 Ursache und Entstehung der Einbruchsstrukturen

Im Winterhalbjahr 2023/2024 fielen in Norddeutschland circa 270 l/m<sup>2</sup> Niederschlag, das sind etwa 145 % des Mittelwerts der Referenzperiode von 1991-2020 (Deutscher Wetterdienst). Für die Wetterstation Münster-Osnabrück ergibt sich für den Zeitraum von November 2023 bis einschließlich Januar 2024 ein Niederschlagsbeitrag von 104 l/m<sup>2</sup>, das entspricht 160 % des langjährigen Mittels ([www.wetterkontor.de](http://www.wetterkontor.de)). Diese ergiebigen Niederschläge führten in den Flussniederungen in Nord- und Nordwestdeutschland zu starkem Hochwasser. Auch im nordwestlichen Münsterland sind die Flüsse Vechte und Steinfurter Aa stellenweise über die Ufer getreten. Die starken Niederschläge im Dezember 2023 ließen auch den bereits hohen Grundwasserspiegel im Karstgrundwasserleiter des Schöppinger Bergs weiter ansteigen. In der ca. 1,3 km südsüdöstlich der Bergbreite bei 141 m NHN gelegenen Grundwasser-Messstelle Schöppinger Berg I erhöhte sich der Grundwasserstand sehr schnell auf 100,14 m NHN, auf den höchsten Wert, der bisher in der seit 1978 bestehenden Grundwasser-Messstelle registriert wurde (Tab. 1). Damit stieg auch der Druck im Karstgrundwasserkörper in kurzer Zeit auf einen kritischen Wert. Dieses Szenario ist die Ursache für die Bildung der Einbruchsstrukturen an der Bergbreite.

Der erhöhte Druck in dem Karstgrundwasserkörper wirkte sich besonders an der Bergbreite am Nordostfuß

**Tab. 1:** Grundwasserstand im Schöppinger Berg zur Jahreswende 2023/2024. (GWMSt Schöppinger Berg I, LGD Nr. 110320074 – <https://www.elwasweb.nrw.de>)

Datum	Grundwasserstand
06.10.2023	89,17 m NHN
08.11.2023	92,67 m NHN
01.12.2023	96,41 m NHN
02.01.2024	100,14 m NHN
20.02.2024	96,20 m NHN

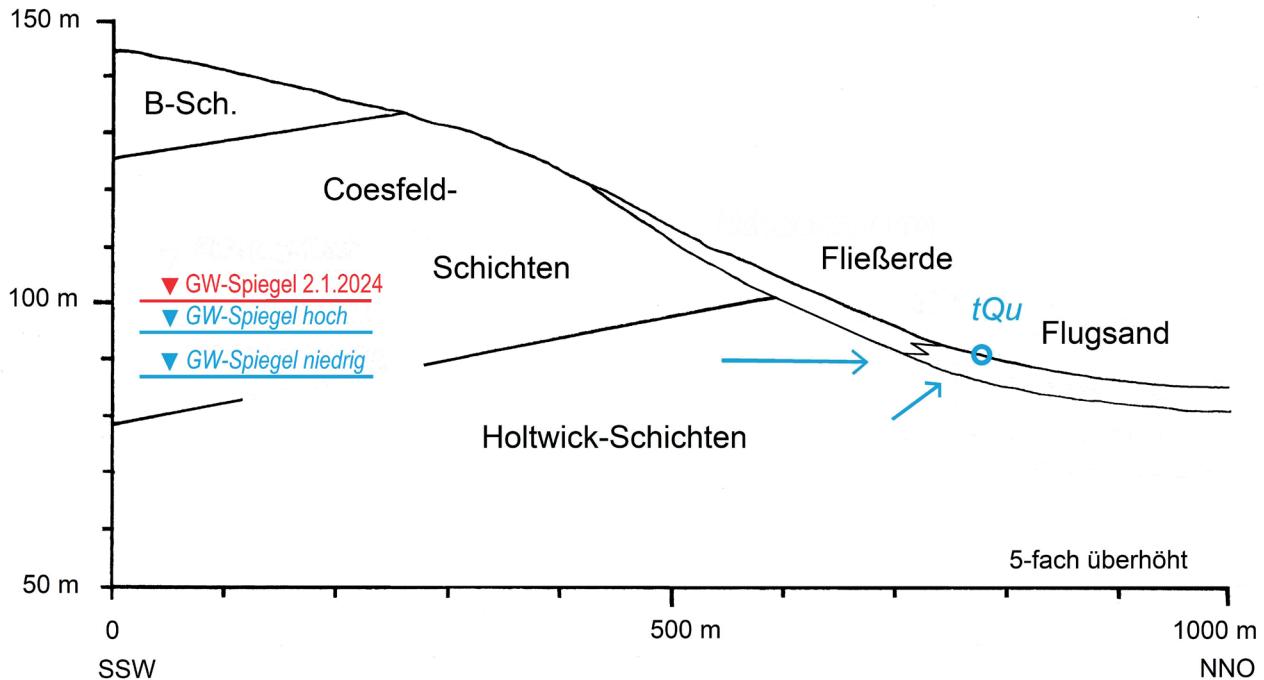
des Schöppinger Bergs aus, an der die Festgesteine der Oberkreide von den Lockerablagerungen des Quartärs überlagert werden und der Karstgrundwasserleiter mit dem Porengrundwasserleiter in einen hydraulischen Kontakt tritt.

In diesem Bereich ist im Festgesteinuntergrund bzw. in den Oberen Holtwick-Schichten vermutlich eine NNO-SSW-verlaufende, stark wasserführende Kluftzone ausgebildet. Sie wird hang- bzw. talaufwärts nach Süden durch eine Talfüllung (Fließerde) und nach Norden durch Flugsand überlagert. Nördlich der Talfüllung hat das unter einem kritischen Druck stehende Grundwasser zu einem hydraulischen Grundbruch geführt und die relativ dünne Flugsanddecke durchbrochen. In diesem Auflockerungsbereich bildete sich eine stark schüttende temporäre Quelle (Abb. 9). Infolge der sich dadurch erhöhenden Strömungsgeschwindigkeit in der Kluftzone wurden die quartären Deckschichten von unten her erodiert und ausgespült und dadurch die Abflussbahn nach oben hin röhrenartig erweitert.

Entsprechend eines Kluftsystems, das aus mehreren sich spitzwinklig überkreuzenden Kluftrichtungen gebildet wird, entstanden in den Deckschichten auch in anderen Richtungen röhrenförmige Abflusskanäle, die mit der Hauptröhre in Verbindung stehen. Zunächst war die Decke der Kanäle noch standfest und wurde durch die braune obere Schicht der Talfüllung stabilisiert. Bei fortschreitender Erosion in der Röhre brachen die Decke bzw. das obere Gewölbe über längere oder kürze Abschnitte ein. Dort verließ der Abfluss dann auch „oberirdisch“ auf den eingebrochenen Massen (Abb. 5).

Die Ursache für die Ausrichtung könnte aber auch ein altes Drainagesystem mit Haupt- und Nebensträngen sein, das dem starken Andrang des unter hohem Druck stehenden Karstgrundwassers nicht mehr gewachsen war. Nach seiner vollständigen Flutung und der Erosion und Ausspülung des umgebenden Bodens würde sich schließlich der Verlauf des Systems oberflächlich durch Einbrüche im Ackerboden abzeichnen.

Eine planmäßige Drainage über den gesamten Acker existiert aber nicht. Nach Aussage des Grundeigentümers wurde etwa Mitte der 1990er Jahre nur ein Draina-



**Abb. 9:** Geologisch-hydrogeologisches NNO-SSW-Profil durch die Bergbreide bis zur Höhe des Schöppinger Bergs mit Grundwasserständen, Fließrichtung des Karstgrundwassers und Lage der temporären Quelle (zur Lage des Profils siehe Abb. 1).

gesträng zur Trockenlegung feuchter Senken im Bereich der heutigen temporären Quelle bis zur Nordspitze des Ackers verlegt. Die Vorzeichnung der Einbruchsstrukturen geht somit eindeutig auf ein natürliches Kluftsystem zurück.

Unterhalb der Austrittsstelle des Grundwassers bzw. der temporären Quelle schließt sich der große Schwemmfächer an, dessen Ausmaße sehr gut anhand der sandigen Ablagerungen auf dem Acker zu erkennen waren. Seine Flächenausdehnung beträgt etwa 2000 m<sup>2</sup>. Bei einer angenommenen mittleren Dicke der Sedimentbedeckung von 7 cm sind auf dem Schwemmfächer etwa 140 m<sup>3</sup> Sediment abgelagert worden. Die kleine Senke des Abzugsgrabens auf der Nordseite des Ackers war über eine Länge von etwa 100 m mit Sedimenten verfüllt und dem Ackerniveau angeglichen. Zur Zeit der Untersuchung der Einbruchsstrukturen war der Graben bereits wieder geräumt, um einen ordnungsmäßigen Abfluss des Oberflächenwassers zu gewährleisten. Sein Sedimentinhalt mag etwa 30-35 m<sup>3</sup> betragen haben.

Berechnet man die Summe des Bodendefizits aller Einbruchstellen, kommt man überschlägig auf 130-150 m<sup>3</sup>. Die Hohlräume der dazwischen gelegenen nicht eingebrochenen Teile der unterirdischen Abflussröhre können mit etwa 250 m<sup>3</sup> angesetzt werden, sodass sich das durch Ausspülung erzeugte Hohlräumvolumen im Bereich der Bergbreide auf etwa 400 m<sup>3</sup> summiert.

Die Bilanz Hohlräumvolumen gegen ausgespülte Sandmenge von etwa 170 m<sup>3</sup> zeigt, dass nur ein Teil der vom Wasserstrom erodierten Sedimente an die Oberfläche gespült wurde, während der größere Anteil im Untergrund verblieb.

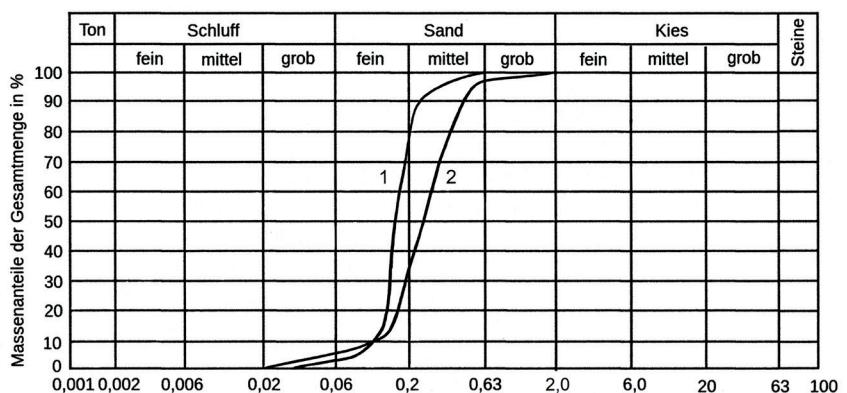
Als Ursache der Einbrüche ist also nicht an einen Einsturz eines Karsthohlraums zu denken. Es gibt zwar Berichte über einzelne kleinere Erdfälle, aber mit der Bildung größerer Hohlräume ist kaum zu rechnen (Bauhus 1983, Hiss 2001 a, b). Das gilt vor allem auch für die Holtwick-Schichten, die nur lokal im höheren Abschnitt noch verkarstungsfähige Gesteine enthalten. Die Einbrüche gehen in der Hauptsache auf den kurzfristigen Vorgang der Ausspülung von Lockergesteinen des Quartärs zurück, die in relativ dünner Decke den Karstgrundwasserleiter überdecken. Dabei sind offensichtlich erhebliche Anteile, vermutlich die größeren Kornfraktionen, im Untergrund verblieben, beziehungsweise in die offenen Spalten und Klüfte der Karstwasserwege abgesunken.

Einen Hinweis darauf geben auch die Korngrößenuntersuchungen von zwei Proben, die aus dem Schwemmfächer unmittelbar östlich der temporären Quelle (Abb. 6) und aus den braungelben Sanden (Fließerde) am südwestlichen Ende der Haupteinsenkung (Abb. 8) entnommen wurden. Beide Proben zeigen eine überwiegend sandige Zusammensetzung (Tab. 2).

Proben/Korngrößen	Grobschluff	Feinsand	Mittelsand	Grobsand
1 Schwemmkäfer	2 %	74 %	24 %	0 %
2 Fließerde	6 %	29 %	62 %	3 %

**Tab. 2:** Korngrößenverteilung in Schwemmfächer und Fließerde.

**Abb. 10:** Kornsummenkurven von Proben aus dem Schwemmkessel der temporären Quelle (1) und den Deckschichten (Fließerde) im Bereich der Einbruchsstuktur (2).



Die Kornsummerkurve der ausgeschwemmten Sande (Abb. 10) zeigt die typische Form einer Flugsand-Kurve. Es wurden aber nicht nur Flugsande ausgespült, sondern auch erhebliche Anteile der Talfüllung bzw. der Fließerde. Deren Summerkurve zeigt, dass diese Ablagerung gegenüber dem Schwemmsand einen etwas höheren Anteil an Schluff, besonders aber einen deutlich höheren Gehalt an Mittelsand und auch Grobsand aufweist. Diese Komponenten fehlen weitgehend in den ausgespülten Sedimenten. Es ist daher anzunehmen, dass die größeren Anteile (etwa ab 0,4 mm Korngröße) nach der Erosion in die Klüfte und Spalten des Karstgrundwasserleiters abgesunken sind.

## 6 Schluss

Der Bereich Bergbreide am Nordostrand des Schöppinger Bergs ist als eigentliche Quellregion des Gauxbachs anzusehen, obwohl keine konkreten Quellen vorhanden sind. Das Karstgrundwasser des Schöppinger Bergs tritt dort aus den wasserführenden Kluftzonen in den überdeckenden Porengrundwasserleiter des Quartärs über, der wiederum durch den Grundwasserabfluss in die Vorflutgräben allmählich den Gauxbach entstehen lässt.

Die im Januar 2024 an der Bergbreide erfolgten linear angeordneten Einbrüche hängen mit einem hohen Stand des Karstgrundwassers des Schöppinger Bergs zusammen. Das ergibt sich aus dem Zeitpunkt der Bildung mitten im Winterhalbjahr mit üblicherweise hohem Grundwasserspiegel und aus den vorhergehenden niederschlagsreichen Wochen, die den Grundwasserstand auf einen extremen Wert ansteigen ließen. Aufgrund dieses kritischen Drucks brach das auf einer NNO-SSW-ausgerichteten Kluftzone fließende Karstgrundwasser zur Geländeoberfläche durch und schuf mit der Ausspülung von Bodenmaterial die Ursache für die Einbrüche des Ackerbodens.

Ähnliche Erscheinungen sollen nach Aussagen des Grundeigentümers schon Mitte der 90er Jahre aufgetreten sein. Es dürfte sich dabei um das Frühjahr 1994 gehandelt haben. Nach einer niederschlagsreichen Jahreswende 1993/94 erreichte der Grundwasserspiegel

im Schöppinger Berg im Januar 1994 einen Hochstand von nahezu 99 m NHN (Tab. 3) und blieb damit nur gut einen Meter unter der bisherigen Höchstmarke vom Januar 2024. Auf dem Acker im Bereich der heutigen temporären Quelle bildeten sich damals tiefgründig durchfeuchtete Senken, in denen die Ackergeräte teilweise einsanken. Zu ihrer Trockenlegung ist ein einzelner Drainagestrang verlegt worden. Im aktuellen Fall ist zum Erhalt der ackerbaulichen Nutzfläche eine Auffüllung der Einbruchstellen mit Bodenmaterial vorgesehen, sobald die Wetterlage ein Befahren des Ackers mit schweren Fahrzeugen zulässt. Zusätzlich wird die Verlegung eines weiteren Drainagestrangs erwogen.

Einsenkungen und Einbrüche der Geländeoberfläche könnten in diesem Bereich immer wieder auftreten, insbesondere bei hohem Karstgrundwasserstand und gleichzeitigen starken Niederschlägen. So sind auch westlich und östlich der Bergbreide auf den Ackerflächen nahe am Fuß des Schöppinger Bergs nach regenreichen Perioden häufiger Einsenkungen zu beobachten. Dem berechtigten Wunsch der Grundeigentümer nach einer zusammenhängenden Ackerfläche stehen die natürlichen Abläufe entgegen, die über die allmähliche Freispülung einer Kluftzone und die Entfernung der sie überdeckenden Lockergesteine schließlich zur Bildung einer Quelle führen werden.

Eine neue Karstquelle an der Bergbreide würde, wie auch die anderen Quellen am Nordostrand des Schöppinger Bergs, ebenfalls in dem Niveau von ca. 87 m NHN liegen, allerdings nicht an der Grenze zu den

Tab. 3: Grundwasserstand im Schöppinger Berg zur Jahreswende 1993/1994. (GWST Schöppinger Berg I, LGD Nr. 110320074 – <https://www.elwasweb.nrw.de>)

Datum	Grundwasserstand
06.12.1993	91,09 m NHN
13.12.1993	91,49 m NHN
20.12.1993	93,04 m NHN
27.12.1993	96,49 m NHN
03.01.1994	98,64 m NHN
10.01.1994	98,99 m NHN
17.01.1994	97,49 m NHN
24.01.1994	96,79 m NHN

Holtwick-Schichten, sondern in ihrem oberen Abschnitt. Es ist allerdings nicht unwahrscheinlich, dass durch eine allmähliche Verstopfung der Karstwasserwege infolge der abgesunkenen Sandmassen die Dynamik der natürlichen Vorgänge außer Kraft gesetzt oder zumindest stark vermindert wird. Wie der Trend verläuft, wird die Zukunft zeigen.

### Dank

Ich bedanke mich bei Christina Thiedecke, Reken, für die tatkräftige Mithilfe bei den Untersuchungen und bei Rüdiger Stritzke, Bochum, für die kritische Durchsicht des Manuskripts und nützliche Anmerkungen.

### Literatur

Bauhus, W. 1983: Verkarstungsscheinungen im Bereich des Schöppinger Berges (nordwestliches Münsterland) und deren Auswirkungen auf die hydrogeologischen Verhältnisse. – Karst und Höhle, 1982/83: 205-210.

Börger, R. 1996: Erfassung, Modellierung und Interpretation der Kontaminationsverteilung in einem karbonatischen Kluftaquifer. Eine Trendanalyse unter dem Aspekt hydrogeologischer Charakterisierung und Bilanzierung anthropogener Einträge in das Natur-Lysimeter „Schöppinger Berg“ (Nordwestliches Münsterland). – Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie, 78: 117-229.

Hiss, M. 2001 a: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1: 25 000 Blatt 3909 Horstmar: 183 S. (Geologischer Dienst NRW).

Hiss, M. 2001 b: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1: 25 000 Blatt 3809 Metelen: 173 S. (Geologischer Dienst NRW).

### Karten

Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100 000, Blatt C 3906 Gronau (Westf.). Bearbeiter: B. Meyer & M. Hiss (Geologisches Landesamt NRW, 1988).

Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25 000, Blatt 3809 Metelen. Bearbeiter: M. Hiss (Geologischer Dienst NRW, 2001).

# A new species of *Stoilodon* (Chondrichthyes: Holocephali) from the Lower Cretaceous of Germany, representing the first record of this chimaeroid genus from Western Europe

Eine neue Art von *Stoilodon* (Chondrichthyes: Holocephali)  
aus der Unterkreide von Deutschland, Erstnachweis dieser Chimären-Gattung in  
Westeuropa

Jahn J. Hornung, Eric W. A. Mulder, Christian J. Nyhuis & Sven Sachs

## Abstract

The enigmatic chimaeroid genus *Stoilodon* Nessov & Averianov, 1996 had been previously known only by mandibular dental plates found in the Upper Jurassic to Lower Cretaceous of the Russian Platform. Here we report the first occurrence of the genus from Western Europe. The new material derives from brackish deposits of the uppermost Berriasian Isterberg Formation of Gronau in Westfalen, northwestern Germany. It comprises two mandibular dental plates, and, for the first time, a fragment of a vomerine dental plate, thus the most comprehensive record currently known for the genus. Furthermore the new material is distinct from previously described specimens and represents a novel species, *Stoilodon lindneri* n. sp.. We restrict the type and only other formally named species, *S. aenigma* Nessov & Averianov, 1996, to the type region and stratum (Albian-Cenomanian). Other Tithonian and Berriasian occurrences found in the Russian Federation are tentatively referred to as *Stoilodon* sp. but they may represent distinct species as well. The new material from Germany shows some similarities in the arrangement of dental hypermineralized tissues (especially incipient hypermineralized rods and ovoids in the vomerine dental plate) with crown-group Chimaeroidea. An almost complete reduction of tritors on the oral surface, and oral longitudinal "folds" on the mandibular tooth plates are likewise indicative for derived traits. However, an extensive sheet-like pleromin body in all known dental plates appears to be a plesiomorphic condition. We consider *Stoilodon* to be a derived taxon relative to more basal "edaphodontids", and think that a potential placement near the base of crown-group Chimaeroidea is most plausible. However, an unequivocal assignment to an extant family cannot be undertaken, and *Stoilodon* may represent part of an early stem-group radiation, occupying a peculiar trophic niche. Its occurrence in brackish deposits is palaeoecologically remarkable for being a rare exception among the generally stenohaline chimaeras.

Jahn J. Hornung  
Niedersächsisches Landesmuseum  
Hannover  
Willy-Brandt-Allee 5  
30169 Hannover  
Germany

Eric W. A. Mulder  
Museum Natura Docet  
Oldenzaalsestraat 39  
7591 GL Denekamp  
The Netherlands

Christian J. Nyhuis  
[Adresse auf Anfrage]

Sven Sachs  
Naturkundemuseum Bielefeld  
Abteilung Geowissenschaften  
33602 Bielefeld  
Germany

corresponding author:  
jahn.hornung@yahoo.de

Manuscript  
Received: 09.07.2024  
Accepted: 08.08.2024  
© LWL-Museum für Naturkunde

**Keywords:** Holocephali, *Stoilodon*, Bückeberg Group, Lower Cretaceous, northwestern Germany

## Kurzfassung

Die rätselhafte Chimaerengattung *Stoilodon* Nesson & Averianov, 1996 war bislang nur von einigen Unterkiefer-Zahnplatten aus dem Oberjura und der Unterkreide der Russischen Plattform bekannt. Hier stellen wir den ersten Fund aus Westeuropa vor. Das Material stammt aus Brackwasser-Ablagerungen des obersten Berriasium von Gronau in Westfalen, Nordrhein-Westfalen. Es umfasst zwei Unterkiefer- und erstmals eine unvollständige Vomeral-Zahnplatte und damit den vollständigsten bekannten Fund der Gattung, welcher eine neue Art, *Stoilodon lindenbergi* n. sp. belegt. Neben *S. lindenbergi* n. sp. ist nur die Typusart, *S. aenigma* Nesson & Averianov, 1996 formal beschrieben, deren bekanntes Vorkommen wir auf die Typusregion und das Typusstratum (Albium-Cenomanium) beschränken. Weitere Funde aus dem Tithonium und Berriasium der Russischen Föderation werden zu *Stoilodon* sp. gestellt, könnte aber weitere unbenannte Arten repräsentieren. Die Anordnung von hypermineralisiertem Gewebe in den Zahnplatten – insbesondere das Auftreten von rudimentären, hypermineralisierten „Stäben“ und „Ovoiden“ in der Vomeral-Zahnplatte – ähnelt teilweise derjenigen in der Kronengruppe der Chimaeroidea. Die nahezu vollständige Abwesenheit von Tritoren auf der Oraleseite und das Vorhandensein von oralen „Längsfalten“ in den Unterkiefer-Zahnplatten sind ebenfalls Hinweise auf abgeleitete Merkmale. Andererseits werden ausgedehnte, plattenartige Plerominkörper in allen bekannten Zahnplatten als plesiomorph angenommen. *Stoilodon* wird daher als fortgeschritten gegenüber den basaleren „Edaphodontiden“ und als der Wurzel der Kronengruppe näherstehend aufgefasst. Eine Zuordnung zu einer rezenten Familie ist jedoch nicht zweifelsfrei möglich und eine Zugehörigkeit von *Stoilodon* zu einer frühen Radiation, welche eine besondere trophische Nische besetzte, ist wahrscheinlich. Sein Vorkommen in Brackwasserablagerungen stellt eine seltene Ausnahme für die im Allgemeinen stenohalinen Chimären dar.

**Schlüsselwörter:** Holocephali, *Stoilodon*, Bückeberg-Gruppe, Unterkreide, Nordwestdeutschland.

## Introduction

Chimaeras (Holocephali) are a highly derived clade of chondrichthyans that occur globally in marine realms since the Palaeozoic. Today the chimaeran diversity comprises approximately 50 species which are distri-

buted mainly in deep oceanic waters (Patterson 1965, Didier 1995, 2004, Stahl 1999). Due to the cartilaginous composition of their endoskeleton, fossil remains are mostly restricted to isolated, sclerotized skeletal elements. These comprise mainly dental plates and occasionally ‘fin-spines’, and frontal claspers. Very exceptionally, and restricted to konservat lagerstätten, are finds of complete, articulated specimens, as exemplified by individuals from the Upper Jurassic Plattenkalk deposits of southern Germany (e.g. Popov et al. 2013, Villalobos-Segura et al. 2023).

Here we report the first occurrence of a chimaeroid taxon from the Lower Cretaceous of Germany that bridges the chimaeroid assemblages from the Upper Jurassic (e.g. Wagner 1857, Woodward 1891, Underwood 2002, Popov et al. 2009, Kriwet & Klug 2011, Leuzinger et al. 2017, Duffin 2018, Villalobos-Segura et al. 2023) and mid-Cretaceous (e.g. Sauvage 1867, Newton 1878, Woodward 1891, 1911, Dalinkevicius 1935, Nesson & Averianov 1996, Popov 2008, Popov & Efimov 2012, Popov & Machalski 2014) of Europe. Especially the Albian-Cenomanian time interval saw an acme in chimaeroid diversity (Popov & Machalski 2014).

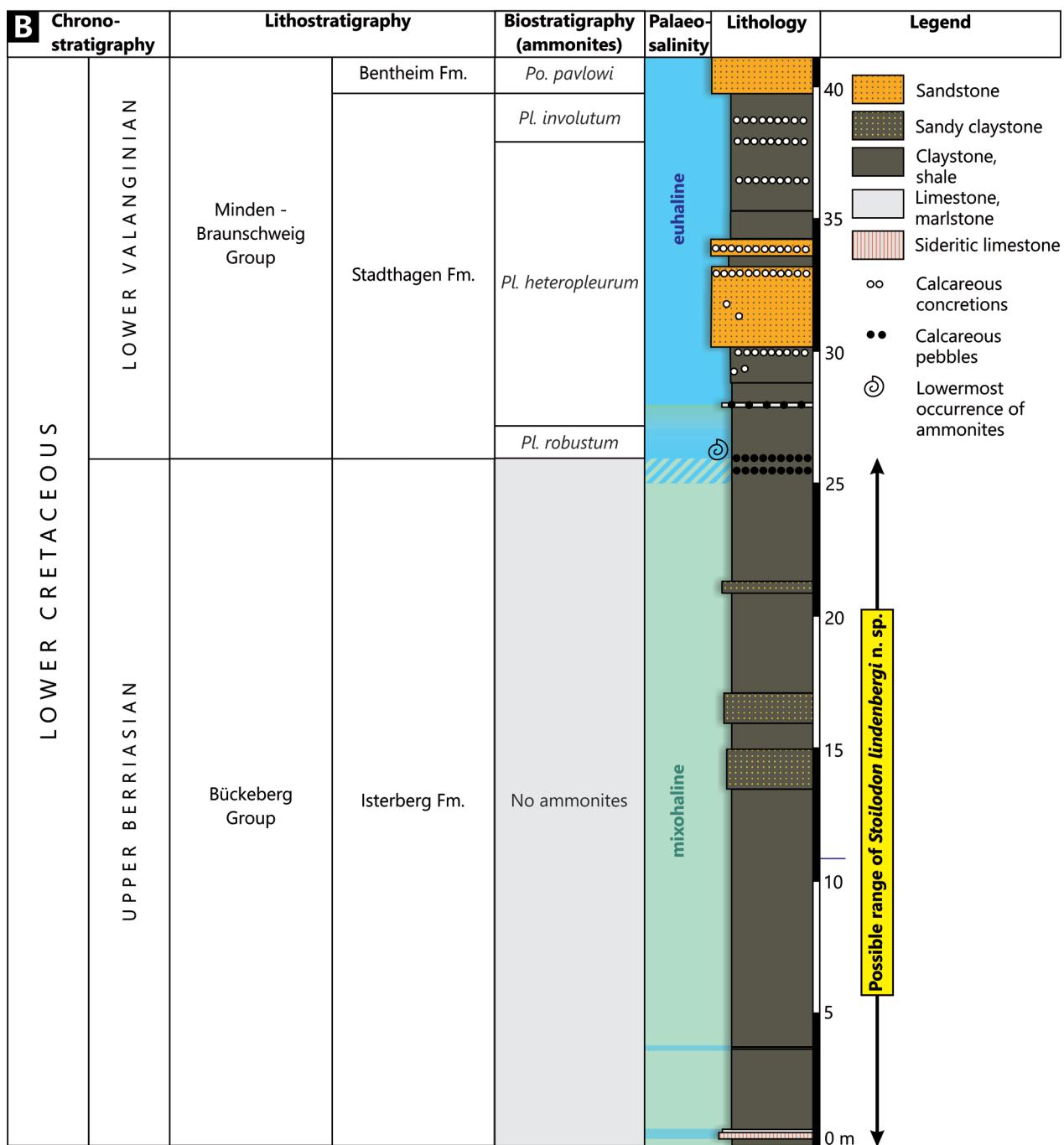
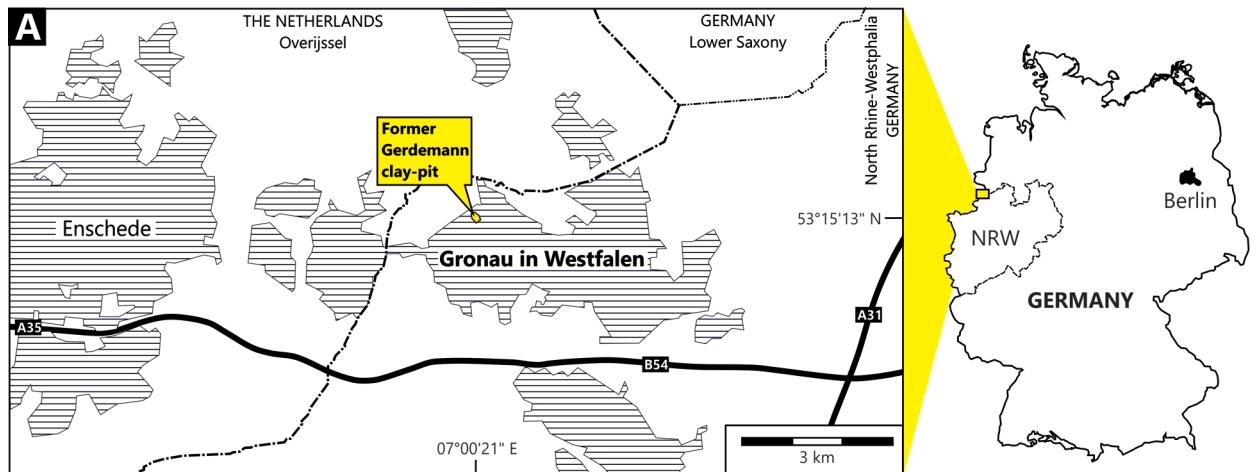
The specimens described herein share diagnostic traits with the genus *Stoilodon* Nesson & Averianov, 1996, a taxon based upon isolated mandibular tooth plates from the Lower Cretaceous of the Russian Platform (Nesson & Averianov 1996, Popov & Efimov 2012). The new material represents the first record of *Stoilodon* from Western Europe and, owing to clear differences to all formerly described specimens of that genus, allows the establishment of a new species. Furthermore, the new record includes parts of the upper jaw dentition that was hitherto unknown for the genus.

## Geological setting

The material described herein derives from the former Gerdemann clay-pit in Gronau in Westfalen, North Rhine-Westphalia, northwestern Germany (Fig. 1). This pit is now flooded and transformed into a small lake. When in operation, the pit exposed a more than 40 m thick section. It comprised the upper part of the Isterberg Formation (Bückeberg Group) and the lower section of the Stadthagen Formation with the base of the locally intercalated Bentheim Formation at the top (the latter two form part of the Minden Braunschweig Group, see Erbacher et al. 2014). The lithologies include claystones, mudstones and shales with occa-

## Opposite page

**Fig. 1:** A Locality map for the abandoned Gerdemann clay-pit in Gronau in Westfalen, northwestern Germany. Inset right shows location within Germany. NRW: North Rhine-Westphalia. B Stratigraphy, palaeosalinity, and lithology of the former Gerdemann clay-pit, with possible range of the *Stoilodon lindenbergi* n. sp. type and referred material in the upper Isterberg Formation. Lithology and palaeosalinity after Wegner (1926) and Kemper (1961), lithostratigraphy after Erbacher et al. (2014), ammonite biozonation after Kemper (1961), as updated in Mutterlose (2000). Pl.: *Platylyticeras*, Po.: *Polyptychites*.



sionally interbedded thin, silty to very fine-grained sandy horizons, low-diversity mollusc coquinas, layers of calcareous and sideritic nodules, subordinate sandstones, and thin debrites that consist mainly of reworked vertebrate sands (Wegner 1926, Kemper 1961, 1976, 1992, Nyhuis & Herbig 2009). During the climax of operational activity in the early 20<sup>th</sup> century, the pit was well known for an abundance of fossils, especially of plesiosaurs (Wegner 1926, Sachs et al. 2016), ichthyosaurs (Landois 1900), turtles (Wegner 1911), armoured dinosaurs (Sachs 1997, Sachs & Hornung 2013), and fishes (Nyhuis & Herbig 2009) among the vertebrates. In 1917 the pit was abandoned and filled with groundwater. The water had been partially pumped out in the 1950s/60s, which allowed Kemper (1961: pl. 17) to obtain a litholog that reached down to a level about 11 m above the former base (blue tickmark in Fig. 1B). The section below this level was reported, though in less detail, by Wegner (1926: p. 234f.).

The predominantly argillaceous succession was deposited under low-energy and partially restricted, limnic-brackish conditions in the western part of the Lower Saxony Basin (Berner 2011, Schneider et al. 2019). During the lower and middle Berriasian the Lower Saxony Basin was mostly disconnected from the sea and formed a large freshwater lake. Episodic marine incursions occurred from the early upper Berriasian onwards. They increased during the upper Berriasian, resulting in the formation of a brackish environment in the upper Isterberg Formation. Finally, with the base of the Stadthagen Formation, fully marine conditions set in as shown by the occurrence of cephalopods and other stenohaline faunal elements (Wegner 1926, Kemper 1961). While the lithofacies appears largely continuous across the boundary, the somewhat marginal position of the Gronau section resulted in a reduced thickness as well as reworked and condensed

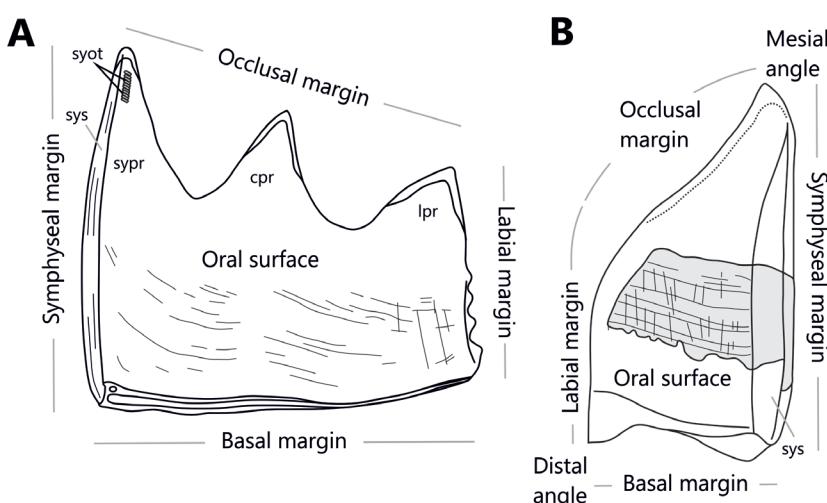
horizons near the Berriasian-Valanginian boundary (Kemper 1961). These levels contain reworked calcareous nodules (concretions) as pebbles, as well as thin bonebed layers (Wegner 1926, Kemper 1961). The lowermost part of the *Platyliceras robustum* zone is condensed into these ca. 1 m thick transitional beds.

During the upper Berriasian, the bottom water was probably episodically dysoxic, fostering the deposition of shales and exquisite preservation of articulated vertebrate fossils (Sachs et al. 2016). However, bioturbation and benthic invertebrates indicate an episodic alternation with oxygenated phases. The contact between the Isterberg and Stadthagen formations is correlated to the Berriasian/Valanginian boundary (Erbacher et al. 2014). Valanginian deposition proceeded with marine claystones, passing upwards into intercalated littoral sandstone bodies (e.g. the Bentheim Formation).

The information provided on the specimen labels indicate that the new chimaera fossils derive from the 'Wealden' section of the clay-pit, which corresponds to the upper Isterberg Formation (uppermost Berriasian).

### Methods and Terminology

The terminology we used for the dental plates and their orientation follows Patterson (1992), with additions by Duffin (2001), and Popov & Efimov (2012) (see Fig. 2). We replaced the term "lingual margin" with "basal margin" as being more concise with regards to orientation, and recognizing the region of progressive dental tissue formation. Here we use the generalized term 'plerom' for all fossil hypermineralized dental tissues for which no further data on biochemistry or ultrastructure are available. The terminology for dental hard tissues follows Ørvig (1985), Popov & Efimov (2012), Smith et al. (2019), Iijima & Ishiyama (2020), and Johanson et al. (2020, 2021).



**Fig. 2:** Morphological terminology for holocephalan dental plates applied herein (based on Patterson 1992, Duffin 2001, and Popov & Efimov 2012, modified). **A** right mandibular dental plate, oral side, schematic reconstruction, based on *Stoilodon aenigma* Nesson & Averianov, 1996. **B** right vomerine dental plate, oral side. Schematic reconstruction is based on *Callorhinichus* sp. (after Patterson 1992: fig. 2a, modified), with the approximate position of the preserved region in *Stoilodon lindenbergi* n. sp. indicated in grey. See text for abbreviations.

**Anatomical abbreviations**

cpr – central occlusal projection, ctre – central occlusal tritorial edge, fo – longitudinal ‘fold’, for – row of foramina, grn – granules, lak – labial ‘knob-like’ serrations, lam – laminar structure of pleromin, lapr – labial occlusal projection, lastre – labial occlusal tritorial edge, lstr – longitudinal striations, mpb – main pleromin body, sym – symphyseal margin, syot – symphyseal oral tritor, sypb – symphyseal pleromin body, sypr – symphyseal occlusal projection, sys – symphyseal surface, sytre – symphyseal occlusal tritorial edge, tbd – trabecular dentine, tgl – transverse growth lines, trt – tritor, vtd – vitrodentine.

**Institutional abbreviations**

DMFE – De Museumfabriek, Enschede, The Netherlands, SGU – Department of Palaeontology, Saratov State University, Saratov, Russian Federation, TsNIGR – Academician F. N. Chernyshev Central Geological Research Museum, Karpinsky Russian Geological Institute, St. Petersburg, Russian Federation, UPM – Undory Palaeontological Museum, Undory, Ulyanovsk Oblast, Russian Federation.

**Systematic palaeontology**

Chondrichthyes Huxley, 1880

Holocephali Bonaparte, 1832

Chimaeriformes Obruchev, 1953

Chimaeroidei Patterson, 1965

Superfamily: Chimaeroidea Bonaparte, 1832

Family: incertae sedis

**Comment**

Nessov & Averianov (1996) referred *Stoilodon* to the family Rhinochimaeridae Garman, 1901. Popov & Efimov (2012) considered similarities in the functional morphology (cutting edges) to be convergent, and assigned *Stoilodon* to the ‘Edaphodontidae’ Owen, 1846, a ‘collective taxon’ of mainly Mesozoic chimaeroids that is in need of revision (see also Popov & Machalski 2014). However, some characters in *Stoilodon* hint towards a placement closer to crown-group chimaeroids than to other to Mesozoic taxa (see discussion below). Given that the phylogenetic position of *Stoilodon* as well as other purported “edaphodontids” is debated, we place it herein in the crown-group Chimaeroidea but refrain from assigning it to a certain family.

**Genus *Stoilodon* Nessov & Averianov, 1996**

ZooBank LSID

urn:lsid:zoobank.org:act:D30FD0EB-F85F-4AF5-B04F-A78CF51DAEB5

**Type species**

*Stoilodon aenigma* Nessov & Averianov, 1996.

**Species included**

*S. lindenbergi* n. sp. (see also Popov & Efimov 2012, and discussion below).

**Diagnosis**

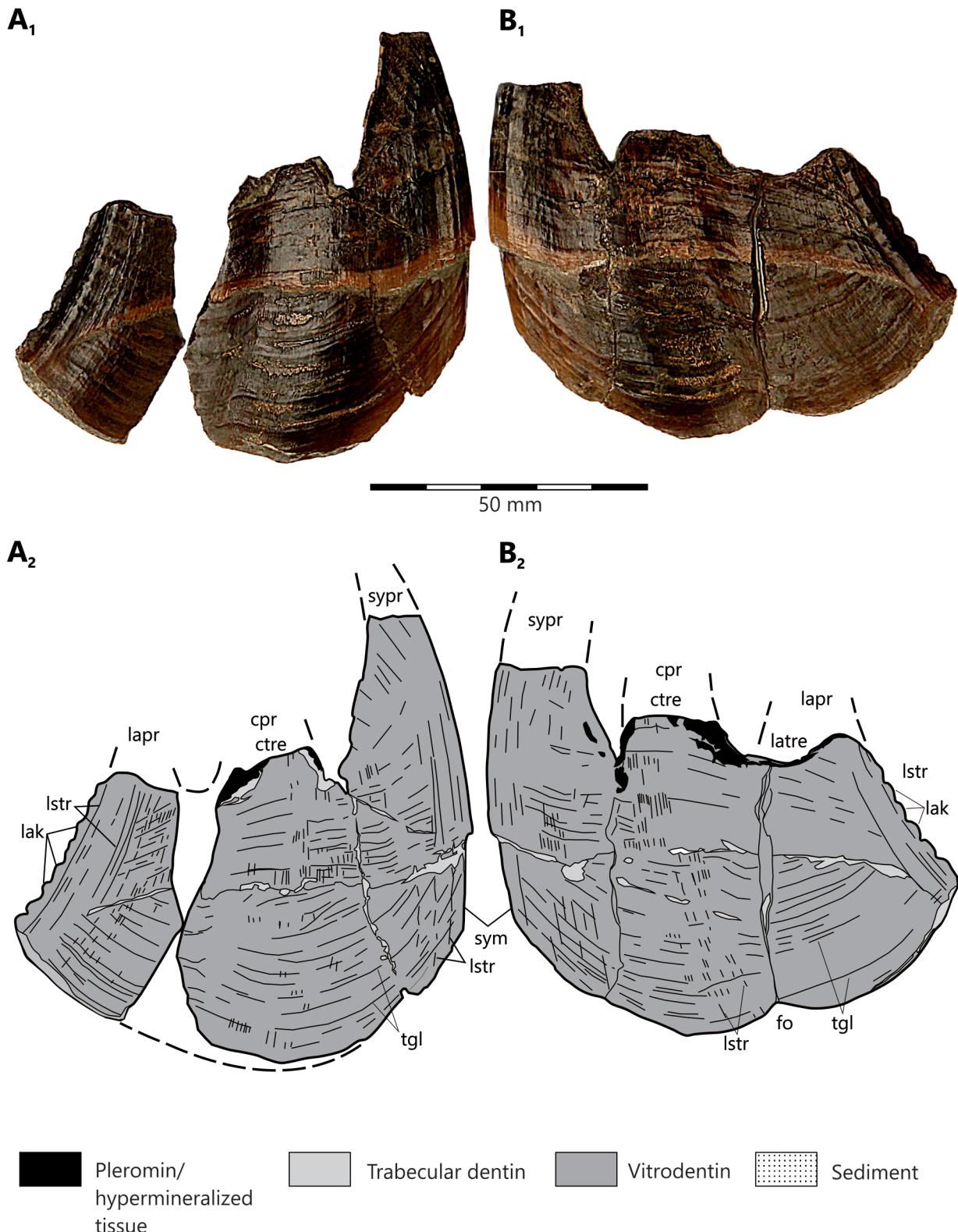
(after Nessov & Averianov 1996 and Popov & Efimov 2012, emended)

Potential autapomorphies are marked with an asterisk (\*). Mandibular dental plates bear tritors only along the occlusal cutting edge and on the tip of the symphyseal projection\*. The plates contain a large main transverse-laminar, vascular pleromin body that forms the cutting edge tritor and a small string of vascular pleromin lingolabially to the symphyseal surface that forms the symphyseal oral tritor\*. There are otherwise no tritors on the oral surface. The oral and basal surfaces are covered by a thin layer of a glossy enameloid substance (vitrodentine, according to Bargmann 1933). The plates have three rostrally pointing projections along the occlusal margin: One, very long and narrow along the symphyseal margin, a second one located centrally on the occlusal edge, and a third one at the angle between the occlusal and the labial margins of the plate\*. In oral aspect these projections are separated by deep notches, of which the two edges are oriented at an angle of less than 90° relative to each other. The working edge of the plates, situated between the named projections, is cutting. The labial margin is adorned with knobs that are invaded by extensions of the main pleromin body\*. The symphyseal area is high and significantly flattened. There is no descending lamina.

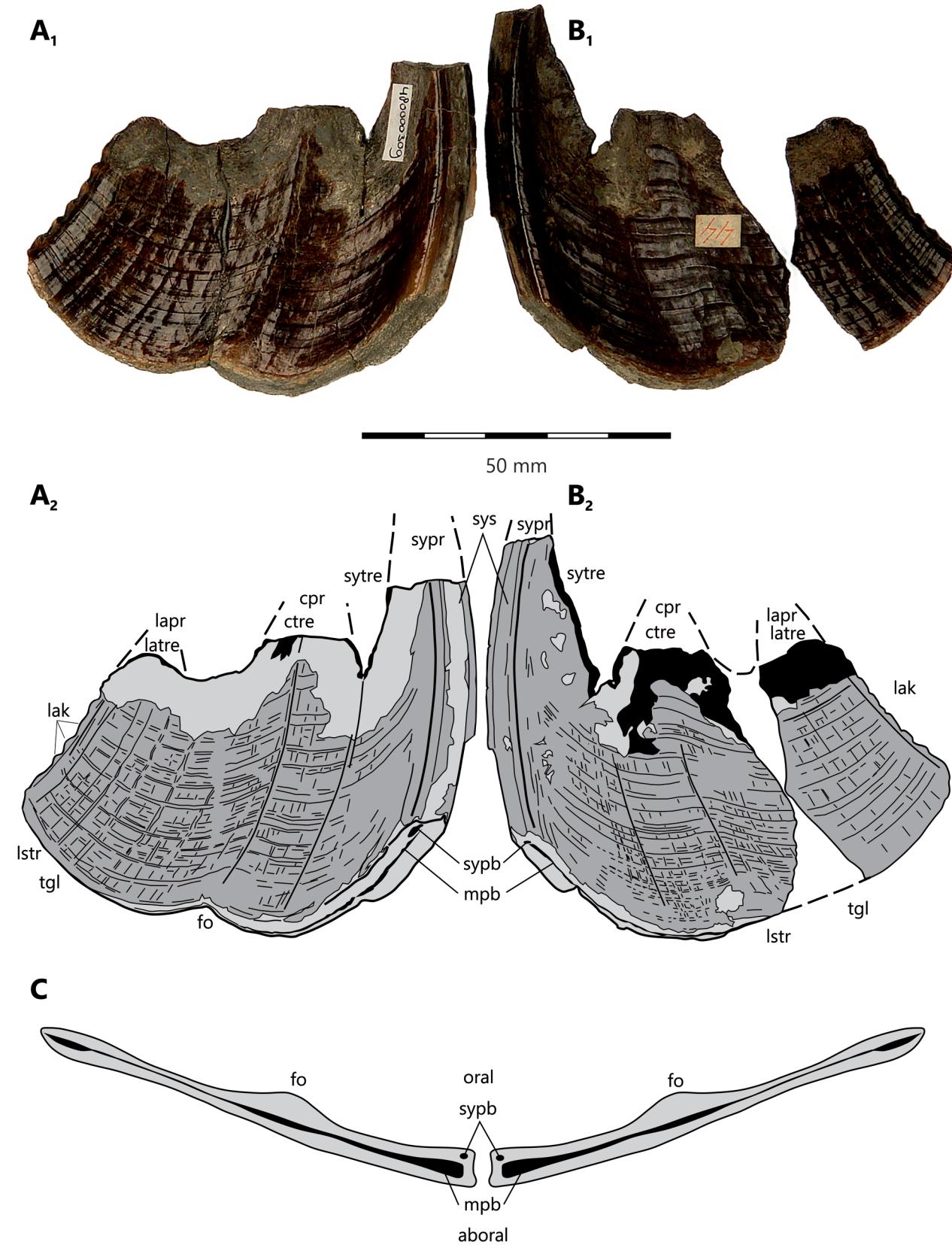
The vomerine dental plate (known only for *S. lindenbergi* n. sp.) consists of a thick oral and a thin, sheet-like, aboral part with an intercalated, sheet-like, horizontal vascular-laminar pleromin body. The oral side of the pleromin body gives rise to small, ovoid pleromin protuberances which are aligned in rostrobasal rows and occasionally coalesce into rod-like ridges\*. A second, vertically oriented, sheet-like pleromin body accompanies the symphyseal margin within the oral part\*. Oral and aboral surfaces are covered by thin vitrodentine with transverse growth lines and much less prominent rostrobasal striations.

**Occurrence**

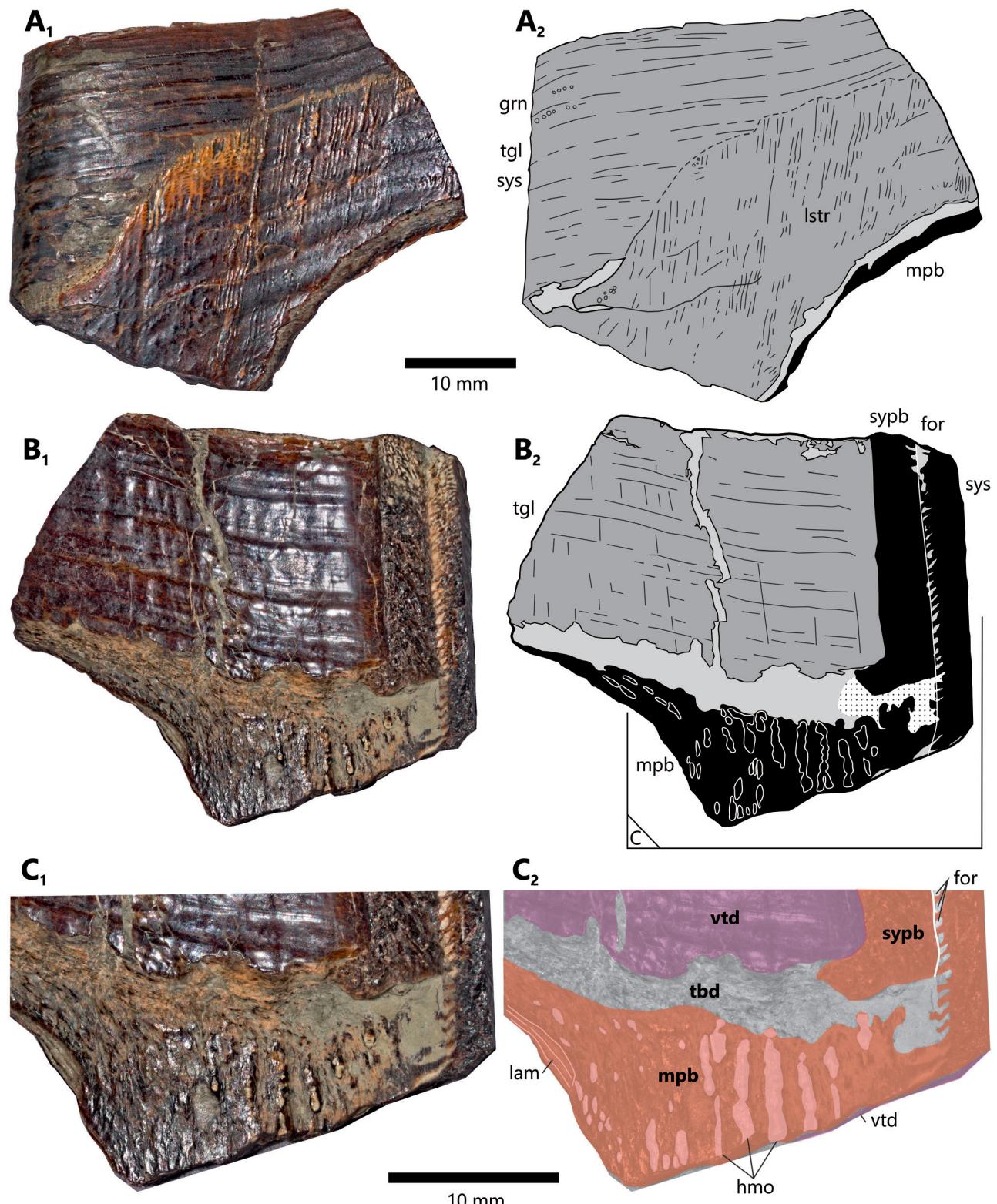
Tithonian through Albian/Cenomanian, European part of the Russian Federation and Germany.



**Fig. 3.** *Stoilodon lindenbergi* n. sp., DMFE TW.500000625, holotype, paired mandibular dental plates. Upper Isterberg Formation, upper Berriasian; Gronau in Westfalen, aboral aspect. **A:** Right mandibular dental plate, photography (**A<sub>1</sub>**) and interpretative sketch (**A<sub>2</sub>**). **B:** Left mandibular dental plate, photography (**B<sub>1</sub>**) and interpretative sketch (**B<sub>2</sub>**). See text for abbreviations.



**Fig. 4.** *Stoilodon lindenbergi* n. sp., DMFE TW.500000625, holotype, paired mandibular dental plates. Upper Isterberg Formation, upper Berriasian; Gronau in Westfalen, oral aspect. **A:** Left mandibular dental plate, photography (**A<sub>1</sub>**) and interpretative sketch (**A<sub>2</sub>**). **B:** Right mandibular dental plate, photography (**B<sub>1</sub>**) and interpretative sketch (**B<sub>2</sub>**). **C:** Reconstruction of basal cross-section of both mandibular plates in articulation. Colour coding in **A<sub>2</sub>**, **B<sub>2</sub>** and **C** as in Fig. 3, see text for abbreviations.



**Fig. 5.** *Stoilodon lindenbergi* n. sp., DMFE TW.480000016, referred specimen, fragment of right vomerine dental plate. Upper Isterberg Formation, upper Berriasian; Gronau in Westfalen. **A** Aboral aspect, photography (**A<sub>1</sub>**) and interpretative sketch (**A<sub>2</sub>**). **B** Oral aspect, photography (**B<sub>1</sub>**) and interpretative sketch (**B<sub>2</sub>**). **C** Enlarged basal region (as indicated in **B<sub>2</sub>**) with exposed main pleromeric body in oral aspect. Photography (**C<sub>1</sub>**) and interpretative sketch (**C<sub>2</sub>**). Colour coding in **A<sub>2</sub>** and **B<sub>2</sub>** as in Fig. 3, colour coding in **C<sub>2</sub>** as in Fig. 8, see text for abbreviations.

***Stoilodon lindenbergi* n. sp.**

Figs. 3-5, 6C

ZooBank LSID

urn:lsid:zoobank.org:act:C8E0762A-80E1-47D3-936F-726F38C7C0DE

**Holotype**

DMFE TW.500000625 (Figs. 3-4), associated left and right mandibular dental plates, leg. Kleisen. The pair of tooth plates share the same accession number, hence we assume that they were found in association. According to the labels, initially the material has been identified as turtle shell fragments.

**Referred specimen**

DMFE TW.480000016 (Fig. 5), mediobasal fragment of right palatine dental plate, probably from the holotype individual, leg. Kleisen.

**Occurrence**

Stratum typicum and locus typicus: Upper Isterberg Formation, uppermost Berriasian, Lower Cretaceous. Gerdemann clay-pit (defunct), Gronau in Westfalen, North Rhine-Westphalia, Germany.

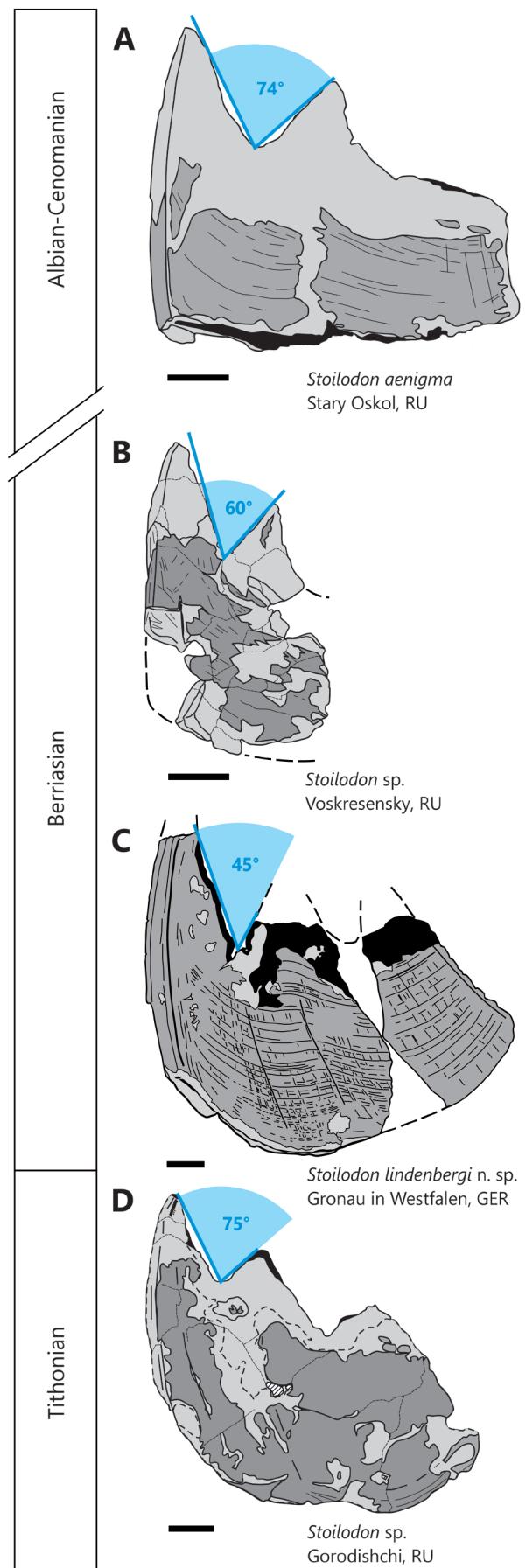
Other occurrences: The taxon is currently known only from its type locality.

**Etymology**

Patronym for Udo Lindenberg, popular musician and entertainer, who was born in Gronau in Westfalen.

**Diagnosis**

Potential autapomorphies are marked by an asterisk (\*). Member of *Stoilodon* with narrow angle (approximately 45°) between the occlusal edge projections. The symphyseal and labial margins of the mandibular tooth plate rostrally converging. Vitrodentine on the oral surface with strong longitudinal and transversal (growth-line) striations, forming a lattice-like ornamentation\*.



**Fig. 6.** Comparison of various species of *Stoilodon*. **A** *S. aenigma* Nesson & Averianov, 1996, SGU 154/626, referred specimen, right mandibular plate. **B** *S. sp.*, SGU 155/72, left mandibular plate (mirrored for comparison). **C** *S. lindenbergi* n. sp., DMFE TW.500000625, holotype, right mandibular plate. **D** *S. sp.*, UPM EP-1405, right mandibular plate. All in oral aspect. **A-B**, **D** after Popov & Efimov (2012). Country abbreviations: GER – Germany, RU – Russian Federation, blue area: angle between the symphyseal and central occlusal projections, further colour coding as in Fig. 3.

### Differential diagnosis

The differential diagnoses refer to the mandibular tooth plates (Fig. 6), as these are the only overlapping elements present in all specimens.

*S. lindenbergi* n. sp. differs from *S. aenigma* by more strongly converging symphyseal and labial margins of the mandibular tooth plate, a smaller angle between the symphyseal and central occlusal edge projections (45° versus 74°), and a lattice-like ornamentation of the oral surface of the mandibular tooth plate.

*S. lindenbergi* n. sp. differs from *S. sp.* (specimen SGU 155/72, from the Berriasian of Voskresensky, Russian Federation, = *S. aenigma* sensu Popov & Efimov 2012) by a smaller angle between the symphyseal and central occlusal projections (45° versus 60°), the presence of a lattice-like ornamentation and a more strongly orally curved tooth plate.

*S. lindenbergi* n. sp. differs from *S. sp.* (specimen UPM EP-1405, from the Tithonian of Gorodishchi, Russian Federation) by a smaller angle between the symphyseal and central occlusal projections (45° versus 75°), and the presence of a lattice-like ornamentation. Furthermore, the long axis of the dental plate is oriented oblique to the symphyseal margin in the latter in UPM EP-1405, while it is oriented almost in a right angle in *S. lindenbergi*.

More details on the alphataxonomy of *Stoilodon* are provided in the Discussion section below.

### Description

**Mandibular dental plate:** The left tooth plate is the more complete, while the right one is broken into two pieces with some material missing between them (Figs. 3, 4).

The plates are transversely wide and arched, thin, with a concave oral and convex aboral surface. The oral and aboral sides of the plate are covered by a thin vitrodentine coating, while the occlusal edge is uncoated and exposes the pleromin body inside the plate. On the oral side prominent transverse growth lines are present which cross rostro-basally oriented, thin ridges, forming a distinct lattice-like ornamentation. On the aboral surface transverse growth lines are the dominant ornamentation. Here, mesiodistal ridges are mostly confined to zones of short striation which are very faint, dense and thin. Transversely across the aboral surface extends a linear zone where the vitrodentine thins out. This leads to a conspicuous separation of the rostral and basal areas where growth lines with a different orientation are present, especially in the labial and symphyseal regions. The named zone is symmetrically present on both mandibular plates. Its relative structural weakness is also shown by slight stratigraphically induced cracking in this area. The line possibly marks the insertion of

connective tissue at the rostral contact to the Meckelian cartilages. The occlusal margin forms three prominent, rostrally-pointing projections, one along the symphysis and one subcentrally on the occlusal rim. The third and probably shortest projection was formed at the transition of the occlusal edge into the labial margin. However, the occlusal edge is strongly eroded and worn and the apices of all the projections are missing. The opposing margins of the symphyseal and the central projection enclose an angle of about 45°. The angle enclosed by the opposing margins of the central and the labial projections cannot be determined exactly but is smaller than the former. The central projection gives rise to a weak longitudinal bulge ("fold" sensu Johanson et al. 2020) on the oral surface. The symphyseal margin is high and flattened, but does not project beyond the oral or aboral surface. The labial margin converges mesially towards the symphyseal margin, resulting in a rostrally tapering outline of the tooth plate in oral and aboral views. Along the labial margins a regular series of flat knobs is present which lead to a bluntly serrated appearance of the rim.

Inside of the plates there is a single sheet-like pleromin body that is thin, transversely wide, and becomes slightly thicker towards the occlusal margin. Here it is exposed as a continuous cutting edge tritor between the symphyseal apex and the labial edge. Along this margin, the pleromin has a dark colour, is dense, and has a shiny, slightly rostrobasally striated surface. The pleromin is less dense and greyish in color in the basal cross-section. The laminar structure of the main pleromin body is only visible in its basal cross-section as weakly exposed and densely packed laminae. The difference to the structure at the occlusal margin may indicate an increased hypermineralization and sclerotization of the pleromin towards the rostral cutting edge. The individual laminae of the basal region appear to coalesce towards the occlusal cutting edge, associated with increasing basorostral tissue maturation (see Smith et al. 2019, Iijima & Ishiyama 2020). The main pleromin body also slightly extends into the labial knobs. A very small, probably string-shaped, pleromin body is present along the symphyseal margin, extending rostrally into the symphyseal projection.

**Vomerine dental plate:** DMFE TW.480000016 comprises a fragment of the basal part of a right upper jaw plate (Fig. 5). The specimen preserves only a part of the symphyseal margin, all other outer margins are broken off, hence the outline of the element remains unknown. The general proportions indicate that it was basally rather wide, flat, and, compared to the mandibular plates, more massive element when complete. Along the preserved length, the symphyseal margin of the oral side curves

orally into a thickened, rostrobasal edge. Labially, the named edge is accompanied by a shallow, rounded groove. A compact morphology in association with a thickened symphyseal margin that articulates with its counterpart along a straight midline is typical for chiamaeroid vomerine dental plates, while these margins do not contact and are thinner in posterior upper jaw tooth plates (e.g. Patterson 1992). Despite its incompleteness, DMFE TW.480000016 can therefore be identified as a right vomerine plate. As preserved, both sides of the plate are covered by vitrodentine. The oral surface bears distinct, thin transverse ribs that are placed in a regular distance to one another. Between the ribs there are very fine growth striations which are irregularly spaced and extend parallel to one another. More indistinct, somewhat rounded and irregular ridges cross the transverse ridges which produces a lattice-like ornamentation. The pattern matches that seen in the mandibular plates. The preserved section of the oral part is thick compared to the aboral part and nearly flat labial to the medial edge and groove. Along the symphyseal edge the enamel-like substance is broken off, exposing the contact to the aboral part. The latter is marked by a single row of prominent, subsymphyseal vascular foramina at the contact between the symphyseal and main pleromin bodies. These foramina communicated at least partially with the aboral osteodentine part. Although being damaged, it can be deduced that the symphyseal contact surface between the right and the left jaw element was inclined towards the main body of the plates, so that they met in a sharp inner angle of about 50°–60° along their midline. Except for a thickened region at the symphyseal margin, the aboral part is thin and forms a sheet-like cover of the aboral side. The aboral part also bears transverse ribs similar to those in the oral part but with less distinct interstitial fine striations. Basally, the aboral surface is sharply delimited by an ornamentation of distinct ridges which are sharp and rostrobasally oriented. These ridges occur in two size orders. There are slightly more prominent ridges which occur in irregular intervals and thinner, less distinct but more regularly spaced ones placed between them. The longitudinal ornamentation is absent rostral to a sigmoidally-curved mesiobasal line that transverses the aboral surface approximately in the middle of the preserved part. The aboral surface is gently transversely curved, being aborally bulged in the symphyseal region and evenly orally curved on the labial side. This leads to a rounded thickening of the region parallel to the symphyseal margin.

At the boundary between the oral and aboral part an extensive, horizontally oriented, sheet-like pleromin body is intercalated. Similar to the mandibular dental plates, the pleromin has a vascular-laminar structure. On

the oral side small pearl- or bump-like pleromin protuberances are exposed that are arranged in rostro-basal rows. In the lingual half of the plate these rows tend to coalesce longitudinally to form strings. In labial direction, the pleromin protuberances become very small, isolated and indistinct. Especially in the basal part the protuberances are composed around a core of brighter and softer material that is embedded in a harder blackish layer that corresponds to the external surface of the oral side of the pleromin body. The arrangement and properties of the core material of the protuberances may indicate that it is homologous to the softer, immature vascular pleromin, which is formed around vascular canals that invade the pleromin body and matures into the rostral growth direction (Iijima & Ishiyama 2020). The pleromin below the oral-most layer forms a sheet-like, multi-laminar structure (Fig. 5C: lam) that bears no exposed protuberances. A second, sheet-like, symphyseal pleromin body is visible along the broken symphyseal surface. It is vertically oriented at about a right angle to the main pleromin body and contacts the latter along the prominent subsymphyseal row of vascular foramina. Towards the rostral end of the preserved portion, the basal contact of both pleromin bodies with the underlying trabecular dentine is exposed and strongly vascularized. The relatively thick oral trabecula dentine layer contains tiny (ca. 0.2–0.3 mm diameter) floating flocks or granules of pleromin. There are no exposed tritors on the oral or aboral surfaces.

## Discussion

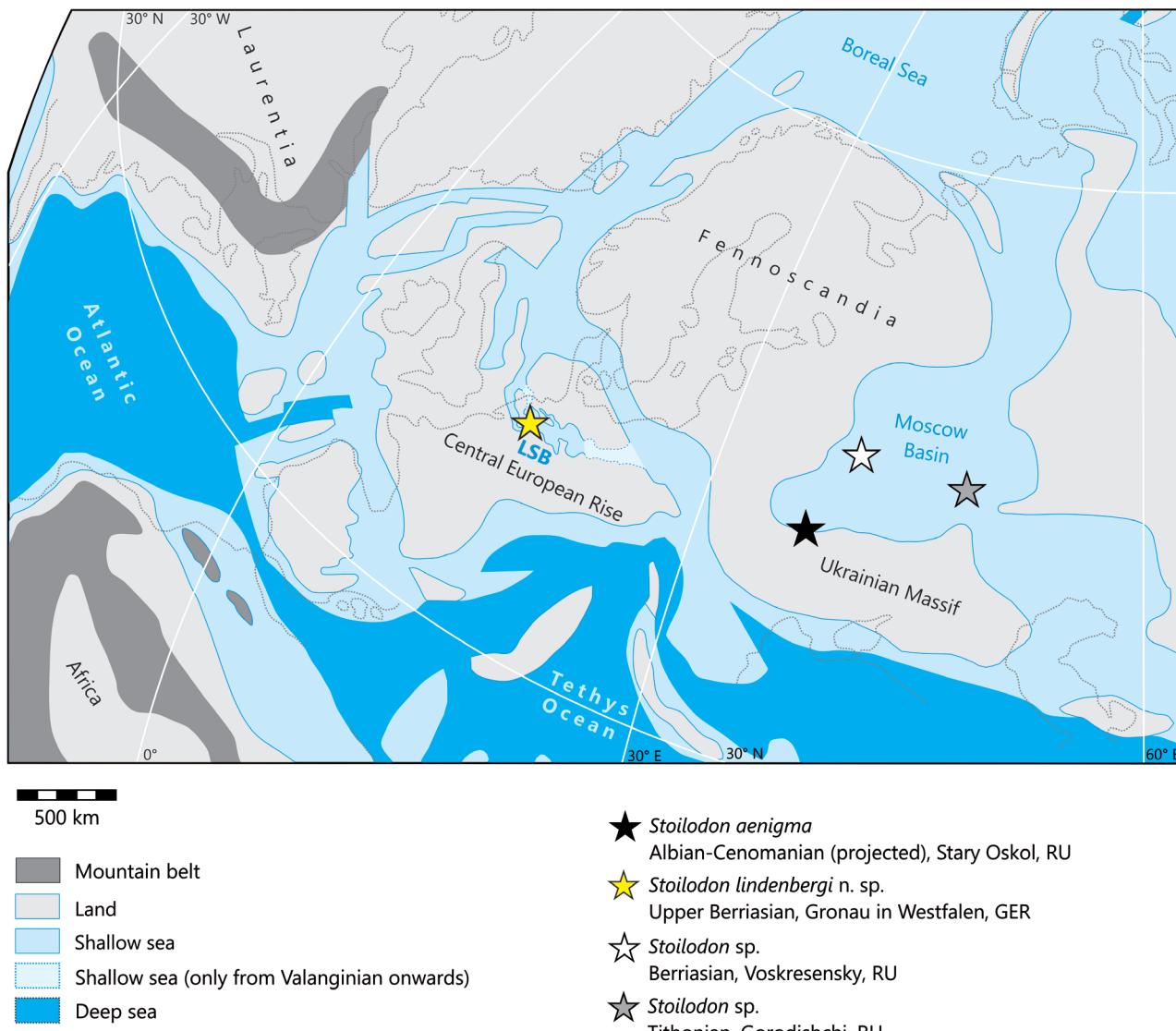
### Referral of material

The upper jaw dental plate fragment is referred to *Stoilodon lindbergi* n. sp. based on the laminar structure of the main pleromin body, the pattern of the lattice-like ornamentation of the vitrodentine, and the similar size. Given the uniqueness of the material at the locality and the fact that it was collected by the same collector (further information is not available), it is even probable that all elements came from the same individual. This can, however, not be demonstrated unequivocally.

### Alphataxonomy and range of *Stoilodon*

*Stoilodon* is a rather enigmatic and rare genus of chiamaeroid. Several specimens of more or less well-preserved mandibular dental plates have been described from the uppermost Jurassic through Lower Cretaceous of the Russian Platform (Figs. 6–7). The Gronau specimens represent the first record of *Stoilodon* from Western Europe.

The type species, *S. aenigma*, was first described based on the holotype (TsNIGR 10/12963) and



**Fig. 7.** Reconstruction of Berriasian-Valanginian palaeogeography of Europe, with occurrences of *Stoilodon* spp.. The locality of *S. aenigma* Nessov & Averianov, 1996 (black star) is projected, as this species is Late Albian – Early Cenomanian in age. LSB: Lower Saxony Basin. Country abbreviations: GER – Germany, RU – Russian Federation, map based on Kazmin & Natapov (1998), modified.

three paratypes (TsNIGR 11/12963, 12/12963, and 12a/12963), all from the Upper Albian – Lower Cenomanian of Stary Oskol, Belgorod Region, southwestern Russian Federation (Nessov & Averianov 1996). An additional, well-preserved mandibular plate (SGU 154/626) from the type locality was later referred to the species by Popov & Efimov (2012).

Popov & Efimov (2012) referred another specimen (SGU 155/72, Popov & Efimov 2012: pl. 1, fig. 2) from the Ryazanian Substage (Berriasian) of the LFR-12 Lopatinsky Mine, Voskresensky District, Moscow Region, Russian Federation, to the same species, and suggested that the stratigraphic range of *S. aenigma* reached from the Berriasian to the Albian-Cenomanian. However, the Berriasian specimen shows some differences to the Albian-Cenomanian one, such as a proportionally longer lingual than medial occlusal pointed projection, and a more acute angle between these projections ( $66^\circ$

vs.  $80^\circ$ ). In spite of these differences and the large stratigraphical gap between both occurrences, we prefer to exclude the rather incomplete Berriasian specimen (SGU 155/72) from *S. aenigma*. Hence, this specimen is herein referred to as *S. sp.* and the known stratigraphic range of *S. aenigma* is restricted to the Upper Albian-Lower Cenomanian.

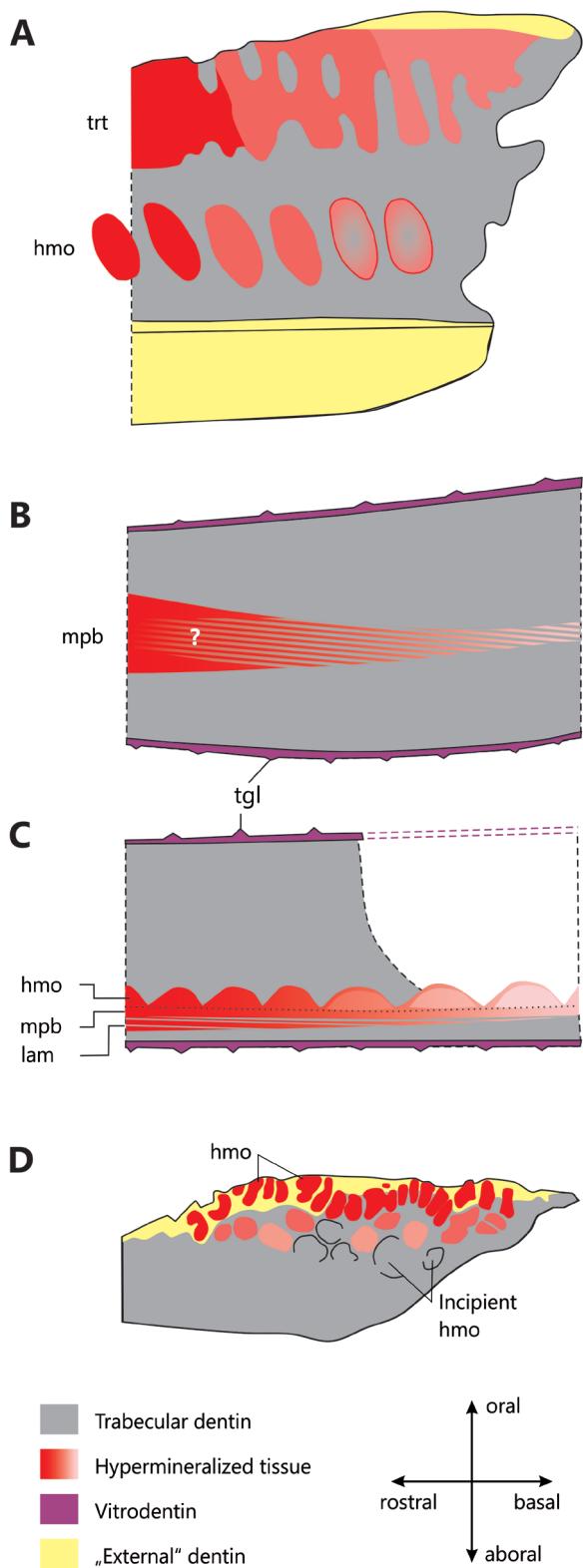
A third locality, Gorodishchi in the Ulyanowsk District, southwestern Russian Federation, yielded another specimen of a mandibular plate (UPM EP-1405, Popov & Efimov 2012: pl. 2) from the Tithonian *nikitini* zone. This specimen differs clearly from the before mentioned specimens by its curved symphyseal margin and especially by the basal margin, plus their more rounded confluence. The main axis of the mandibular plate is oriented oblique to the symphyseal margin rather than in a right angle as in the other specimens referred to *Stoilodon*. Contrary to *S. aenigma*, the symphyseal and

labial margins are gently converging rostrally. The latter character is shared with *S. lindenbergi* n. sp.. UPM EP-1405 was referred to as *Stoilodon* sp. by Popov & Efimov (2012), which extends the range of the genus into the Jurassic.

*Stoilodon lindenbergi* n. sp. from Gronau significantly expands the geographical range of *Stoilodon* into Western Europe and represents the first record of a chimaeroid in this stratum and region. The quality of preservation allows the safe establishment of the presence of a third, labial occlusal pointed projection, a region that is constantly damaged or missing in the Russian material. Furthermore, the association with the vomerine dental plate allows, for the first time, to provide a partial description of this element in the enigmatic genus *Stoilodon*.

#### Phylogenetic relationships of *Stoilodon*

Nessov & Averianov (1996) referred *Stoilodon aerigma* to the Rhinochimaeridae, because of the lack of tritors on the oral surface, and the similarity of the broad occlusal edge with three projections to that of the genus *Harriotta* Goode & Bean, 1895. However, Popov & Efimov (2012) considered the peculiar characters of the genus as convergent and preferred an assignment to the 'Edaphodontidae'. A character found in all *Stoilodon* species and being shared with many members of this Mesozoic "collective taxon" is the presence of an extensive main pleromin body (sensu Popov & Efimov 2012) within the mandibular dental plate rather than separated pleromin "strings". The extensive laminar structure of the pleromin in *Stoilodon* is so far only known from this genus. However, a laminar structure may also be present in the symphyseal tritor of some 'edaphodontids', in contrast to the massive, vascularized pleromin that is the common pattern in these taxa (Cicimurri 2010: figs. 2c-d, 4a-b). The pleromin laminae in *Stoilodon* are imbricated in a basal direction (Popov & Efimov 2012: pl. I, fig. 2b, pl. II, figs. 1b, 1e). In the new material from Gronau, the basal region of the main pleromin body exposes the laminar structure only in cross-section. Along the occlusal edge the pleromin body is avascular, strongly sclerotized, and lacks a visible laminar structure. These changes along the longitudinal direction are probably connected to



**Fig. 8.** Schematic cross-sections in rostrobasal direction through dental plates of various chimaeroid taxa, showing the morphology and development of dental tissues. **A:** *Harriotta raleighana* Goode & Bean, 1895 (Rhinochimaeridae), mandibular dental plate. The hypermineralized ovoids are formed in an "organized pattern" (sensu Johanson et al. 2020) in dedicated areas of the trabecular dentine. Note the basal inclination of the ovoids. After Smith et al. (2019: fig. 18b, modified). **B:** *Stoilodon lindenbergi* n. sp. (family inc. sed.), mandibular dental plate. Main pleromin body formed by thin laminae basally and compact sclerotized pleromin rostrally, the nature of the transition between both is hypothetical. Based on DMFE TW.500000625. **C:** *Stoilodon lindenbergi* n. sp. (family inc. sed.), vomerine dental plate. Oral surface of main pleromin body with single row of hypermineralized ovoids (partially coalescing into strings), maturing rostrally. The aboral part of the main pleromin body consists of laminar pleromin. Based on DMFE TW.480000016. **D:** *Elasmodesmus falcatus* (Egerton, 1843) (family inc. sed.), „upper“ dental plate. „Disorganized pattern“ (sensu Johanson et al. 2020) of hypermineralized ovoid formation. The ovoids grow randomly within the trabecular dentine. After Johanson et al. (2020: fig. 5f, modified). Darker shades of red indicate increasing maturation of hypermineralized tissue, abbreviations see text, not to scale.

caudo-rostrad maturation of the hypermineralized tissue as observed in other holocephalans (Smith et al. 2019, Iijima & Ishiyama 2020, Johanson et al. 2020, Fig. 8). In the Russian material, the symphyseal pleromin body is exposed near the tip of the symphyseal projection on the oral surface to form one or two series of small, circular tritors (Popov & Efimov 2012: pl. II, figs. 1b-c). The shape and arrangement of these indicate that the symphyseal pleromin body consists of an annulated, hypermineralized rod, or string of hypermineralized ovoids. In the Gronau material, however, the symphyseal projection is not well enough preserved to investigate such an interpretation any further.

The new material of *S. lindbergi* shows that *Stoilodon* possessed incipient compact pleromin ovoids (i.e., hypermineralized ovoids, sensu Smith et al. 2019, Johanson et al. 2020) in the vomerine tooth plates, which are arranged in single-layered, rostrobasal rows, formed on the oral side of the main pleromin body (Figs. 6B-C, 8C). They were immature on the exposed basal region, enclosing non-hypermineralized dentine. In the basal symphyseal region they coalesce longitudinally into annulated rods, while labially they become increasingly isolated. The ovoids are restricted to a single layer on the oral-most pleromin lamina; the more aboral laminae do not show ovoids.

Isolated, ovoid, compact pleromin bodies and rods, arranged in an “organized” pattern and formed in longitudinally arranged, predetermined voids in the underlying trabecular dentine are considered apomorphic to crown-group chimaeroids (Rhinochimaeridae+Chimaeridae; e.g. Herman et al. 2001, Smith et al. 2019, Johanson et al. 2020, 2021, Fig. 8A). In the extant genus *Hydrolagus* Gill, 1862 (Chimaeridae), hypermineralized tissue is predominantly organized in “pearl-strings” of isolated ovoid bodies, elongate rods, and very rarely interspersed “patches” within the dental plates. During ontogeny, there is a tendency to replace “rods” with “strings” of isolated hypermineralized bodies (Johanson et al. 2021).

While some “edaphodontids” and Palaeozoic stem-group holocephalans possess several series of hypermineralized ovoids, they differ from the crown-group members by not being formed in an “organized” pattern. It has to be noted that in some taxa, which have been traditionally included in the “Edaphodontidae”, hypermineralized ovoids were present in serial arrangements, e.g., in the genus *Elasmodectes* Newton, 1878, and in “*Ischyodus*” *curvidens* (Egerton, 1843). Johanson et al. (2020) demonstrated that, in contrast to crown-group chimaeroids, the ovoids in both were formed “non-organized”, i.e., in vertically (although not horizontally)

randomly distributed areas of the trabecular dentine (Fig. 8D).

It was previously suggested that *Elasmodectes* is a member of the crown-group family Rhinochimaeridae (see Duffin 2005, Villalobos-Segura et al. 2023). This referral was based on similar criteria to those employed by Nesson & Averianov (1996) to suggest a placement of *Stoilodon* in this family, namely, the absence of a descending lamina and the cutting edge dentition. Such an assignment is put into question by the histology of the hypermineralized dental tissue, which is more congruent to stem-group chimaeroids in *Elasmodectes* (Johanson et al. 2020). It will depend on future studies and more material to elucidate the placement of *Elasmodectes*, and whether it represents a convergent “edaphodontid” with cutting dentition and linear arranged ovoids, or a rhinochimaerid with “non-organized” ovoid arrangement, and its relationship to *Stoilodon*.

The arrangement and morphology of hypermineralized tissue in *Stoilodon* is in some respects more similar to crown-group Chimaeroidea than to callorhinchids or basal “edaphodontids”.

In contrast to *Stoilodon*, the hypermineralized dental tissue (whitlockin) in callorhinchids is structurally reminiscent of the plesiomorphic vascular pleromin of ‘edaphodontids’, lacking hypermineralized ovoids and showing intensive vascularization (Johanson et al. 2021: fig. 3).

The arrangement of the ovoids and “rods” in the vomerine tooth plate, and probably also in the mandibular symphyseal tritor in a single vertical plane of *Stoilodon* supports the hypothesis that they may have been formed in a derived, “organized” pattern. However, at least in the vomerine tooth plate, they were aborally firmly connected with a horizontally extensive, sheet-like, laminar pleromin body. It seems possible, that this main pleromin body was largely lost in the later evolution of the group, and the dispersed hypermineralized “patches” in some extant species (Johanson et al. 2021) may be vestiges of this formerly continuous sheet. Also, the absence of significant oral tritors, and the presence of (non-tritorial) “folds” (sensu Johanson et al. 2021) on oral surfaces in *Stoilodon* are more similar to crown-group chimaeroids than to “typical” ‘edaphodontids’.

The imbricate laminar structure of the main pleromin bodies does not seem to have a direct equivalent in extant Chimaeroidea or in most “edaphodontids”. However, the orientation of the basally inclined laminae mirrors that of hypermineralized ovoids in some species (e.g. in “*Ischyodus*” *curvidens*, and *Harriotta raleighana* Goode & Bean, 1895, see Smith et al. 2019: fig. 18, Johanson et al. 2020: figs 5i-j). It seems possible, that the laminae are homologous structures

to the ovoids. If correct, their origin can be explained by two alternative hypotheses:

(1) Either, they were acquired independently by a radiating group, providing rapid baso-rostral growth of the dental tissue to compensate functionally for strong abrasion along the occlusal grasping-cutting margins. The mesio-labially continuous sclerotization along this margin formed a mechanically quasi-isotropic, smooth margin, in contrast to anisotropic cutting margins produced by exposed hypermineralized ovoids along the edge in many crown-group chimaeroids. While the latter provides a self-sharpening "saw" effect to the edge due to differential abrasion, a smooth margin with quasi-isotropic force distribution may have had a protective function to the slender, pointed projections, which may have been susceptible to damage by torsion or shear, especially in the tip regions. The presence of hypermineralized ovoids on the oral side of the pleromim body within the vomerine tooth plate may have had a coarsening effect, indicating that the upper jaw had a slightly different functional role than the lower jaw and the occlusal edge was possibly more robust. However, the basic function provided by laminar pleromim structure was also present in the vomerine tooth plate.

(2) The alternative hypothesis would be that the laminar structure of the pleromim represents a phylogenetically transitional stage between plesiomorphic vascular pleromim and apomorphic hypermineralized ovoids/strings.

However, the mosaic-like appearance of patterns, and the strong functional implications of the laminar structure, and other features in *Stoilodon* makes the radiative scenario of independent acquisition more preferable. Further discoveries will be necessary to test these or alternative hypotheses.

## Conclusions

A new species of *Stoilodon*, *S. lindneri* n. sp., from the upper Berriasian of northwestern Germany is described. The new material that may derive from a single individual represents the first record of the genus from Western Europe. It comprises mandibular dental plates and, for the first time, a fragment of a vomerine tooth plate. *Stoilodon aerigma*, the type and only other species formally established so far, is stratigraphically restricted to the Albian-Cenomanian. Additional *Stoilodon* specimens, which may represent distinct species, have also been described in open nomenclature from the Tithonian and Berriasian of the Russian Platform (Popov & Efimov 2012).

*Stoilodon* may well represent a basal radiation of crown-group Chimaeroidea, or a basal immediate outgroup to the former, rather than an 'edaphodontid'. As the material does not provide unequivocal synapomorphy of any extant family, but an inconclusive mosaic of plesiomorphic and autapomorphic characters, we refrain from an assignment to a family-level taxon. This said, the taxon probably does represent an isolated radiation, characterized by significant functional modifications. Cutting dentitions in general appear to be symplesiomorphic for crown-group Chimaeroidea, although it is possible that they were acquired convergently by some "edaphodontids", such as *Elasmodesctes*. The associated changes in their trophic preferences may relate to the deeper water habitats crown-group Chimaeroidea inhabit today. The demise of the shallow-water 'edaphodontids' with primarily crushing dentitions restrict the fossil record of chimaeroids from the Paleogene onward. *Stoilodon* possibly represents an early stage of the crown-group radiation, that began in the Jurassic (e.g. Duffin 2018, Villalobos-Segura et al. 2023). The peculiarities of its dentition indicate that it may have been highly specialized in terms of trophic preferences. It was an uncommon taxon in the diverse Cretaceous marine shallow-water chimaeroid communities (e.g. Popov & Machalski 2014), supporting the view that the larger clade it belongs to may already have started the relocation to deeper waters during the Early Cretaceous.

Finally, the material from Gronau does not only expand the known range, morphological dataset, and diversity of *Stoilodon*, but it also represents the first record of a chimaera from the Berriasian Bückeberg Group. This is especially remarkable, as it documents the uncommon invasion of brackish environments by a member of this clade. Chimaeras are generally steno-haline faunal components. However, at least for some Jurassic species of the "edaphodontid" genus *Ischyodus* Egerton, 1843 a tolerance for fluctuating or decreased salinities has been discussed (Leuzinger et al. 2017) and this view is supported by the new material from Gronau.

## Acknowledgments

We thank Christopher Duffin for carefully reviewing the manuscript. We are further indebted to the team of de Museumfabriek, Enschede, Astrid Hage, Charles de Jong, and Edwin Plokker for granting access to the material and supporting its examination. JJH is thankful for the constant support by his wife, Anna, that was invaluable in the completion of this manuscript.

## References

- Berner, U. 2011: The German Wealden, an unconventional hydrocarbon play? – Erdöl, Erdgas, Kohle 127(7-8): 1-5.
- Bonaparte, C. L. 1832: Iconografia della fauna italica per le quattro classi degli animali vertebrati. Tomo III. Pesci. – Tipografia Salviucci, Rome: 378pp.
- Cicimurri, D.J. 2010: Fossil chimaeroid remains (Chondrichthyes: Holocephali) from Williamsburg County, South Carolina, USA. – Paludicola 8(1): 37-48.
- Dalinkevicius, J.A. 1935: On the fossil fishes of the Lithuanian Chalk. I. Selachii. – Mémoires de la Faculté des Sciences de l'Université de Vytautas le Grand 9: 243-305.
- Didier, D.A. 1995: Phylogenetic systematics of extant chimaeroid fishes (Holocephali, Chimaeroidei). – American Museum Novitates 3119: 1-86.
- Didier, D.A. 2004: Phylogeny and classification of extant Holocephali. In: Carrier, J.C., Musick, J.A., Heithaus, M.R. (eds.): Biology of Sharks And Their Relatives. CRC Press, : 115-136.
- Duffin, C.J. 2001: A chimaerid (Holocephali, Chimaeriformes) vomerine toothplate from the Upper Cretaceous of Belgium. – Palaeontology 44(6): 1179-1188.
- Duffin, C.J. 2005: Plattenkalk Late Jurassic chimaeroids. In: Poyato-Ariza, F.J. (ed.): Extended Abstracts of the Fourth International Meeting on Mesozoic Fishes – Systematics, Homology, and Nomenclature. Ediciones UAM: 83-89.
- Duffin, C.J. 2018: A callorhynchid chimaeroid (Pisces, Holocephali) from the Nusplingen Plattenkalk (Late Jurassic, SW Germany). – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen 289(2): 161-175.
- Egerton, P. de M.G. 1843: On some new species of fossil chimaeroid fishes, with remarks on their general affinities. – Proceedings of the Geological Society of London 4(94): 153-157.
- Erbacher, J., Hiss, M., Luppold, F.W. & Mutterlose, J. 2014: Bückerberg-Gruppe. – LithoLex, BGR, Hannover: record 2008155, www.bgr.bund.de/litholex [online database].
- Garman, S. 1901: Genera and families of the chimaeroids. – Proceedings of the New England Zoological Club 2: 75-77.
- Gill, T.N. 1862: Note on some genera of fishes of western North America. – Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 14: 329-332.
- Goode, G.B. & Bean, T.H. 1895: On *Harriotta*, a new type of chimaeroid fish from the deeper waters of the northwestern Atlantic. – Proceedings of the United States National Museum 17: 471-473.
- Herman, J., Hovestadt-Euler, M. & Hovestadt, D.C. 2001: Contributions to the study of the comparative morphology of teeth and other relevant ichthyodurolites in living supraspecific taxa of Chondrichthyan fishes. Part C: Superorder Holocephali 1: Order Chimaeriformes – Suborder Chimaeroidei – Family Callorhynchidae – Subfamily Callorhynchinae – Genus: *Callorhinchus*, Family Chimaeridae – Genera: *Chimaera* and *Hydrolagus*, Family Rhinochimaeridae – Genera: *Harriotta*, *Neoharriotta*, and *Rhinochimaera*. – Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie 71: 5-35.
- Huxley, T.H. 1880: A manual of the anatomy of vertebrated animals. – D. Appleton & Company, New York: 431 pp.
- Iijima, M. & Ishiyama, M. 2020: A unique mineralization mode of hypermineralized pleromin in the tooth plate of *Chimaera phantasma* contributes to its microhardness. – Scientific Reports 10(1): 18591.
- Johanson, Z., Manzanares, E., Underwood, C., Clark, B., Fernandez, V. & Smith, M. 2020: Evolution of the dentition in holocephalans (Chondrichthyes) through tissue disparity. – Integrative and Comparative Biology 60(3): 630-643.
- Johanson, Z., Manzanares, E., Underwood, C., Clark, B., Fernandez, V. & Smith, M. 2021: Ontogenetic development of the holocephalan dentition: Morphological transitions of dentine in the absence of teeth. – Journal of Anatomy 239(3): 704-719.
- Kazmin, V.G. & Natapov, L.M. 1998: The palaeogeographic atlas of northern Eurasia. – Institute of Tectonics and Lithospheric Plates, Moscow: 26 map sheets.
- Kemper, E. 1961: Die Ammonitengattung *Platylenticeras* (=Garnieria). Mit einem Beitrag zur Stratigraphie und Bionomie ihrer Schichten (Untere Kreide, mittleres Valendis). – Beihefte zum Geologischen Jahrbuch 47: 1-195.
- Kemper, E. 1976: Geologischer Führer durch die Grafschaft Bentheim und die angrenzenden Gebiete mit einem Abriss der emsländischen Unterkreide. – Das Bentheimer Land 64: 1-206.
- Kemper, E. 1992: Die tiefe Unterkreide im Vechte-Dinkel-Gebiet (westliches Niedersächsisches Becken). – Dobler-Druck, Alfeld: 95pp.
- Kriwet, J. & Klug, S. 2011: An embryonic mandibular tooth plate and associated remains of a Late Jurassic chimaeroid (Holocephali, Chimaeriformes) from the Iberian Peninsula. – Journal of Vertebrate Paleontology 31(5): 945-961.
- Landois, H. 1900: Ichthyosaurus-Reste aus Gronau. – Jahresberichte des westfälischen Provinzial-Vereins für Wissenschaft und Kunst, 27 (für 1899): 36-37.
- Leuzinger, L., Cuny, G., Popov, E.V. & Billon-Bruyat, J.P. 2017: A new chondrichthyan fauna from the Late Jurassic of the Swiss Jura (Kimmeridgian) dominated by hybodonts, chimaeroids, and guitarfishes. – Papers in Palaeontology 3(4): 471-511.
- Mutterlose, J. 2000: Valangin. In: Stratigraphische Kommission Deutschlands (Ed.): Stratigraphie von Deutschland III. Die Kreide der Bundesrepublik Deutschland. – Courier Forschungsinstitut Senckenberg 226: 10-13.
- Nessov, L.A. & Averianov, A.O. 1996: Древние химерообразные рыбы России, Украины, Казахстана и Средней Азии. II. Описание новых таксонов. [Ancient chimaeriform fishes of Russia, Ukraine, Kazakhstan and Middle Asia. II. Description of new taxa.] – Bulletin of Saint Petersburg University (7)(3(2)): 3-10. [In Russian with English abstract].
- Newton, E.T. 1878: The chimaeroid fishes of the British Cretaceous rocks. – Memoirs of the Geological Survey of the United Kingdom 4: 1-62.
- Nyhuis, C. & Herbig, H.-G. 2009: Ichthyolith aus dem Berriasium von Gronau/Westfalen (westliches Niedersächsisches Kreidebecken) – Rekonstruktion einer trophischen Kette aus sturmkondensierten Bonebeds. – In: Martin, T. & Kaiser, S.I. (eds.): Paläontologie – Schlüssel zur Evolution. 79. Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft. Kurzfassungen der Tagungsbeiträge. Terra Nostra 2009(3): 85.
- Obruchev, D.V. 1953: Studies on edestids and the works of A.P. Karpinsky. – U.S.S.R. Academy of Sciences, Transactions of the Palaeontological Institute 45: 1-86.

- Ørvig, T. 1985: Histologic studies of ostracoderms, placoderms and fossil elasmobranchs. 5. Ptyctodontid tooth plates and their bearing on holocephalan ancestry: the condition of chimaerids. – *Zoologica Scripta* 14(1): 55–79.
- Owen, R. 1846: Lectures on the comparative anatomy and physiology of the vertebrate animals delivered at the Royal College of Surgeons of England 1844 and 1846. Part I. Fishes. – Longman, Brown, Green, and Longmans, London: 308pp.
- Patterson, C. 1965: The phylogeny of the chimaeroids. – *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* B249(757): 101–219.
- Patterson, C. 1992: Interpretation of the toothplates of chimaeroid fishes. – *Zoological Journal of the Linnean Society* 106: 33–61.
- Popov, E.V. 2008: A revision of the chimaeroid fishes (Holocephali, Chimaeroidei) from the British Cretaceous. – *Acta Geologica Polonica* 58(2): 243–247.
- Popov, E.V. & Efimov, V.M. 2012: Новые находки химер рода *Stoilodon* Nessov et Averianov, 1996 (Holocephali, Chimaeroidei) в поздней юре и раннем мелу европейской части России. [New records of the chimaeroid genus *Stoilodon* Nessov & Averianov, 1996 (Holocephali, Chimaeroidei) remains from the Late Jurassic and Early Cretaceous of European Russia.] – *Proceedings of the Saratov University, Earth Sciences* 1: 66–79. [In Russian with English abstract].
- Popov, E.V. & Machalski, M. 2014: Late Albian chimaeroid fishes (Holocephali, Chimaeroidei) from Annopol, Poland. – *Cretaceous Research* 47: 1–18.
- Popov, E.V., Ward, D. & Lepage, G. 2009: The diversity and nomenclatural revision of the holocephalian fishes (Chimaeriformes) from the Kimmeridgian (late Jurassic) of western Europe. – *Journal of Vertebrate Paleontology* 29(Supplement to 3): 166A.
- Popov, E.V., Duffin, C.J., Tischlinger, H. & Atuchin, A. 2013: Reconstructions of the German Plattenkalk (Late Jurassic) chimaeroid fishes (Holocephali, Chimaeroidei). – In: Schwarz, C. & Kriwet, J. (eds.): 6th International Meeting on Mesozoic Fishes – Diversification and Diversity Patterns, Vienna, Austria August 4th–10th, 2013: 56.
- Sachs, S. 1997: Erster Nachweis eines gepanzerten Dinosauriers (Reptilia, Ornithischia, Thyreophora) aus der Unterkreide (Berrias) von Gronau in Westfalen. – *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte* 1997(1): 56–74.
- Sachs, S. & Hornung, J.J. 2013: Ankylosaur remains from the Early Cretaceous (Valanginian) of northwestern Germany. – *PLoS ONE* 8(4): e60571, doi:10.1371/journal.pone.0060571
- Sachs, S., Hornung, J.J. & Kear, B.P. 2016: Reappraisal of Europe's most complete Early Cretaceous plesiosaurian: *Brancasaurus brancai* Wegner, 1914 from the „Wealden facies“ of Germany. – *PeerJ* 4: e2813, <https://doi.org/10.7717/peerj.2813>.
- Sauvage, E. 1867: Catalogue des poissons des formations secondaires du Boulonnais. – *Mémoires de la Société académique de l'Arrondissement de Boulogne-sur-Mer* 2: 53–152.
- Schneider, A.C., Mutterlose, J., Blumenberg, M., Heimhofer, U. & Luppold, F.W. 2019: Palynofacies, micropalaeontology, and source rock evaluation of non-marine Jurassic-Cretaceous boundary deposits from northern Germany – Implications of palaeoenvironment and hydrocarbon potential. – *Marine and Petroleum Geology* 103: 526–548.
- Smith, M.M., Underwood, C., Goral, T., Healy, C. & Johansson, Z. 2019: Growth and mineralogy in dental plates of the holocephalan *Harriotta raleighana* (Chondrichthyes): novel dentine and conserved patterning combine to create a unique chondrichthyan dentition. – *Zoological Letters* 5: 11, <https://doi.org/10.1186/s40851-019-0125-3>
- Stahl, B.J. 1999: *Handbook of Paleoichthyology*. Volume 4. Chondrichthyes III. Holocephali. München: Dr. Friedrich Pfeil.
- Underwood, C.J. 2002: Sharks, rays and a chimaeroid from the Kimmeridgian (Late Jurassic) of Ringstead, Southern England. – *Palaeontology* 45(2): 297–325.
- Villalobos-Segura, E., Stumpf, S., Türtscher, J., Jambura, P.L., Begat, A., López-Romero, F.A., Fischer, J. & Kriwet, J. 2023: A synoptic review of the cartilaginous fishes (Chondrichthyes: Holocephali, Elasmobranchii) from the Upper Jurassic konservat-lagerstätten of southern Germany: taxonomy, diversity, and faunal relationships. – *Diversity* 15(3): 386, <https://doi.org/10.3390/d15030386>
- Wagner, J.A. 1857: Charakteristik neuer Arten von Knorpelfischen aus den lithographischen Schiefern der Umgegend von Solnhofen. – *Gelehrte Anzeigen der königlich bayerischen Akademie der Wissenschaften* 44(35–36): 288–293.
- Wegner, T. 1911: *Desmemys Bertelsmanni* n. g. n. sp. Ein Beitrag zur Kenntnis der Thalassemydidae Rütimeyer. – *Palaeontographica* 58(3–4): 105–132.
- Wegner, T. 1926: *Geologie Westfalens und der angrenzenden Gebiete*. 2. Auflage – F. Schöningh, Paderborn: 500pp.
- Woodward, A.S. 1891: Catalogue of the fossil fishes in the British Museum (Natural History). Part II. – Taylor and Francis, London: 567pp.
- Woodward, A.S. 1911: The fossil fishes of the English Chalk, Part VI. Monograph of the Palaeontographical Society, London 64: 185–224.

## Eine neue Meerassel-Spezies aus dem Bajocium (Mitteljura) von Bielefeld: *Urda buechneri*

Im Jahr 2023 erschien im englischsprachigen Journal „Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana“ ein Artikel von Schädel et al. über fossile Meerasseln. Dieser Artikel verdient auch hierzulande – und ganz besonders in Westfalen – Beachtung, da das Typusmaterial des neuen Taxons aus dem Bielefelder Mitteljura stammt. Asseln (Isopoda) gehören zu den Höheren Krebsen (Malacostraca), die sowohl fossil als auch rezent vorkommen. Mit der Kellerassel *Porcellio scaber* kennt jeder einen prominenten und verbreiteten landlebenden Vertreter der Isopoda. Die Dimensionen reichen von wenigen Millimetern bis zu einem respekt einflößenden Maß von fast einem halben Meter im Falle der in Atlantik und Pazifik vorkommenden Tiefsee-Riesenasseln (*Bathynomus*).

Schädel et al. (2023) führten eine Revision von Vertretern der Gattung *Urda* Münster 1840 durch. *Urda rostrata* Münster 1840, die Typusart der Gattung, interpretierten sie in diesem Zuge aufgrund des Vorhandenseins von in allen Arten vorkommenden abgeleiteten Merkmalen (Apomorphien) als enge Verwandte der rezent lebenden Meerassel-Gruppe Gnathiidae, deren Jungtiere an Fischen parasitieren. Analog dazu könnte auch *Urda* potenziell parasitisch gelebt haben. Die Autoren fanden ferner heraus, dass nicht alle bislang unter dem Gattungsnamen *Urda* geführten Taxa als enge Verwandte der Gnathiidae anzusehen sind. Da sich die in der Gattung *Urda* zusammengefassten Arten nicht durch abgeleitete Merkmale auszeichnen, sondern eher durch solche, die von einem gemeinsamen Vorfahren vererbt wurden, ist es möglich, dass die rezenten Gnathiidae aus *Urda*-artigen Vorfahren hervorgingen. Somit kann *Urda* nicht als von den Gnathiidae abgrenzbare Verwandschaftsgruppe gesehen werden. Eine grundlegende Neuordnung der Systematik gestaltet sich schwierig, doch ist es Schädel et al. (2023) gelungen, einen Anfang zu machen, indem sie den aktuellen Stand der Forschung wiedergaben, aktualisierten und erweiterten.

Während die Autoren z. B. *Urda punctata* Münster, 1842 in die Variationsbreite von *Urda rostrata* Münster, 1840 einordneten und damit die Anzahl valider *Urda*-Taxa zunächst um eines reduzierten, stellten sie auch eine neue Art auf: *Urda buechneri* Schädel, Nagler & Hyžný 2023. Bei der Durchführung der Untersuchungen diverser für die Arbeit analysierter Stücke halfen den Autoren mikrocomputertomographische Verfahren, die darüber hinaus auch bei der detaillierten formalen Beschreibung des neuen Taxons dienlich waren.



**Abb. 1:** Holotyp von *Urda buechneri* Schädel, Nagler & Hyžný 2023, Mitteljura, Bajocium, Parkinsoni-Zone, Grube „Bethel 1“, Bielefeld, Nordrhein-Westfalen, Sammlung: Staatliche Naturwissenschaftliche Sammlungen Bayerns, SNSB–BSPG 2011. Maßstab 3 mm. Foto: Mario Schädel.

Die neue Spezies *U. buechneri* basiert u.a. auf Typmaterial, das 1970 in Bielefeld-Bethel von Lokalsammlern gesammelt wurde (Abb. 1). Ein besonders gut erhaltenes Individuum, das dementsprechend von den Wissenschaftlern als Holotyp (wichtigstes Belegexemplar) ausgewählt wurde, entdeckte der mittlerweile verstorbene Bielefelder Lokalsammler Kurt Lenzer in der Parkinsoni-Zone des Bajociums. Kurt Lenzer gilt in der Region als Sammlerlegende und war auch darüber hinaus in Fachkreisen bekannt. So wurde er von Richter (2016) als eine „bemerkenswerte Sammler-Persönlichkeit“ gewürdigt.

Bereits ein Jahr nach den Funden stellte Martin Büchner (Geologe, Mineraloge und damaliger Leiter des Naturkundemuseums Bielefeld) in den Berichten des Naturwissenschaftlichen Vereins Bielefeld diesen und weitere Meerassel-Funde der Bielefelder Sammler Kurt Lenzer und Dieter Mey vor, welche die beiden bei Planierungs- und Drainagearbeiten auf dem Gelände der ehemaligen Ziegeleitongrube „Bethel I“ (Bielefeld-Gadderbaum) getätigten hatten. Büchner (1971) war sich der Seltenheit und Bedeutung der Funde vollends bewusst und merkte in seiner Arbeit wörtlich Folgendes an: „Die bisher bekannte Artenzahl der Gattung *Urda* dürfte nach den Neufunden in Bethel um einen



**Abb. 2:** Rekonstruktionszeichnung des rund 3 cm langen Gliederfüßers *Urda buechneri*. Zeichnung: Victoria Grabowski.

weiteren älteren Vertreter bereichert worden sein.“ Dennoch nahm er von der Durchführung einer formalen Artbeschreibung Abstand, welche angesichts der hohen fachlichen Qualität seiner Publikation eigentlich nur noch eine reine Formalität gewesen wäre. Die Funde verblieben damals im Privatbesitz der Finder. Büchners weise Vorahnung, dass hier eine neue Art vorläge, bestätigte sich über ein halbes Jahrhundert später mit der Publikation von Schädel et al. (2023).

In der wissenschaftlichen Beschreibung wird der Unterschied zwischen *Urda buechneri* (Abb. 2) und *U. rostrata* mit deutlich kürzeren Augen im Verhältnis zur Länge des Kopfes angegeben. Auch zu den Taxa *U. mccoyi* und *U. cretacea* und *U. suevica* werden von Schädel et al. (2023) Abgrenzungskriterien genannt, die im Einzelnen dort nachzulesen sind. Die Arbeit ist online frei verfügbar.

Leider erlebte Martin Büchner, die Publikation nicht mehr. Am 14. Januar 1932 geboren, verstarb er zwei Tage vor seinem 90. Geburtstag am 12. Januar 2022. Aufgrund seiner Verdienste um die Geologie in Westfalen und weil er die Relevanz der Funde schon damals erkannte, ist es in meinen Augen hochverdient, dass ihm postum die Ehre zuteil wurde Namenspatron des neuen Taxons *Urda buechneri* zu werden. 2016 war bereits der triassische Bielefelder Urlurch *Cyclotosaurus buechneri* Witzmann, Sachs & Nyhus 2016, den Martin Büchner 1975 selbst gefunden hatte, nach ihm benannt worden.

### Mehr mitteljurassische Meerasseln?

Im Fossilreport der allermeisten Jura-Lokalitäten sind Asseln gar nicht vertreten. Eine von Wittler (2007) beschriebene, partiell erhaltene Meerassel aus dem Bajocium von Velpe (Kreis Steinfurt) deutet jedoch an, dass das Bajocium Nordwestdeutschlands über Bielefeld-Bethel hinaus Fundpotenzial bietet. Die Fundorte Velpe und Bielefeld-Bethel liegen immerhin 50 Kilometer auseinander. Sind in der Region Aufschlüsse in den entsprechenden Schichten vorhanden, sollten gerade auch kleine Konkretionen gezielt mitgenommen, abgewaschen und – wenn sich äußerlich keine Fossilsubstanz zeigt – geknackt werden. Es ist davon auszugehen, dass alle Finder entsprechender Stücke hunderte solcher Konkretionen näher betrachtet bzw. diese geöffnet haben, bevor entsprechende Raritäten ans Licht kamen. Neue Funde könnten dabei helfen, die Systematik fossiler Meerasseln weiter zu entschlüsseln und sollten unbedingt der Wissenschaft zugänglich gemacht werden.

### Dank

Mario Schädel (Tübingen) stellte freundlicherweise das Foto des Holotypus (Abb. 1) zur Verfügung und sah das Skript vor Publikation kritisch durch – für beides danke ich ihm. Ebenso danke ich Victoria Grabowski (Bonn) für die Erlaubnis, die von ihr angefertigte Rekonstruktionszeichnung verwenden zu dürfen.

### Literaturverzeichnis

- Büchner, M. 1971: Eine fossile Meeresassel (Isopoda, Malacostraca) aus den Parkinsonienschichten (Mittlerer Jura) von Bethel, Kreis Bielefeld. – Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins Bielefeld, 20: 27–35.
- Richter, A. E. 2016: Eine bemerkenswerte Sammler-Persönlichkeit: Kurt Lenzer in Bielefeld, in: Internetmagazin Leitfossil.de, Jahrgangs-CD 2016, Rubrik: Sammler & Sammlungen.
- Schädel, M., Nagler, C., Hyžný, M. 2023: Fossil relatives of extant parasitic crustaceans from the Mesozoic of Europe: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 75 (2), A220323.
- Wittler, F. 2007: Ein Isopode im Mittelbajocium von Velpe bei Osnabrück (Crustacea, Dogger, NW – Deutschland). – Arbeitskreis Paläontologie Hannover, 35: 15–21.

**Sönke Simonsen**, Bielefeld

## Flugsauriernachweise aus der Osning-Formation

In den Berichten des Naturwissenschaftlichen Vereins für Bielefeld und Umgegend berichtet Hornung (2024) über die Identifizierung zweier Fossilien als Reste von Flugsauriern. In zwei Langknochenfragmenten, die aus der Osning-Formation (Valanginium-unteres Hauerium) der Nähe von Bielefeld stammen, werden Reste eines Oberschenkelknochens und eines Flugfinger-Gliedes erkannt. Die Reste stammen von Flugsauriern, wobei eine genauere Einordnung aufgrund des fragmentarischen Zustandes nicht möglich ist. Allein die Größe der Fossilien zeigt an, dass es sich um mittelgroße bis große Flugsaurier gehandelt haben muss,

die hier einem flachmarinen Lebensraum gelegen haben.

Hornung gibt über die Beschreibung und Einordnung der beiden Fossilien hinaus auch einen Überblick über die stratigraphische und fazielle Verbreitung der Flugsaurierbelege, die aus der Unterkreide Nordwestdeutschlands bekannt sind.

### Literaturverweise

Hornung, J.J. 2024: Flugsaurierreste aus der Osning-Formation (Unterkreide) von Nordwest-Deutschland. – Berichte Naturwiss. Verein für Bielefeld und Umgegend 60: 4-14.

**Achim H. Schwermann**, LWL-Museum für Naturkunde

## Grabung Balve 2024

Das LWL-Museum für Naturkunde gräbt seit 2002 in einem Steinbruch bei Balve Sedimente aus der Zeit der Unterkreide aus. Diese wurden in einem Karsthohlräumsystem abgelagert und enthalten fossile Reste von festländischen Wirbeltieren. Das bislang bekannte Faunenspektrum ist reichhaltig und setzt sich aus Knorpel- und Knochenfischen, Amphibien, kleinen Reptilien, Schildkröten, Krokodilen, Dinosauern, Flugsauriern und Säugetieren zusammen. Die Fossilien sind sehr kleinteilig und häufig nur fragmentarisch erhalten.

Seit 2022 sind die Grabungsaktivitäten deutlich erhöht worden. Diese finden im Sommer in einem Zeitraum von drei Monaten statt. Auch 2024 wurde so wieder eine Grabung durch das Museum durchgeführt, unterstützt von rund 40 Grabungshelfern. Neben

studentischen Praktikanten und Auszubildenden gehörten auch ehrenamtliche Helfer von nah und fern zum Team. Die diesjährige Ausgrabung brachte hunderte makroskopische Funde zum Vorschein. Darunter waren zwei Daumenstachel von iguanodonartigen Ornithopoden, die das bislang bekannte Material aus dieser Fundstelle und für diese Tiergruppe erweitern. Neben der Bergung makroskopisch erkennbarer Funde wurden mittels Schlämmverfahren rund 24 t Sedimente für die Mikrovertebratenanalyse vorbereitet.



**Achim H. Schwermann**, LWL-Museum für Naturkunde



Grabung des LWL-Museums für Naturkunde in Sedimenten der Unterkreide in einer Karstschlucht bei Balve im Sauerland im Jahr 2024.  
Foto: LWL/C. Steinweg.

## Rhät von Bonenburg

Bonebeds in rhätischen Ablagerungen bei Warburg-Bonenburg sind seit 2015 Gegenstand jährlicher Ausgrabungen einer Kooperation der Universität Bonn und des LWL-Museums für Naturkunde. Bestandteil der bonebeds sind isolierte Reste von meist marinen Wirbeltieren, einen frühen Überblick darüber gaben Sander et al. (2016). Die Analyse und Interpretation der isolierten, oft fragmentarischen Reste gestaltet sich schwierig. Es konnten bislang schon einzelne Gruppen detailliert untersucht werden (Hartung et al. 2021; Konietzko-Meier et al. 2019; Schwermann 2016). Diese Untersuchungen wurden nun ergänzt durch die Veröffentlichung eines Knochens eines Phytosauriers (Sander und Wellnitz 2024). Dieser Fund stellt den jüngsten gut datierten und sichereren Fund dieser Tiergruppe dar. Es handelt sich um ein Osteroderm aus dem Rückenbereich, dass sich mit keinem bekannten Phytosaurier-Taxon in Einklang bringen lässt. Eine zweite Veröffentlichung behandelt die Identifikation großer Knochenfragmente, die mehrfach in den bonebeds von Bonenburg gefunden wurden (Perillo und Sander 2024). Die Funde aus Bonenburg stehen dabei im Zusammenhang mit ähnlichen Fossilien, die aus anderen Rhät-Fundstellen in Europa stammen. Seit 170 Jahren wurden über ihren Ursprung verschiedene Hypothesen aufgestellt. Nun konnte gezeigt werden, dass es sich weder um Knochenbruchstücke von Dinosauriern, noch von großen Amphibien handelt. Vielmehr konnten die Autoren mittels Knochendünnschnitten zeigen, dass es Reste riesiger Ichthyosaurier sind, die die Wissenschaft schon so lange beschäftigen. Sie fanden heraus, dass die unscheinbaren Knochenbruchstücke von Tieren aus

der Verwandtschaft von *Shastasaurus* stammen, einem gigantischen Ichthyosaurier der Triaszeit, von dem Körperlängen von mehr als 20 m bekannt sind.

Im Sommer 2024 wurden weitere Fossilien im Rahmen einer Lehrgrabung geborgen. Sie und auch das schon ausgegrabene Material bieten die Grundlage für weitere Untersuchungen und Veröffentlichungen.

## Literatur

- Hartung, J., Sander, P. M., Friedman, M. & Wintrich, T. 2021: First record of mawsoniid coelacanths (Actinistia, Sarcopterygii) from the marine Rhaetian (Upper Triassic) of Bonenburg, Germany. – Journal of Vertebrate Paleontology 41: e1931258. doi: 10.1080/02724634.2021.1931258.
- Konietzko-Meier, D., Werner, J. D., Wintrich, T. & Martin Sander, P. 2019: A large temnospondyl humerus from the Rhaetian (Late Triassic) of Bonenburg (Westphalia, Germany) and its implications for temnospondyl extinction. – Journal of Iberian Geology 45: 287–300. doi: 10.1007/s41513-018-0092-0.
- Perillo, M. & Sander, P. M. 2024: The dinosaurs that weren't. Osteohistology supports giant ichthyosaur affinity of enigmatic large bone segments from the European Rhaetian. – PeerJ 12: e17060. doi: 10.7717/peerj.17060.
- Sander, P. M. & Wellnitz, P. 2024: A phytosaur osteoderm from a late middle Rhaetian bone bed of Bonenburg (North Rhine-Westphalia, Germany): Implications for phytosaur extinction. – Fossil Record 27: 147–158.
- Sander, P. M., Wintrich, T., Schwermann, A. H. & Kindlimann, R. 2016: Die paläontologische Grabung in der "neuen Grube" der Fa. Lücking, Bonenburg, Stadt Warburg, April und Mai 2015. – Geologie und Paläontologie in Westfalen: 11–37.
- Schwermann, A. H. 2016: Über den Nachweis von *Lepagia gaumensis* (Eucynodontia incertae sedis) im Rhät (Trias) von Bonenburg. – Geologie und Paläontologie in Westfalen: 39–48.





Please follow these instructions during the preparation of a manuscript for submitting to *Geologie und Paläontologie in Westfalen*.

*Geologie und Paläontologie in Westfalen* considers all manuscripts on the strict condition that

- the manuscript is your own original work, and does not duplicate any other previously published work, including your own previously published work;
- the manuscript has been submitted only to *Geologie und Paläontologie in Westfalen*; it is not under consideration, peer review, accepted for publication, in press, or published elsewhere;
- the manuscript contains nothing that is abusive, defamatory, libellous, obscene, fraudulent, or illegal.

## Manuscript preparation

### 1. General guidelines

*Geologie und Paläontologie in Westfalen* publishes only research papers as 'Original Articles'. Articles should preferably be related to topics and/or material from Westphalia-Lippe or adjacent areas.

Primary language for manuscripts is German; manuscripts are also accepted in English. British English spelling and punctuation are preferred.

Manuscripts should be compiled in the following order: title page; abstract; keywords; main text; acknowledgements; references; appendices (as appropriate); table(s) with caption(s) (on individual pages); figure caption(s) (as a list).

Abstracts are required for all manuscripts; manuscripts in German require an additional English abstract; for English manuscripts, an additional German abstract is obligatory. If preferred by the author, the editorial office provides translation of abstracts into either language.

All authors of a manuscript should include their full names, affiliations, postal addresses and email addresses on the cover page of the manuscript. One author should be identified as the corresponding author. Please give the affiliation where the research was conducted. Please note that the email address of the corresponding author will normally be displayed in the article PDF and the online article.

The corresponding author must be authorized by all co-authors to act as an agent on their behalf in all matters pertaining to publication of the manuscript.

Please supply all details required by any funding and grant-awarding bodies in the acknowledgement as follows: "This work was supported by the [Funding Agency1] under Grant [number] and [Funding Agency2] under Grant [number]."

Authors must adhere to SI units.

When using a word which is or is asserted to be a proprietary term or trade mark, authors must use the symbol ® or TM.

### 2. Style guidelines

#### Main text

**Organise the paper:** Introduction, Materials and methods, Results, Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References.

Section headings should be concise.

All text should be formatted as it is to appear in the journal (i.e., italicised text to be italicised and bold to be in bold).

**Spell out:** all numbers from one to twelve inclusively, any number that begins a sentence, generic names that begin sentences, generic names when mentioned the first time in a paragraph, and compass points (i.e., north-east, not NE).

Use a hyphen (-) when giving ranges of, e.g., size, measurements, pages, geological stages, years, figure references, etc. (i.e., 4-7 µm, p. 56-59, Triassic-Jurassic, 1959-1963, Figure 3A-B etc.) and in compound words (e.g., north-east, well-preserved, self-pollination, S-haplotype).

**Abbreviations and symbols** should conform to those in *Biological Abstracts*. SI units (Système International d'Unités) should be used throughout (see <http://physics.nist.gov/cuu/Units/index.html>).

Note the difference between **contractions and abbreviations!** Abbreviations are words that are shortened by deletion of letters including the last letter and should end in a full stop. Contractions are words

shortened by the deletion of letters excluding the last letter of the word and should not terminate in a full stop. For example, 'figures' is contracted to 'figs' but 'figure' is abbreviated to 'fig'. This also should be observed in reference lists: please note the difference between one editor (ed.) and two or more (eds).

**Authorities for species** should be given the first time the name is mentioned in the text; authorities for taxa above species rank may be given in the systematic section.

**Scientific names** of genera and taxa of lower rank must be in *italics*. Scientific names of genera and species should follow the AnimalBase Index (see <http://www.animalbase.org/>) for animals, the International Plant Names Index (see <http://ipni.org/>) and the International Fossil Plant Names Index (see <http://fosilplants.info/>) for plants.

#### Headings

Three orders of heading are available. Pay particular attention to the formatting:

1. **Results**
2. *Description of the skull*
3. *Dental formula:* This heading is followed by a colon and text on the same line (as shown here).

#### Title

The title should be concise and informative. It should not be longer than 150 characters, including space.

#### Author names and affiliations

Complete author names and affiliations should be given here. An email address is required only for the corresponding author.

#### Abstract and keywords

**Abstract:** A short abstract not exceeding 250 words should appear directly below the affiliations. The abstract must be clear and concise and should distil in brief the important findings of the study. It should not be a summary of the paper. Where the paper describes new taxa these should also be included.

**Keywords:** 3 to 6 keywords are required for each submission.

#### Introduction

This section should be concise but provide the reader with enough up to date background information to understand the problems raised and discussed in the paper. Do not include any results in this section.

#### Materials and methods

This section should outline in enough detail the nature of the material and the methods used so another researcher could repeat them. Describe also the **Geological setting** here. Do not include any results in this section.

#### Results

Primary data and observations that form the basis for the Discussion that follows should be included in this section. Avoid the use of statements such as "Table I shows ..." or "... as shown in Figure 1". Acceptable usage is a statement or sentence followed by the relevant reference in parentheses. Note that figure, table and appendix are abbreviated (i.e., Fig. 1a, Pl. IA, Tab. I, App.) or contracted (i.e., Figs, Pls, Tabs, Apps).

#### Discussion

This section should provide an interpretation of the results and should not contain any additional primary results or data.

#### Conclusions

Please include a separate Conclusion outlining the importance of the work and the main findings.

#### Acknowledgements

When acknowledging individual persons, always give affiliation, city, country; avoid academic titles.

#### References in the text

The references should be cited in the text as Müller (2008) or (Müller 2008) or where referring to particular text or figures (quotation) as "Direction of movement of the lower jaw (Crompton 1971, fig. 1E)" or "... no valid published reason to exclude the humeri and jaw fragments (Hutchison 1974, p. 223)". In references with two authors, connect the names with '&;' refer-

ences with three or more authors should be abbreviated to First author et al. in the text.

Note that the authors are **not** separated from the year by a comma, and that references should appear in chronological order. Where multiple papers are cited, the papers should be separated by semicolons (e.g., Cantrill 1995, 1996; Schulte et al. 2002a; Meyer and Bertrand 2004; Poole et al. 2005).

**Authority of taxa:** Authority names of animal taxa (species and lower-rank taxa) should follow the style recommended by the International Code of Zoological Nomenclature, ICZN, Art. 51 (i.e. *Loxodonta africana* Blumenbach, 1797); authority names of plant taxa (species and lower-rank taxa) should follow the standard abbreviations provided by The International Plant Names Index, IPNI (<http://www.ipni.org/>); in case of two or more authors, use the Latin 'et'. Always format author names in regular text, do not use CAPS or LOWER CAPS or *italicised* lettering.

#### Reference list

All publications cited in the text, tables and figures should appear in the Reference list. Pay particular attention to ensure all cited references appear in the list and that all references in the list are cited. Please cross-check these before submitting your manuscript. List references alphabetically under the author or editor name regardless of the number of authors. Where more than one publication by the same set of authors is listed, these should be listed chronologically. Use **Arabic numerals for volume numbers, do not include part numbers** except where the journal paginates each part individually from page one. **Provide journal titles in full.**

**Pay particular attention to the format of the references;** please consult the latest issue of the journal for style. Where a title has been transliterated or translated, the original language should be stated in parentheses at the end of the reference. Please check for **correct spelling** in all titles, especially in non-English titles (i.e., in German titles initial capital letters should be used for proper nouns)!

#### Examples

##### Research papers:

Müller, A. 2008: Ein artikulierter Fund von *Ptychodus* aus dem Obercenoman von Westfalen. – *Geologie und Paläontologie in Westfalen* 70: 55-63.

##### Papers published online ahead of print:

Almaguer M., Aira M.-J., Rodríguez-Rajo F.-J. & Rojas T.-I. 2013: Study of airborne fungus spores by viable and non-viable methods in Havana, Cuba. – *Grana*, in press. doi:10.1080/00173134.2013.829869.

**Please note:** Include the doi number: A search for the doi will always be directed to the most recent version, so the reader will be able to find the final published paper as soon as it appears.

##### Online-only journals:

Bates, K.T., Manning, P.L., Hodgetts, D. & Sellers, W.I. 2009: Estimating mass properties of dinosaurs using laser imaging and 3D computer modelling. – *PLoS ONE* 4: e4532. doi: 10.1371/journal.pone.0004532

**Please note:** Include the doi number after the volume and article number.

##### Books:

Kielan-Jaworowska, Z., Cifelli, R.L. & Luo, Z.-X. 2004: Mammals from the age of dinosaurs. New York: Columbia University Press.

##### Book chapters:

Blackmore S. 1992. Scanning electron microscopy. In: Nilsson S. & Praglowski J., (eds) Erdtman's handbook of palynology, 403-431. Copenhagen: Munksgaard.

##### Conference proceedings/abstracts:

Loch, C. 2014: The enamel ultrastructure of fossil cetaceans (Cetacea, Archaeoceti and Odontoceti). – Meeting and abstracts of the 74<sup>th</sup> Annual Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology, Berlin, Germany, 5-8 November 2014, 170.

**Please note:** Include title, locality and dates of the conference.

#### **Theses:**

Ifrim, C. 2006: The fossil fagerstätte at Vallecillo, north-eastern Mexico: pelagic plattenkalks related to Cenomanian-Turonian boundary anoxia. – PhD Thesis, Universität Fridericiana, Karlsruhe, Germany.

#### **Databases:**

Astúa de Moraes, D., La Sancha, N. de & Costa, L. 2011: *Didelphis aurita*. - IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>; accessed 3 April 2013.

**Please note:** Include date of last accession of the database.

#### **Tables**

Each table has to be uploaded as a separate file (.xlsx or .xls). They should be numbered with **Latin numerals** (e.g., Tab. I, Tab. II, Tab. III, ...) according to their sequence in the text, and have a short self-explanatory heading. Use SI units. Authors should keep in mind **the page layout of the journal when designing tables**. Tables that fit onto one printed page are preferred. Detailed explanations of symbols, units, abbreviations should follow below the table.

#### **Illustrations**

Please pay particular attention to the guidelines below. The editorial office cannot undertake preparation of manuscripts and illustrations not conforming to journal style. A high standard of illustration (both line and photo) is an editorial priority.

All figures must be sent electronically and at adequate resolution; care and attention to these guidelines are essential as importing graphics packages can often be problematic.

- Figures must be saved **individually and separate to text**. Please do not embed figures in the manuscript file.
- Coloured figures are at no charge.
- All illustrations should be prepared for printing to fit 80 mm (column width), 113 mm (2/3 page width), or 169 mm (full page width), by up to 254 mm in length. **It is preferred that the full-page length is not used and that authors keep in mind that the caption will be placed underneath the figure**. In the event that full-page length is necessary for plates, captions will have to appear on adjacent (facing) pages.
- Computer prepared photographic images must have a minimum resolution of **300 dpi** at the final publication size, colour figures a minimum of **600 dpi**.
- Figures should be numbered with **Arabic numerals** (e.g., Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3,...) according to their sequence in the text.
- All figures must be numbered in the order in which they appear in the paper. In multi-part figures (plates), each part should be labelled with capital letters in lower left corner.
- Avoid **SEM and light microscopy images** on the same multi-part figure.
- Figure captions must be saved **separately as part of the file containing the complete text of the paper**, and numbered correspondingly.
- Files should be saved and submitted as one of the following file formats: TIFF (Tagged Image

File Format; **preferred!**), PostScript or EPS (Encapsulated PostScript), and should contain all the necessary font information and the source file of the application. For reducing file sizes, LZW compression while saving the file may be used.

- Please submit line art as Adobe Illustrator or EPS files. These must be at a minimum resolution of **600 dpi** at publication size. High resolution may be necessary where fine line detail is present.
- Graphical results (graphs, diagrams, etc.) from statistical software packages might be **printed from the original software directly into PDF files**, which then can be submitted.
- Microsoft Excel graphs are acceptable. Note that vertical axes must all be at the same scale especially where the paper compares between them. Otherwise they should be produced as separate figures. Avoid 3d plots when presenting 2d data.

**Please note:** It is in the author's interest to provide the highest quality figure format possible. Please do not hesitate to contact the editorial office if you have any queries.

**Please note:** Lettering of figures and plates should be of a **sans-serif type** (i.e., Segoe UI or Arial) with a minimum size of 12 pt and maximum size of 20 pt. Lettering should run from left to right and illustrations should be separated from each other by a **uniform gutter of 2 mm**. Descriptive labelling in the figures should be clearly readable; for all lettering, a minimum size of 6 pt for labelling items on photographs or in line art is recommended and a maximum size of 10 pt is suggested.

Use a **scale bar** to indicate magnifications and place it in the lower right corner if possible; do not label scale bars in the **micrographs**; include this information in the figure caption.

**Please note:** Electronic scale bars and lettering produced by SEM graphics packages are inadequate and must be **removed**.

#### **Table and figure captions**

Figure captions should include a statement at the end of each caption about reproduction size (e.g., at full page width, at column width). They should be typed in the journal format. Explanations should be brief and authors should keep in mind that captions will be placed below figures.

#### **Example:**

**Fig. 5: Parapuzosia (Parapuzosia) seppenradensis.** Dimorphism, red arrow points to the living chamber. **a** Microconch, restored. **b** Lectotypus, largest specimen, LWL-Museum für Naturkunde, Münster, macroconch. Scale bars 10 cm (A), 30 cm (B). [full page width]

**Pl. V: Alphadon marshi**, left upper tooth row in **A** labial, **B** lingual and **C** occlusal view.

#### **3. Miscellaneous**

##### **Review process**

The author is asked to name two potential reviewers, including contact details. Additional suggestions are appreciated.

#### **Publication charges**

There are no publication charges for *Geologie und Paläontologie in Westfalen*.

#### **Reproduction of copyright material**

If you wish to include any material in your manuscript in which you do not hold copyright, you must obtain written permission from the copyright owner, prior to submission. Such material may be in the form of text, data, tables, illustrations, photographs, line drawings, maps and screenshots, and any supplemental material you propose to include. This applies to direct (verbatim or facsimile) reproduction as well as "derivative reproduction" (where you have created a new figure or table which derives substantially from a copyrighted source).

You must ensure appropriate acknowledgement is given to the permission granted to you for reuse by the copyright holder in each figure or table caption. You are solely responsible for any fees, which the copyright holder may charge for reuse.

The reproduction of short extracts of text, excluding poetry and song lyrics, for the purposes of criticism may be possible without formal permission on the basis that the quotation is reproduced accurately and full attribution is given.

#### **Manuscript submission**

All submissions should be sent as email-attachments to the editor-in-chief. Manuscripts may be submitted in any standard editable format, preferably in Microsoft Word. The files will be converted into a PDF file for the review process.

#### **Copyright and authors' rights**

To assure the integrity, dissemination and protection against copyright infringement of published articles, you will be asked to assign to LWL-Museum of Naturkunde Münster, via a Publishing Agreement, the copyright in your article. Your article is defined as the final, definitive and citable Version of Record, and includes the accepted manuscript in its final form, including the abstract, text, bibliography and all accompanying tables, illustrations, data. Our Publishing Agreement with you will constitute the entire agreement and the sole understanding between LWL-Museum für Naturkunde and you; no amendment, addendum or other communication will be taken into account when interpreting your and LWL-Museum of Naturkunde's rights and obligations under this Agreement.

#### **Free article access / Open access / Reprints**

All articles and volumes of *Geologie und Paläontologie in Westfalen* are freely available (Open Access) through the website of the LWL-Museum für Naturkunde, Münster (<https://www.lwl-naturkundemuseum-muenster.de/de/naturkundemuseum/literatur/schriftenreihen/download-geologie-u-palaeontologie>). The corresponding author is provided with a free article PDF and five reprints of the article; additional authors get one free reprint each.

Last updated 30 June 2022

# Inhalt

**Mathias Knaak, Rüdiger Stritzke, Ulrike Wefels,** 3

**Stefan Henscheid & Daniel Schrijver**

An Early Pleistocene paleosinkhole in the  
Rhenish Massif, Germany

**Eckhard Speetzen** 15

Ein linearer „Erdfall“ am Nordosthang des Schöppinger Bergs  
bei Horstmar-Leer (Nordwestliches Münsterland)

**Jahn J. Hornung, Eric W. A. Mulder,** 25

**Christian J. Nyhuis & Sven Sachs**

A new species of *Stoilodon* (Chondrichthyes: Holocephali)  
from the Lower Cretaceous of Germany, representing the first  
record of this chimaeroid genus from Western Europe

**Mitteilungen** 42



GEOLOGIE UND PALÄONTOLOGIE IN WESTFALEN Heft 98

ISBN 978-3-940726-94-0



9 783940 726940