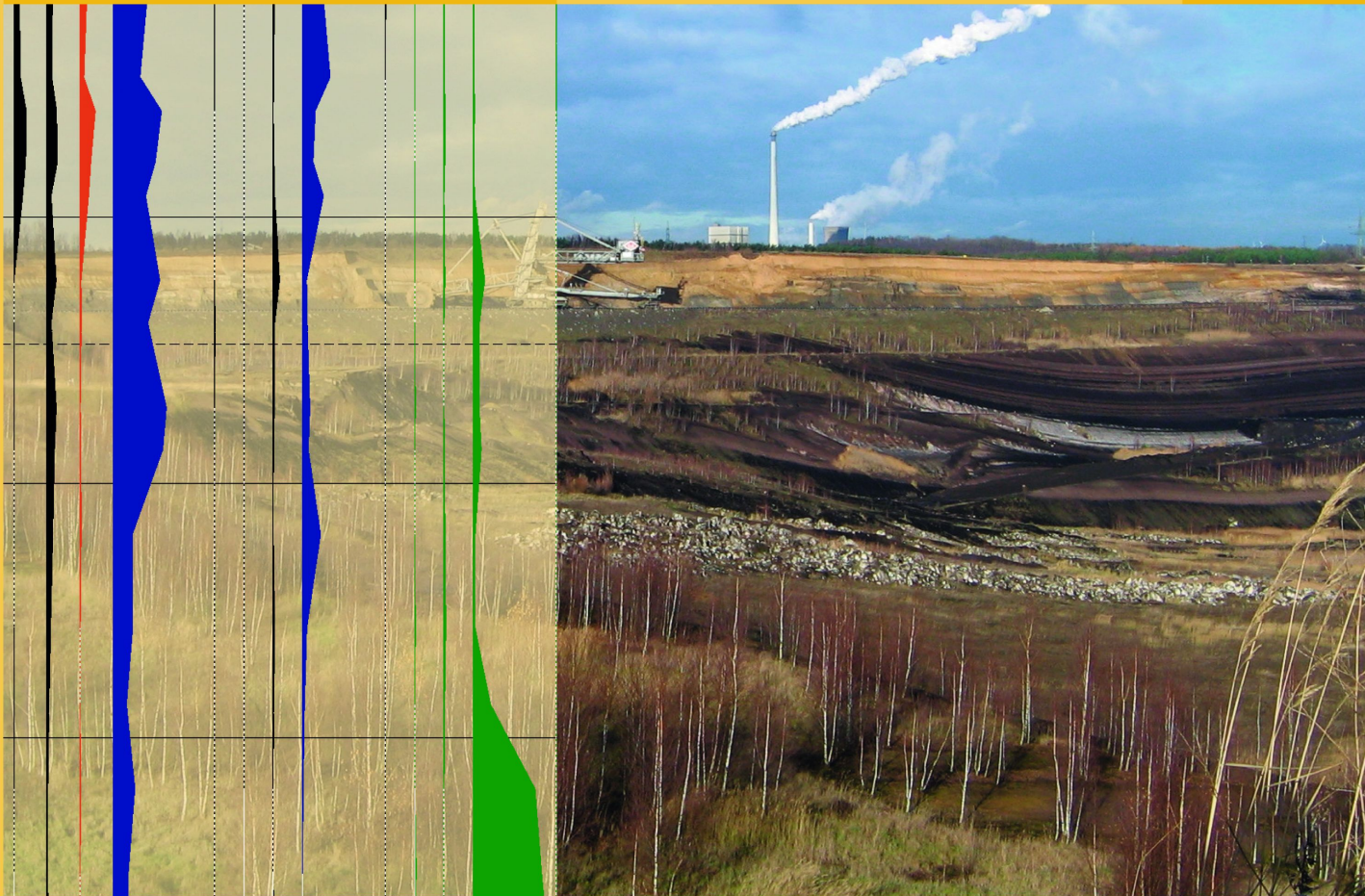


Karl-Ernst Behre (Hrsg.)



Die chronologische Einordnung
der paläolithischen Fundstellen
von Schöningen

The chronological setting of the
Palaeolithic sites of Schöningen

Karl-Ernst Behre (Hrsg.)

Die chronologische Einordnung der paläolithischen Fundstellen
von Schöningen

The chronological setting of the Palaeolithic sites of Schöningen

FORSCHUNGEN ZUR URGESCHICHTE AUS DEM TAGEBAU VON SCHÖNINGEN

Band 1

Römisch-Germanisches
Zentrum
Forschungsinstitut für
Archäologie

R | G | Z | M



Niedersächsisches Landesamt
für Denkmalpflege



Römisch-Germanisches Zentralmuseum
Forschungsinstitut für Archäologie

Niedersächsisches Landesamt
für Denkmalpflege

Römisch-Germanische Kommission
des Deutschen Archäologischen Instituts

Karl-Ernst Behre (Hrsg.)

**DIE CHRONOLOGISCHE EINORDNUNG
DER PALÄOLITHISCHEN FUNDSTELLEN
VON SCHÖNINGEN**

**THE CHRONOLOGICAL SETTING
OF THE PALAEOOLITHIC SITES
OF SCHÖNINGEN**

Gefördert durch



**Niedersächsisches Ministerium
für Wissenschaft und Kultur**

Redaktion: Karl-Ernst Behre; Martin Schönfelder (RGZM)
Satz: Manfred Albert (RGZM);
Michael Braun (Datenshop Wiesbaden)
Umschlaggestaltung: Reinhard Köster (RGZM)
unter Verwendung eines Fotos von Utz Böhner
sowie einer Grafik von Felix Bittmann

**Bibliografische Information
der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-88467-204-4

© 2012 Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Funk- und Fernsehsendung, der Wiedergabe auf fotomechanischem (Fotokopie, Mikrokopie) oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, Ton- und Bildträgern bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Die Vergütungsansprüche des § 54, Abs. 2, UrhG. werden durch die Verwertungsgesellschaft Wort wahrgenommen.

Druck: Beltz Bad Langensalza GmbH
Printed in Germany.

INHALT

<i>Johanna Wanka</i> Grußwort	VII
<i>Stefan Winghart</i> Vorwort zur neuen Reihe	IX
<i>Karl-Ernst Behre</i> Vorwort zum ersten Band	XIII
<i>Jordi Serangeli · Utz Böhner · Henning Haßmann · Nicholas J. Conard</i> Die pleistozänen Fundstellen in Schöningen – eine Einführung	1
<i>Jordi Serangeli · Utz Böhner</i> Die Artefakte von Schöningen und deren zeitliche Einordnung	23
<i>Jörg Lang · Jutta Winsemann</i> The 12II DB outcrop section at Schöningen: sedimentary facies and depositional architecture	39
<i>Klaus-Dieter Meyer</i> Stratigraphie des Saale-Komplexes in Niedersachsen und die Schöninger Profile	61
<i>Brigitte Urban · Melanie Sierralta</i> New palynological evidence and correlation of Early Palaeolithic sites Schöningen 12 B and 13 II, Schöningen open lignite mine	77
<i>Felix Bittmann</i> Die Schöninger Pollendiagramme und ihre Stellung im mitteleuropäischen Mittelpleistozän	97
<i>Thijs van Kolfschoten</i> The Schöningen mammalian fauna in biostratigraphical perspective	113
<i>Rudolf Musil</i> Die stratigraphische Anwendung der Evolution der Pferde im Hinblick auf die Funde von Schöningen	125
<i>Danielle Schreve</i> The Reinsdorf interglacial (Schöningen II) mammalian assemblage in its European context	129

<i>Melanie Sierralta · Manfred Frechen · Brigitte Urban</i> ²³⁰ Th/U dating results from opencast mine Schöningen	143
<i>Mebus A. Geyh · Matthias Krbetschek</i> Zum radiometrischen Alter des Holstein-Interglazials	155
<i>Daniel Richter · Hartmut Thieme</i> One first chronometric date for the Lower Palaeolithic occupation at Schöningen 13 I	171
<i>Utz Böhner · Jordi Serangeli</i> Literaturverzeichnis zu den pleistozänen Fundstellen und den naturwissenschaftlichen Untersuchungen im Tagebau Schöningen bis Juli 2012	183
Autorenverzeichnis	193

GRUSSWORT

EINE NEUE WISSENSCHAFTLICHE REIHE ZUM FUNDORT SCHÖNINGEN

Schöningen zählt weltweit zu den zehn wichtigsten Orten der Archäologie. Hier wurde erstmals nachgewiesen, dass der Frühmensch über kognitive Fähigkeiten verfügte, die den unseren entsprechen. Die Menschheitsgeschichte musste daraufhin neu geschrieben werden. Heute lernen schon Kinder in der Schule, dass die Menschen vor mehr als 300 000 Jahren intelligente Wesen und uns im Entwickeln technologisch sinnvoller Werkzeuge ebenbürtig waren. Die Schöninger Speere und die damit verbundenen Erkenntnisse fanden in den letzten zehn Jahren Eingang in die Schulbücher.

Schöningen ist ein archäologischer Fundort, der hervorragend belegt, dass nur in engster Abstimmung mit den unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Disziplinen Erkenntnisse über die Vorzeit gewonnen werden können.

Das Niedersächsische Landesamt für Denkmalpflege führt seit über zwei Jahrzehnten Grabungen im Braunkohletagebau durch und treibt engagiert die Erforschung der Funde voran. Aktuell untersuchen Wissenschaftler in zwei DFG-Projekten unterschiedliche Aspekte des Schöninger Speerhorizontes.

Das Land Niedersachsen hat in den letzten Jahren erhebliche Mittel für die archäologische Forschung in Schöningen bereitgestellt. So freut es mich besonders, dass mit der neuen Reihe »Forschungen zur Urgeschichte aus dem Tagebau Schöningen« die gewonnenen Erkenntnisse der wissenschaftlichen Welt publik gemacht werden. Diese Reihe, deren Essays und Monographien einem peer-review-Verfahren unterzogen werden, setzt vorbildliche Standards.

Ich danke dem Herausgeber des ersten Bandes, Herrn Prof. Karl-Ernst Behre, für sein großes Engagement, ohne das dieses Buch nicht entstanden wäre. Mein Dank gilt auch den Autoren für ihre Beiträge sowie den Mitgliedern der »Wissenschaftlichen Kommission Schöningen«, denn ohne sie wäre die Aufarbeitung der einzigartigen Fundstelle noch nicht so weit fortgeschritten.

Prof. Dr. Johanna Wanka
Niedersächsische Ministerin für Wissenschaft und Kultur

VORWORT ZUR NEUEN REIHE

Tief im niedersächsischen Boden bei Schöningen im Landkreis Helmstedt stießen Archäologen 1994 auf einen Fund, der die bisher gültigen Vorstellungen vom Urmenschen verändern sollte. An einem früheren Seeufer hatten Urmenschen, Vorfahren der Neandertaler, vor über 300 000 Jahren Jagd auf Wildpferde gemacht. Dank nahezu unwahrscheinlicher Erhaltungsbedingungen ist der Fundplatz bis heute hervorragend bewahrt geblieben – einschließlich der ansonsten rasch vergänglichen Funde aus organischem Material wie Holz und Knochen. Das Jagdlager wurde in den Jahrhunderttausenden nach und nach durch ein über zehn Meter mächtiges Schichtpaket überdeckt und luftdicht konserviert. So sind die ältesten vollständig erhaltenen Jagdwaffen der Menschheit auf uns gekommen: Die hölzernen Schöninger Speere. Ein Fund wie dieser bedeutet Verpflichtung; die wissenschaftliche Behandlung muss sich an internationalen Qualitätsstandards messen lassen.

Die Entdeckung der Fundstelle ist das Ergebnis einer konsequenten archäologischen Begleitung des Braunkohlentagebaus Schöningen durch das Niedersächsische Landesamt für Denkmalpflege (NLD), das dort seit 1983 im Rahmen eines forschungsorientierten Schwerpunktprogramms nahezu ganzjährig umfangreiche Rettungs- und Forschungsgrabungen durchführt. Die Initialzündung für das von Dr. Hartmut Thieme konzipierte Projekt »Archäologische Schwerpunktuntersuchungen im Helmstedter Braunkohlerevier« (ASHB) waren die durch den Bau des Kraftwerkes Buschhaus notwendig gewordenen Ausgrabungen der Jahre 1981 und 1982, die auf eine Meldung des ehrenamtlichen Heimatforschers Hans Germer zurückgingen, dem das Projekt auch in der Folge mannigfaltige Unterstützung zu verdanken hat. Seit der Entdeckung der damals ältesten Befestigungsanlage Niedersachsens, dem jungsteinzeitlichen Erdwerk von Esbeck, gelangen Hartmut Thieme und seinem kleinen Team großartige Funde aus mehr als dreihunderttausend Jahren Menschheitsgeschichte.

Primäres Ziel dieses, auch in grabungsmethodischer Sicht, innovativen archäologischen Großprojektes war und ist die Rettung des unersetzlichen, von Zerstörung bedrohten Quellenmaterials. Zugleich war es gemäß dem Auftrag der archäologischen Denkmalpflege immer auch ein Forschungsprojekt. So gelang es, exemplarisch sämtliche Hinterlassenschaften einer überprägten ur- und frühgeschichtlichen Kulturlandschaft vor der Zerstörung durch den 6 km² großen Abbau aufzuspüren und weitgehend lückenlos zu dokumentieren. Bemerkenswert ist es, dass vor Anlage des Suchschnitttrasters kaum Fundstellen bekannt waren, denn luftbildarchäologische Beobachtungen waren wegen der Lage direkt an der Grenze zur DDR bis 1990 nicht möglich gewesen.

Mittlerweile ist ein Areal von mehr als 400 000 m² ausgegraben, zahlreiche urgeschichtlichen Siedlungen, Befestigungsanlagen und Gräber aus der Jungsteinzeit sowie der Bronze- und Eisenzeit wurden untersucht und gesichert. Viele dieser Befunde sind für Niedersachsen, zum Teil auch für ganz Deutschland, von hoher Bedeutung.

Während die holozänen Befunde unmittelbar unter der Humusschicht lagen, konnten die tief liegenden Relikte aus dem Quartär erst seit 1992 durch den tiefgreifenden Einschnitt des Schaufelradbaggers erreicht werden. In 10-15 m Tiefe erschloss sich hier in den mächtigen Ablagerungen aus dem Eiszeitalter ein ganzes Areal mit mehreren bedeutenden Fundstellen in unterschiedlichen »Stockwerken« des Bodenarchivs aus der Zeit des Heidelbergmenschen. Es ist der bleibende Verdienst von Dr. Hartmut Thieme, dass er die Aufschlüsse systematisch beobachtete, das Potenzial erkannte und schließlich die entscheidenden Fundstellen entdeckte und barg. Die dabei aufgedeckten Spuren reichen in das Altpaläolithikum und sind bis zu

einer halben Million Jahre alt. Sie sind damit nicht nur die ältesten Nachweise von Hominiden in Niedersachsen, sondern sie gehören auch zu den frühesten Spuren des Menschen in Europa.

Vor allem das 1994 entdeckte Jagdlager erwies sich als wissenschaftliche Sensation. Hier hatten die steinzeitlichen Jäger an einem Seeufer Wildpferde erlegt und uns die ältesten Holzartefakte der Menschheit hinterlassen. Die sorgfältig bearbeiteten Wurfspeere belegen die organisierte Jagd auf schnell fliehende Herden, die ohne planendes Handeln und Kommunikationsvermögen undenkbar gewesen wäre. Die kognitiven Fähigkeiten des Heidelbergmenschens wurden, dies zeigte der Schöninger Fund, in der Forschung bis dahin unterschätzt. Wie an keiner anderen Fundstelle in der Welt beleuchten die Grabungen in Schöningen das Dunkel der Urgeschichte. Der *Homo erectus* war kein Aasfresser und Spielball der Natur, er verfügte vielmehr über hohe technologische Fähigkeiten, ausgefeilte Jagdstrategien und wohl auch über ein komplexes Sozialgefüge und damit über die erst dem modernen Menschen zugeschriebenen, intellektuellen Fähigkeiten des vorausschauenden und planenden Denkens und Handelns.

Von herausragender Bedeutung sind auch die geologischen Untersuchungsergebnisse in Schöningen: Die ständige Beobachtung und Untersuchung der vom Braunkohlentagebau aufgeschlossenen Abbauwände auf einer Fläche von einem Quadratkilometer Größe gewährt einen detaillierten Blick in den geologischen Aufbau und die erdgeschichtliche Abfolge der insgesamt über 30 Meter mächtigen eiszeitlichen Deckschichten. Die besondere geologische Situation im Schöninger Tagebau ermöglichte die Entdeckung eines bislang in dieser Komplexität noch nicht dokumentierten warmzeitlichen Schichtpakets, das der Ausgräber Hartmut Thieme zunächst als eigenständiges Reinsdorf-Interglazial angesprochen hat, das aber nicht zuletzt durch die neuen, in diesem Band veröffentlichten Ergebnisse als eine Phase der Holsteinwarmzeit bezeichnet werden darf. Mit dem Aufschluss in Schöningen liegt nördlich der Alpen nun der bisher vollständigste an einer Lokalität erarbeitete Groß-Klimazyklus des Eiszeitalters der letzten 500 000 Jahre und damit ein einzigartiges Klimaarchiv vor.

Das Schöningenprojekt steht modellhaft für den niedersächsischen Weg einer forschungsorientierten Denkmalpflege, die neben der archäologischen Alltagsarbeit in wissenschaftlich breit vernetzten Schwerpunktprogrammen auch auf herausragende Objekte fokussiert, die wesentlich neue Erkenntnisse über die Ur- und Frühgeschichte unseres Landes liefern. Die archäologische Denkmalpflege erfüllt damit den Auftrag des Niedersächsischen Denkmalschutzgesetzes, das explizit die Erforschung der Denkmale verlangt. Angesichts der bei einem solchen Großprojekt wie in Schöningen anfallenden enormen Fund- und Datenmengen tritt die wissenschaftliche Auswertung dabei naturgemäß zunächst gegenüber der Rettung der Befunde zurück. Voraussetzung für die wissenschaftlichen Analysen in den diversen beteiligten Fachgebieten ist die technische und konservatorische Aufarbeitung der Funde und Befunde. Die Verantwortung für das sensible Material, die Entwicklung und Auswahl optimaler, z. T. neuer konservatorischer Methoden für die hochfragilen Holz- und Knochenfunde liegt bei der Restaurierungswerkstatt des Landesamtes für Denkmalpflege und bildet damit die Grundvoraussetzung für die nachhaltige Sicherung der einmaligen Funde – in engem Austausch und mit großzügiger Unterstützung der Partnerinstitutionen wie allen voran dem Römisch-Germanischen Zentralmuseum in Mainz und dem Züricher Landesmuseum. Die Dokumentation der Speere wie auch all der übrigen, einmaligen altpaläolithischen Holzgerätschaften ist wegen der Empfindlichkeit des Materials äußerst aufwendig und wird im NLD in enger Zusammenarbeit mit den genannten Institutionen in einer eigens für die Nasshölzer entwickelten Technik vorgenommen.

Das enorme wissenschaftliche Potenzial der Fundstelle kann nur ausgeschöpft werden, wenn viele verschiedene Fachrichtungen interdisziplinär eng zusammenarbeiten. Die archäologische Fachkompetenz des NLD wurde von Anbeginn des Projektes durch die enge Einbindung von renommierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Hochschul- und Forschungsinstitutionen im In- und Ausland ergänzt, deren Ergebnisse ihren Niederschlag in dieser Reihe finden sollen. Neben vielen Partnern der verschiedensten Dis-

ziplinen ist vor allem das Institut für Ur- und Frühgeschichte, Abt. Ältere Urgeschichte und Quartärökologie der Universität Tübingen unter seinem Leiter Prof. Dr. Nicholas Conard zu nennen, mit dem seit etlichen Jahren eine intensive Kooperation im Gelände und in der Fortführung der Grabung und der Aufarbeitung besteht.

Durch eine Prioritätensetzung innerhalb der archäologischen Denkmalpflege für das Schöningensprojekt, die Forschungsleistung vieler Partner und gezielt eingesetzte Forschungsmittel des Niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur konnte schon in der durch die Rettungsgrabungen geprägten Phase erhebliche Erkenntnisgewinne verzeichnet werden. Inzwischen haben diese Erkenntnisse aus dem Landkreis Helmstedt Eingang in die Schul- und Sachbücher, Fernsehproduktionen und Hunderte von Presseartikeln in aller Welt gefunden. Mehr als 100 wissenschaftliche Publikationen liegen vor. Die mit diesem Band beginnende Reihe »Forschungen zur Urgeschichte aus dem Tagebau von Schöningen« soll die neuesten Grabungs- und Forschungsergebnisse vorstellen und in einen größeren Kontext setzen.

Das Land Niedersachsen, dem durch dieses kulturelle Erbe der Menschheit eine besondere Verantwortung zugewachsen ist, bekennt sich auch in Zukunft zu diesem Großprojekt der archäologischen Denkmalpflege. Auf Grundlage der bislang erarbeiteten Ergebnisse forciert das Land die laufenden Forschungen durch eine gezielte Förderung. Die vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur bestellte wissenschaftliche Kommission für Schöningen, die sich aus international anerkannten Forschern und Denkmalpflegern zusammensetzt, begleitet und unterstützt die Arbeiten.

Inzwischen tangiert der Braunkohlentagebau keine archäologischen Fundstellen mehr, so dass sich der Charakter der Grabungen von einer unter Zeitdruck stehenden Rettungsgrabung zu einer DFG-geförderten Forschungsgrabung entwickelt hat. Die Bewältigung der immensen Aufgaben zur Rettung, Bergung, Bearbeitung und Konservierung bis hin zur wissenschaftlichen Auswertung und Veröffentlichung der Funde und Befunde aus Schöningen wird jedoch auch in Zukunft noch viel Kraft kosten.

An dieser Stelle gebührt »E.ON – Kraftwerke GmbH« (zuvor Braunschweigische Kohlen-Bergwerke AG) in Helmstedt besonderer Dank. E.ON hat die archäologischen Untersuchungen über drei Jahrzehnte technisch vielfältig unterstützt. Die weitsichtige Entscheidung, die Speerfundstelle vom Abbau auszusparen und mit großem Aufwand zu sichern war die Grundvoraussetzung für die systematischen Ausgrabungen dieses komplexen Schichtpaketes.

Die Erkenntnisse, die uns diese Funde eröffnen, erweitern unser Bild vom Menschen, seinen Fähigkeiten und der Dauer kultureller Entwicklung. Sie berühren uns direkt, denn am Ende der Entwicklung stehen wir selbst, die heutigen Menschen. Als Ergebnis der Bemühungen von Landesregierung und Landesamt, der Stadt, des Landkreises und des Fördervereins »Schöninger Speere – Erbe der Menschheit e.V.« mit einer Vielzahl von Partnern, werden die Schöninger Fundstellen in ihrem ganzen Kontext als wichtige Teile im großen historischen Puzzlespiel zur Frage der Menschheitsentwicklung in Kürze eine dauerhafte und adäquate Präsentation in der Nähe der authentischen Fundstätte in dem vor Ort konzipierten Forschungs- und Erlebniszentrum »paläon« erfahren.

Ich freue mich, dass mit diesem ersten Band der neu begründeten Reihe zu den altpaläolithischen Forschungen in Schöningen ein erster Schritt zur Vorlage der bedeutenden Ergebnisse gemacht wurde. Dafür danke ich den Mitherausgebern, dem Römisch-Germanischen Zentralmuseum in Mainz und der Römisch-Germanischen Kommission des Deutschen Archäologischen Institutes, allen beteiligten Autoren und dem Redaktionsteam. Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Karl-Ernst Behre, der das mühselige Geschäft der Herausgabe dieses Bandes übernommen hat.

Dr. Stefan Winghart

Präsident des Niedersächsischen Landesamtes für Denkmalpflege

VORWORT ZUM ERSTEN BAND

Der Braunkohlentagebau von Schöningen hat durch den Fund eines Jagdlagers mit zahlreichen Pferde-
resten und den damit in Zusammenhang stehenden bislang ältesten bekannten Speeren eine wissen-
schaftliche Bedeutung erlangt, die weltweite Beachtung findet. Darüber hinaus erwiesen sich die hangen-
den pleistozänen Schichten, in denen die Funde lagerten, als mehrfach durch minerogene, limnische und
torfige Schichten gegliederte Folgen, die einen hervorragenden Einblick in den Ablauf der mittelpleisto-
zänen Klima- und Landschaftsentwicklung ermöglichten.

Damit war Schöningen zu einem Schlüsselgebiet für die gesamte mitteleuropäische Eiszeitalterforschung
geworden. An diesen Aufschlüssen sollte es möglich sein, offene Fragen des Mittelpleistozäns zu lösen, so
vor allem die genaue Zeitstellung der einzelnen Abschnitte. Der dafür hervorragend geeignete Fundplatz
machte es möglich, dass hierfür zahlreiche Disziplinen zum Einsatz kamen: Geologie, Archäologie, Histori-
sche Geobotanik, Zoologische Paläontologie und dazu die absoluten Datierungen der Physiker.

Jahrelang hatte das Niedersächsische Landesamt für Denkmalpflege die Untersuchungen in Schöningen
alleine betreut, dabei wurden die spektakulären Entdeckungen gemacht. Wegen der weltweiten Bedeu-
tung dieses Platzes berief dann 2007 der Niedersächsische Minister für Wissenschaft und Kultur eigens eine
wissenschaftliche Kommission zur Koordinierung der Weiterführung, insbesondere der nun folgenden
umfangreichen Auswertungsarbeiten.

Ein wichtiges Ziel dieser Kommission war die Zusammenführung der verschiedenen Ergebnisse und Datie-
rungen aus den beteiligten Wissenschaftszweigen. Dazu diente ein auf die engsten Fachleute begrenzter



Die Teilnehmer der Tagung im Oktober 2009 in Hannover. – (Foto H. Haßmann).

Workshop zur chronologischen Einordnung der paläolithischen Funde von Schöningen, der im Oktober 2009 in Hannover stattfand und von Nicholas Conard und dem Unterzeichnenden geleitet wurde.

Der Workshop war so strukturiert, dass für jede Disziplin jeweils ein Referat von einem der in Schöningen direkt Beteiligten und ein weiteres für den größeren (mittel)europäischen Rahmen gehalten wurde. Dieser Aufbau spiegelt sich auch in den Beiträgen wider, die in diesem Band enthalten sind.

Mit der hier vorgelegten Publikation wird eine neue Schriftenreihe mit dem Titel »Forschungen zur Urgeschichte aus dem Tagebau von Schöningen« begründet. Wie in den naturwissenschaftlichen Zeitschriften üblich, unterlagen alle eingesandten Manuskripte auch hier dem Peer-Review-Verfahren, in dessen Verlauf die Beiträge durch Kommentare und Kritik von Fachkollegen vielfach noch verbessert wurden. Die Veranstalter haben deshalb nicht nur den Autoren, sondern auch den teils anonymen Referees zu danken, die ebenfalls viel Mühe aufgebracht haben.

Der Leser wird erkennen, dass es als wesentliches Ergebnis des Workshops und den daraus hervorgegangenen Beiträgen zu einem weitgehenden Konsens über die Chronologie des Schöninger Mittelpleistozäns gekommen ist und dieser Tagebau damit seine Schlüsselfunktion in Mitteleuropa gefestigt hat.

Karl-Ernst Behre

DIE PLEISTOZÄNEN FUNDSTELLEN IN SCHÖNINGEN – EINE EINFÜHRUNG

GEOLOGIE UND TOPOGRAPHIE

Das über 70 km lange, nordwest nach südost orientierte Helmstedt-Staßfurter Braunkohlebecken verläuft vom Südosten Niedersachsens nach Sachsen-Anhalt hinein. Es weist eine Doppelmulden-Struktur auf, die weitgehend durch ca. 50 Millionen Jahre alte tertiäre Schichten verfüllt ist (Brandes u. a. 2012; Riegel u. a. 2012). Naturräumlich liegt Schöningen in einer Übergangszone zwischen dem Mittelgebirgsraum mit dem Harz und dem norddeutschen Tiefland (**Abb. 1**). 1978 wurde unmittelbar östlich der Stadt Schöningen (Lkr. Helmstedt) von der Braunschweigischen Kohlen-Bergwerke AG (BKB; heute E.ON Kraftwerke GmbH Helmstedter Revier) ein großer Tagebau mit einem Nord- und einem Südfeld erschlossen (**Abb. 2**). Die ursprüngliche Geländeoberfläche lag im Tagebau Schöningen bei ca. 105-116 m ü. NN, die paläolithischen Fundschichten in ca. 10-15 m Tiefe bei ca. 96-103 m ü. NN.

Die Region um Schöningen wird durch eine Serie von Höhenzügen und Hügeln gegliedert. Zu diesen zählen Asse, Heeseberg, Elm, Dorm, Elz, Eitz, das »Hohe Holz« und der Lappwald. Die heutigen Höhenzüge bestehen aus Gesteinen des Jura (Lappwald), des Muschelkalk (Elm) und des Buntsandstein (Asse, Heese-



Abb. 1 Satellitenbild der Region um Schöningen. Tagebau und Fundstelle Schöningen 13 II. – (Google Earth, Bearbeitung V. Diaz / U. Böhner).

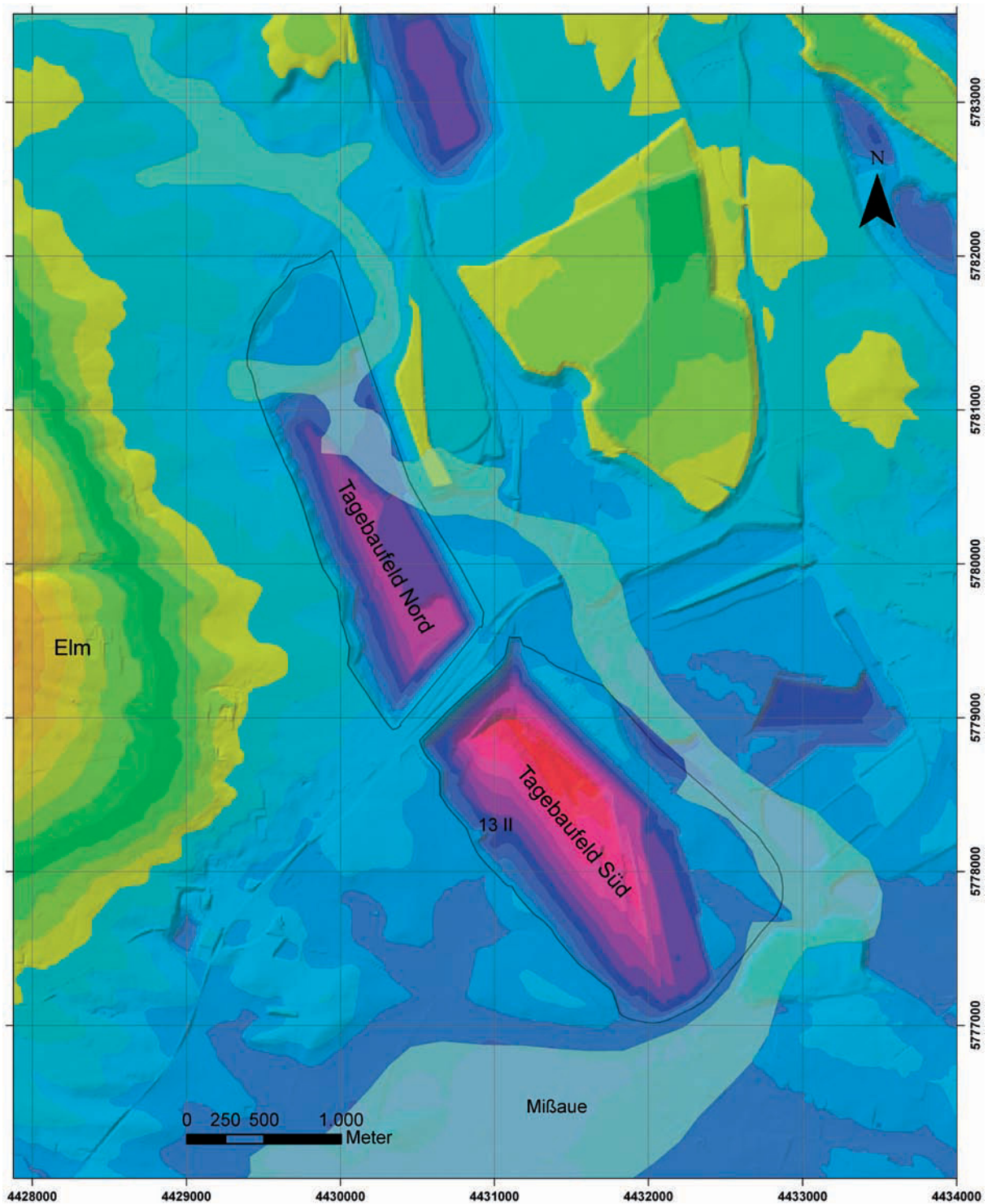


Abb. 2 Digitales Geländemodell (DGM5), Tagebau Schöningen. Holozäner Verlauf der Mißbaue. – (Bearbeitung U. Böhner).

berg und Dorm), die durch diapirischen Aufstieg des Zechsteinsalzes an die Oberfläche gehoben wurden. Die Höhenzüge Elz und Eitz werden vollständig von pleistozänen Ablagerungen aufgebaut. Durch die Eisvorstöße und die Einwirkung von Permafrost wurde die Landschaft maßgeblich umgestaltet. Unmittelbar südlich von Schöningen liegt das »Große Bruch«, eine 40 km lange, Ost-West orientierte glaziale Erosions-

rinne, die mit über 50 m mächtigen Quartärsedimenten verfüllt ist (Feldmann u. a. 2001). Während die Gletscher der Elster- und Saalevereisung noch über Schöningen hinweg bis zum Harz vorstießen, kamen die Gletscher der Weichselvereisung bereits 80 km nordöstlich zum Halten. Im Harzvorland wurde in dieser Zeit in großem Umfang Löss abgelagert, der im Gebiet von Schöningen eine Mächtigkeit von zumeist 5 m einnimmt. Jenseits der 10 km nördlich von Schöningen verlaufenden Lössgrenze herrschen sandige Ablagerungen vor (Wagner 2011).

FORSCHUNGSGESCHICHTE

Der ostniedersächsische Braunkohletagebau zwischen Helmstedt und Schöningen hat eines der bedeutendsten archäologischen Bodenarchive aufgeschlossen. Die bergmännische Erschließung des Tagebaus Schöningen wurde von 1982 bis 2008 durch das Projekt »Archäologische Schwerpunktuntersuchungen im Helmstedter Braunkohlerevier« (ASHB) am Niedersächsischen Landesamt für Denkmalpflege begleitet. Das Projekt wurde von Hartmut Thieme 30 Jahre lang geleitet, wobei Vertreter anderer Disziplinen, vor allem Dietrich Mania für die Geologie, Brigitte Urban für die Paläobotanik und Thijs van Kolfschoten für die Paläontologie/Archäozoologie zu nennen sind. Seit Juni 2008 wird das Projekt im Rahmen einer Kooperation vom Niedersächsischen Landesamt für Denkmalpflege und der Eberhard Karls Universität Tübingen gemeinsam durchgeführt.

Der Abbau durch die BKB begann 1979 im Tagebaufeld Nord. Die quartäre Schichtenfolge wurde in mehreren Diplomarbeiten an der Universität Hannover unter der Leitung von H.-P. Groetzner aufgenommen (vgl. Beitrag Meyer in diesem Band), die holozänen und pleistozänen Aufschlüsse durch palynologische Studien von B. Urban untersucht. Bis 1991 bildeten Rettungsgrabungen jungsteinzeitlicher bis mittelalterlicher Fundstellen in den oberflächennahen holozänen Ablagerungen den Schwerpunkt des archäologischen Projektes. Untersuchungen in den pleistozänen Schichten waren im Tagebaufeld Nord nur sehr begrenzt möglich. Erst mit der Erschließung des Tagebaufelds Süd im Jahre 1992 wurde die Suche nach Hinterlassenschaften des Menschen in den pleistozänen Schichten intensiviert. Die Entdeckung der paläolithischen Fundstellen Schöningen 12 A und B im Frühjahr 1992 unterhalb saalezeitlicher Schichten waren im Sommer 1992 der Anlass für eine dreimonatige Grabungskampagne. Als wichtigste Fundkategorie sei auf die sog. Klemmschäfte aus Holz hingewiesen. Aufgrund des außergewöhnlichen Erhaltungszustandes organischer Funde, insbesondere der Hölzer, war für H. Thieme klar, dass bei der Fortsetzung des Tagebaus weitere sensationelle Funde zu erwarten sein würden.

Etwa 400 m südwestlich der Fundstelle 12 wurde dann zwei Jahre später im Sommer 1994 die Fundstelle 13 I entdeckt, bei der u. a. Trittsiegel verschiedener Großsäuger erkannt werden konnten. Ende August 1994 folgte dann die Entdeckung zahlreicher Tierknochen an der neuen Fundstelle Schöningen 13 II. Der Fund eines Wurfholzes Ende Oktober desselben Jahres ermöglichte es H. Thieme mit Unterstützung durch den stellvertretenden Betriebsleiter der BKB, Klaus-Christian Cornelius, die BKB davon zu überzeugen, entgegen des geplanten Verfahrens einen Sockel von ca. 50 × 60 m zunächst befristet, dann endgültig vom Abbau auszuklammern und so für die Forschung zu sichern. Dazu waren eine Umlenkung von Großgerät und Fördertechnik sowie die nachhaltige Sicherung des auf drei Seiten freigestellten Blocks gegen Abrutschen notwendig. Von 1994 bis Ende 2005 wurde der Fundplatz Schöningen 13 II-4, das sog. Wildpferdjagdlager, mit Ausnahme von einigen Befunden ausgegraben. In den Jahren 1995 bis 1999 wurden fünf vollständige Speere sowie Bruchstücke von drei weiteren Speeren gefunden. Die Fundstelle wird daher auch als »Speerhorizont« bezeichnet. Die Entdeckung der Speere erregte große Aufmerksamkeit in Forschung und Öffentlichkeit (Thieme 1997), da zum ersten Mal anhand



Abb. 3 Blick nach Norden auf den »Deutsche-Bahn-Pfeiler«. Im Hintergrund das Kohlekraftwerk Buschhaus. – Unter dem bereits abgetragenen Humushorizont erkennt man die Lössablagerungen der Weichsel-Eiszeit (Gelb bis hellbraun), Sand- und Geröllschichten der Saale-Eiszeit (hell- bis dunkelbraun), die organogenen Sedimente von Schöningen 12 II – Plateau 6, in denen die archäologischen Funde eingebettet sind (grau bis schwarz), Sande (hellbraun) und Grundmoräne der Elster-Eiszeit (grau), Sande (weiß) und Braunkohlenflöze (dunkelblau) aus dem Tertiär. – (Foto J. Serangeli).

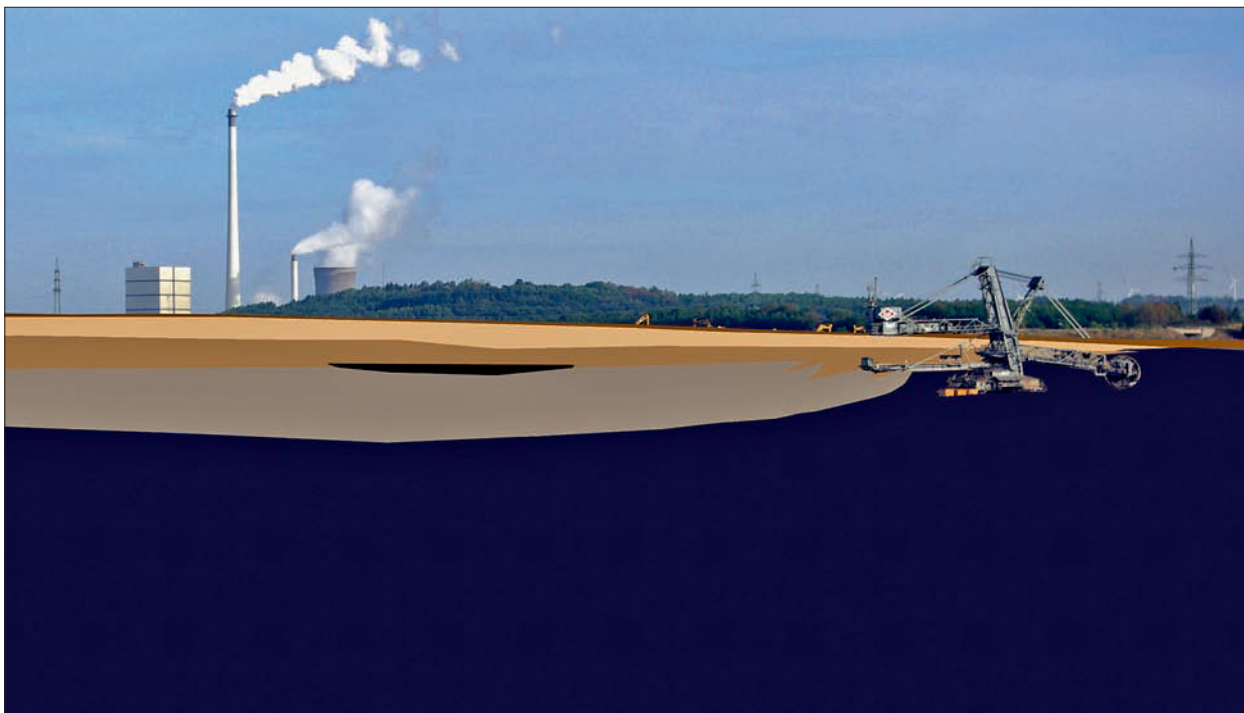


Abb. 4 Interpretation von Abb. 3. Löss-Ablagerungen der Weichsel-Eiszeit (hellbraun), Sand- und Geröllschichten der Saale-Eiszeit (dunkelbraun), die organogenen Sedimente von Schöningen 12 II (schwarz), die Sande und Grundmoräne der Elster-Eiszeit (dunkelgrau), tertiären Sande und Braunkohlenflöze (dunkelblau). – (Schematische Umzeichnung J. Serangeli).

von Holzartefakten der Nachweis gelang, dass schon im ausgehenden Altpaläolithikum die Menschen großes handwerkliches Können und eine hohe Planungstiefe besaßen. Diese Fähigkeiten konnten die damaligen Menschen in geschickte Jagdstrategien umsetzen, die nach der Interpretation des Ausgräbers H. Thieme in Schöningen zu den Hinterlassenschaften eines komplexen Wildpferdjagdlagers geführt haben.

Durch den zunächst nicht geplanten Abbau des Braunkohlesockels unter dem »Deutsche-Bahn-Pfeiler«, einem die Tagebaufelder Nord und Süd trennenden ca. 300 m breiten und 1 km langen Damm, wurden von Februar 2007 bis Dezember 2009 weitere Ausgrabungen notwendig (**Abb. 3-4**). So konnten auf zwölf Grabungsflächen aus der gleichen Zeitstufe weitere pleistozäne Fundstellen dokumentiert werden. Die Arbeiten wurden durch das Institut für Geologie der Leibniz-Universität Hannover begleitet (Lang u. a. 2012; Beitrag Lang in diesem Band). Seit 2010 werden die Ausgrabungen an der Fundstelle Schöningen 13 II durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert.

DIE BEZEICHNUNG DER FUNDSTELLEN

Auf den ersten Blick erscheinen die Bezeichnungen der Fundstellen bzw. der einzelnen Fundplätze in Schöningen komplex. Die Nummerierung folgt dem in der niedersächsischen Bodendenkmalpflege üblichen Bezeichnungssystem von markungsbezogenen Fundstellen mit einem von H. Thieme erweiterten System zur Untergliederung von Fundstellenbereichen. Die Abgrenzung richtete sich im Fortlauf des Tagebaus nach markanten Grenzen oder topographischen Gegebenheiten, wie Straßen oder Erhöhungen (**Abb. 5**).

In der Gemarkung Esbeck wurden die Fundstellen 1, 2, 3 und 6 sowie für die markungsübergreifenden Fundstellen die Nummern Esbeck/Schöningen 7 und 8 vergeben. Die Fundstellen 9 bis 18 liegen ausschließlich in der Gemarkung Schöningen. Nach diesem System bedeutet die erste arabische Ziffer neben dem Präfix »Esbeck« bzw. »Schöningen« die ungefähre Lage der Fundstelle wie z. B. bei den Fundarealen Schöningen 12 und Schöningen 13. Unter derselben Fundstellenbezeichnung werden nicht nur pleistozäne sondern auch darüber gelegene holozäne Fundstellen geführt.

Klimatische Zyklen

Um die Bezeichnung der Fundstellen zu verstehen, muss zunächst auf das Modell der Zyklen (»Rinnen«) von D. Mania und H. Thieme (Mania 1995; 2007) eingegangen werden, da die Systematik der Fundstellenbezeichnung eng mit dem Rinnen-Modell verbunden ist. Bei den paläolithischen Fundstellen sind im Anhang in römischen Ziffern die sog. »Rinnenfüllungen« I bis VI angefügt (Mania 1995; 2007), die durch D. Mania und H. Thieme mit großen klimatischen Zyklen in Verbindung gesetzt wurden (**Abb. 6-7**).

Nach dieser Interpretation entspricht die »Rinne« I dem Holstein-Interglazial, die »Rinne« II dem Reinsdorf-Interglazial und die »Rinne« III der Dömnitz-Warmzeit, die hier als »Schöningen-Warmzeit« bezeichnet wird. Die »Rinne« IV soll eine warme intrasaalezeitliche Phase zwischen dem Drenthe- und Warthe-Eisvorstoß darstellen, die »Rinne« V entspricht dem Eem-Interglazial und die »Rinne« VI der holozänen bzw. der heutigen Missaue.

So wird z. B. bei der Bezeichnung der Fundstellen Schöningen 13 I und Schöningen 13 II nach dem Rinnen-Modell impliziert, dass die erste zum Holstein-, die zweite zu einer späteren Warmzeit, dem Reinsdorf-Interglazial, gehört. Neue geologische Arbeiten, die auf der Basis einer Auswertung von über 700 Bohr-

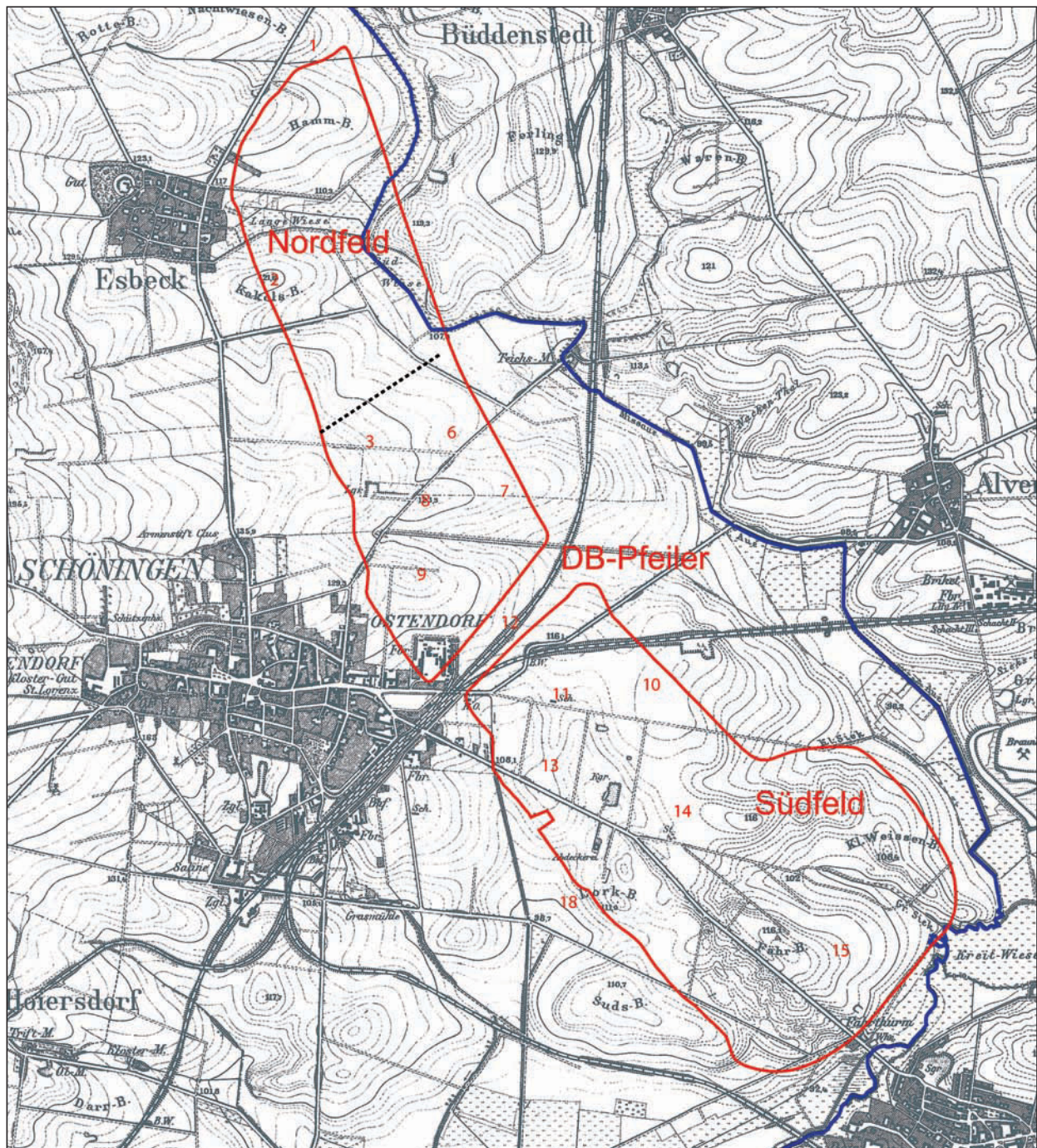


Abb. 5 Systematik der Fundstellennummern im Tagebau Schöningen. – (Verändert nach Thieme 2007, 23 Abb. 12).

profilen, Scherwellenseismik-Messungen und Aufschlussanalysen beruhen, zeigen im Gegensatz hierzu, dass die glazigenen Ablagerungen von Schöningen in einem subglazialen Tunneltal überliefert sind. In der unvollständig verfüllten Depression bildete sich nach der Elster-Eiszeit ein langlebiger See. Der interglaziale See wurde durch lateral von Westen (Elm) geschüttete Sedimente in Form kleiner Deltasysteme sukzessive aufgefüllt. Diskordanzen innerhalb der Deltasysteme wurden durch wiederholte Schwankungen des Seespiegels gebildet (Lang u. a. 2012; Beitrag Lang in diesem Band).

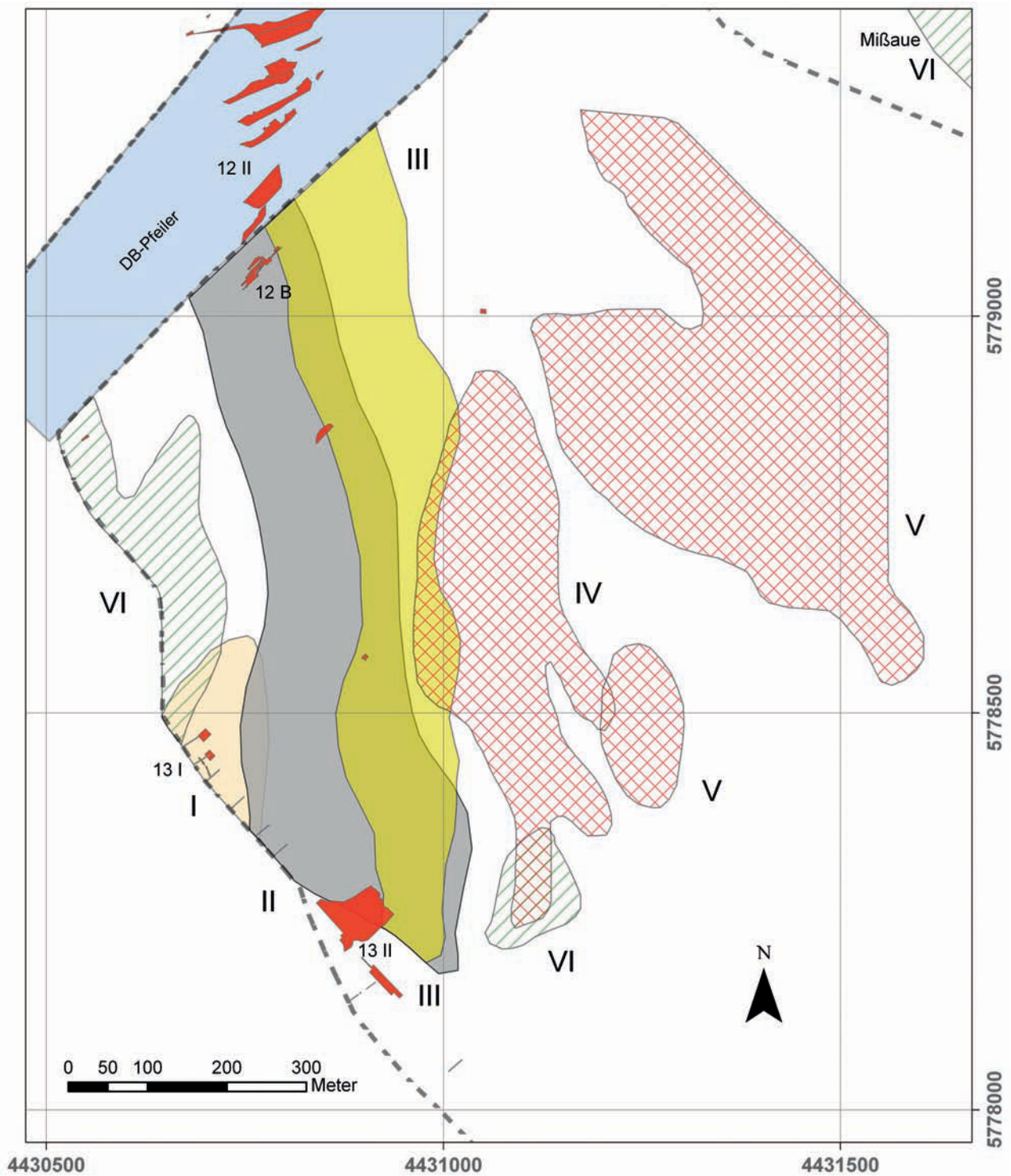


Abb. 6 Verlauf und Ausdehnung der »Rinnen« im Tagebau Schöningen (Südfeld) nach D. Mania. **I** und **II**: organische Ablagerungen aus dem Holstein/Reinsdorf-Interglazial, **III**: saalezeitliche Schmelzwasserrinne, **IV** und **V**: fossile Bodenkomplexe (Pseudogley/Parabraunerde), **VI**: spätglaziale bis holozäne Sedimente. Rot: pleistozäne Fundstellen, blau: Profilschnitte an der Endböschung 2011. – (Verändert nach Mania 2007, 179 Abb. 146).

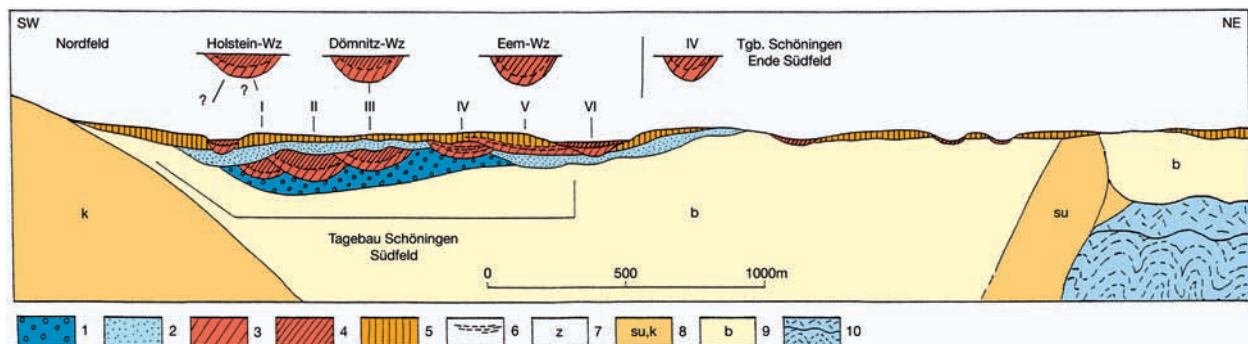


Abb. 7 Schematischer Schnitt durch die quartäre Sedimentabfolge in Tagebau Schöningen mit der Interpretation von D. Mania. – (Nach Mania 2007, 45 Abb. 37).

Von besonderer Bedeutung für die Gliederung des Mittelpleistozäns ist die Unterscheidung eines Holstein-Interglazials im Tagebaufeld Nord und den Aufschlüssen mit einem sog. Reinsdorf-Interglazial im Tagebaufeld Süd durch B. Urban (Urban 1995a; 1995b). Diese Abfolge wurde in den Arbeiten von Mania / Mai (2001) und Mania (1995) übernommen. Dies ist im Zusammenhang mit der von B. Urban seit Jahren vertretenen Meinung zu sehen, dass die pleistozänen Fundstellen von Schöningen 12 und 13 II (Reinsdorf) zum OIS-9 gehören, was durch mehrfache U/Th-Datierungen abgesichert ist (Urban 2007; Urban u. a. 2011; Beiträge Urban / Sierralta und Sierralta / Frechen in diesem Band). Der Begriff Reinsdorf wird in diesem Beitrag als Synonym für das OIS-9 weiterhin verwendet (Diskussion s. u.).

Verlandungsfolgen

Die Ablagerungen aus dem von B. Urban am Tagebaufeld Süd definierten Reinsdorf-Interglazial (Urban 2007) gliedern sich in fünf Zyklen (**Abb. 8**). Sie werden von D. Mania und H. Thieme als Verlandungsfolgen eines Sees interpretiert. Die Seeablagerungen werden nach der Verlandung jeweils von einer organogenen Schicht bzw. einer Torfschicht abgeschlossen.

Die Verlandungsfolge 1 des Reinsdorf-Interglazials wird von B. Urban aufgrund der Pollenanalyse mit dem Klimaoptimum gleichgesetzt. Zu dieser Zeit herrschte ein warmes Klima mit milden Wintern, in dem sich eine entsprechende Flora und Fauna ausbreitete (Urban 2007; van Kolfschoten u. a. 2007). Dieses Bild wird durch den Fund des Schädelfragmentes eines Wasserbüffels im Jahre 2008 bestätigt.

Die Verlandungsfolgen werden von unten nach oben gezählt und weisen insgesamt eine klare Tendenz zu einer Abkühlung auf, wobei es unterschiedliche Phasen gibt. Während zu der Verlandungsfolge 1 eine Fauna aus Waldelefanten (*Elephas antiquus*) und Nashörnern (*Stephanorhinus kirchbergensis*) gehören, geht der Anteil der wärmeliebenden Fauna in den jüngeren, oberen Schichten zurück. Gleichzeitig nimmt der Anteil der an ein eher gemäßigtes Klima angepassten Fauna wie Auerochse (*Bos primigenius*), Wisent (*Bison* sp.), Rothirsch (*Cervus elaphus*) und Pferd (*Equus mosbachensis*) zu. In der Verlandungsfolge 4 herrscht bereits eine weitgehend offene Steppe, in der Pferde (*Equus mosbachensis*) verbreitet waren. Die Verlandungsfolge 5 stellt eine kühlere und trockenere Phase dar, die den Ausklang des Reinsdorf-Interglazials bzw. den Beginn der Saale-Eiszeit ankündigt. Hinweise auf an Kälte angepasste Großsäuger wie Wollnashorn (*Coelodonta antiquitatis*) oder Rentier (*Rangifer tarandus*) sind in den Schichten des Reinsdorf-Interglazials nicht belegt (vgl. van Kolfschoten u. a. 2007; Beitrag van Kolfschoten in diesem Band). In der



Abb. 8 Schöningen 13 II. Aktueller Stand der laufenden Ausgrabung vom 21. Mai 2012 mit Blick auf die Verlandungsfolgen 1, 2 und 3. – (Foto J. Serangeli).

Fundstelle Schöningen 11 sind in 4 m Tiefe Stoßzähne von *Mammuthus primigenius* entdeckt worden; diese lagen aber in Ablagerungen der Saale-Eiszeit.

Feinstratigraphie

Eine Verlandungsfolge beginnt nach dem Schema von D. Mania (2007, 46-47) mit einer oder mehreren Phasen von Seeablagerungen, bei der sich Ton- und Schluffmudden, Beckenschluffe und Beckensande abwechseln. Diese tragen bei der Ausgrabung die Buchstaben »i« bis »c« (z. B. Schöningen 13 II-4i und Schöningen 13 II-2c2). Darauf folgt eine »Übergangsphase«, die deutlich mehr organisches Material beinhaltet, teilweise sogar als Torfmudde zu bezeichnen ist (z. B. Schöningen 13 II 2b) und mit einer Torfphase endet (z. B. Schöningen 13 II 2a). Die meisten archäologischen Funde, insbesondere die der Fundplätze Schöningen 13 II-4 und Schöningen 13 II-1, befinden sich am Übergang zwischen den Beckenschluffen (Schicht c) zu den organogenen Ablagerungen (Schicht b). Die Torfschichten (Schicht a) sind hingegen weitgehend fundfrei.

Es sei hier darauf hingewiesen, dass in den Sedimenten wiederholt syndimentäre und postsedimentäre Prozesse wie z. B. Erosion, Versprünge von bis zu 10 cm und kleine Rutschungen beobachtet und dokumentiert werden konnten.

DIE PLEISTOZÄNEN FUNDSTELLEN

Das Projekt Schöningen mit seiner mittlerweile 30-jährigen Ausgrabungs- und Forschungsgeschichte gehört zu den größten archäologischen Maßnahmen in Niedersachsen. Es erweckt weltweit Aufmerksamkeit in

Forschung und Öffentlichkeit. Immer wieder wird auf die Fundstelle Schöningen Bezug genommen, jedoch beschränkt sich dies im Wesentlichen auf das sog. Wildpferdjagdlager (Fundstelle Schöningen 13 II-4). Selten wird auf die Fundstelle mit den »Klemmschäften« (Schöningen 12 B, bzw. Schöningen 12 II-1, Plateau 0 und 1) eingegangen. Weitgehend unbekannt ist, dass zahlreiche weitere kleinere mittelpleistozäne Fundplätze in Schöningen entdeckt und ausgegraben wurden, so dass man von einer ganzen Fundlandschaft sprechen kann (vgl. **Tab. 1; Abb. 9**).

Die paläolithischen Fundstellen in Schöningen liegen, ausgenommen von einigen Einzelfunden aus Esbeck 3, Schöningen 9, 11 A und 15, stratigraphisch zwischen Ablagerungen der Elster-Eiszeit und der Saale-Grundmoräne. Dies setzt die Fundstellen in ein klar definiertes Zeitfenster, dessen absolutchronologische Einordnung nur durch physikalische Altersdatierungen (Beiträge von Richter / Thieme, Geyh / Krbetschek und Sierralta / Frechen, in diesem Band) erfolgen kann. Alle Fundstellen sind relativchronologisch gut fixiert. Die derzeit noch offene Altersstellung der Elster-Vereisung sowie deren Korrelation mit den marinen Isotopenstufen führen dazu, dass ein Datierungsproblem weit über Schöningen hinaus ebenso für alle anderen mittelpleistozänen Fundstellen besteht.

Schöningen 12 A und B (Ausgrabung 1992)

Im März 1992 entdeckte H. Thieme in der Abbauwand an der nördlichen Endböschung des Tagebaufeldes Süd im Bereich organogener, später dem Reinsdorf-Interglazial zugeordneten Schichten, einzelne Tierknochen. Bei den Untersuchungen an der Fundstelle Schöningen 12 B konnten zwei archäologische Horizonte unterschieden werden (Fundsicht 1 und 2). In der Verlandungsfolge 1 (Fundsicht 1) wurde eine Fläche von über 150m² ausgegraben. Unter den zahlreichen Funden sei hier auf mehrere bearbeitete Hölzer (Astansätze von Tannen) hingewiesen, die von H. Thieme als Klemmschäfte interpretiert und als die ersten Kompositgeräte der Welt angesehen werden (**Abb. 10**). Gelegentlich spricht man bei dieser Schicht vom »Klemmschafthorizont«. Weiterhin sind über 600 Knochen von wärmeliebenden Großsäugern gefunden worden, darunter Waldelefant (*Elephas antiquus*), Waldnashorn (*Stephanorhinus kirchbergensis*), Wildpferd (*Equus mosbachensis*), Rothirsch (*Cervus elaphus*), Reh (*Capreolus capreolus*), Auerochse (*Bos primigenius*), Wildschwein (*Sus scrofa*), zwei Bärenarten, Löwe (*Panthera leo*), Biber (*Castor fiber*), Altbiber (*Trogotherium cuvieri*) und eine unbestimmte Wieselart (*Mustela* sp.) (van Kolfschoten 1995). Unter diesen Knochen finden sich einige mit Bearbeitungsspuren. Darüber hinaus sind ca. 70 Steinartefakte und zahlreiche, zum größten Teil unbearbeitete Hölzer zu erwähnen. Die Grabungsfläche der Fundstelle Schöningen 12 B, Verlandungsfolge 2 (Fundsicht 2), betrug ca. 30m². Bei der Ausgrabung dieses Areals, das ca. 2-3m oberhalb der Verlandungsfolge 1 lag, wurden ca. 18 Steinartefakte und etwa 190 Knochen von Großsäugern geborgen.

Der Fundplatz Schöningen 12 A befand sich unmittelbar im Anschluss der Grabung am äußersten Nordostrand von Schöningen 12 B. Im Juli 1992 wurde hier eine Fläche von ca. 10m² in der Verlandungsfolge 2 ausgegraben. Es konnten ca. zehn Steinartefakte, zehn Knochen von Großsäugern und einige Hölzer geborgen werden (Böhme 2000; van Kolfschoten 1993; Schoch 1995; Thieme u. a. 1993; Urban 1995b; Voormolen 1997).

Im September 1992 wurden die Ausgrabungen an den Fundstellen Schöningen 12 A und B zunächst beendet. Man wusste zwar, dass sich die Fundsichten in den Verlandungsfolgen 1 und 2 weiter nach Norden über die Endböschung hinaus in den stehen gebliebenen »Deutsche-Bahn-Pfeiler« fortsetzen, eine weitere Ausgrabung war aber nicht möglich. Mit der Entscheidung, auch das noch unter diesem Bahn- und Straßendamm befindliche Braunkohlevorkommen abzubauen, ergab sich 15 Jahre später 2007 die Möglichkeit zur Fortsetzung der Arbeiten.

Fundstelle	Schichtkomplex	Jahr	Beschreibung	Fläche	Funde	Verweis	DHDN 3, Zone 4
Esbeck 3	1	1984	Im Abruam glazifluvialer Sedimente im Hangenden des Mißaue-Interstadials (Saale-Komplex) wurde ein einfacher Schaber an massiven Abschlag so wie ein Knochenbruchstück (Rippe?) eines Großsäugers mit Schnittspuren und Retuschiernarben geborgen.		2	Urban u. a. 1988, 150 Abb. 7, 2	
Schöningen 9	2	1985	Oberflächenfund, leicht retuschierter, massiver Abschlag aus Feuerstein, wohl mittelpaläolithisch		1	Urban u. a. 1988, 150 Abb. 7, 1	
Schöningen 11 A	3	1987	In eiszeitlichen Ablagerungen (Kiese und Schmelzwassersande), die nach Geschiebeanalysen saalezeitlich sind, wurden in 4 m Tiefe direkt unterhalb des Abbauplanums von Schaufelradbagger 40 zwei mehr als 1,5 m lange Mammutstoßzähne entdeckt, die dicht beieinander lagen, sowie in deren Nachbarschaft ein Feuersteinabschlag.		3	Urban u. a. 1988, 150; Urban / Thieme 1991; Thieme / Maier 1995, 11 Abb. 8	4441050/5779006
Schöningen 12	4	1992	11. März 1992 entdeckt. Reinsdorf Interglazial, Fundstreuung auf mehreren Metern, zahlreiche Knochen, eine Fläche konnte nicht untersucht werden, 2 Wochen später unbeobachtet abgebaggert, 1 Pferdemolar geborgen, zahlreiche Knochen (Elefant) konnten nicht mehr geborgen werden.		1	Thieme u. a. 1992; Thieme / Maier 1995	
	5.1	1992	Juli-August 1992, am Nordostrand der Grabung Schöningen 12 B, Reinsdorf Interglazial, VF 2, gleiche stratigraphische Position wie Schöningen 12 B, Fundschicht 2, Befund: eine durch angebrannte Hölzer gekennzeichnete Feuerstelle	ca. 10 m ²	ca. 50	Thieme u. a. 1992; 1993; Thieme / Maier 1995	4430790/5779082
	5.2	1992	April-Juni 1992, 2-3 m oberhalb von Fundschicht 1, Funde an Basis von VF 2, Reinsdorf Interglazial, Steinartefakte, Jagdbeutereste	ca. 30 m ²	ca. 270	Thieme u. a. 1992; 1993; Thieme / Maier 1995	4430777/5779067
	5.3	1992	April-September 1992, klimatisches Optimum Reinsdorf, VF 1, ufernahe Sedimente eines Sees, z. T. geschlämmt, zahlreiche Holzreste am Uferstrand, Klemmschäfte, zahlreiche Feuersteinartefakte, Palaeoloxodon-antiquus Fauna	ca. 150 m ²	ca. 1000	Thieme u. a. 1992; 1993; Thieme / Maier 1995	4430758/5779046
	5.4	2007-2008	DB-Pfeiler, Reinsdorf-Interglazial VF 5, an Böschung Tagebaufeld Süd	ca. 15 m ²	3	Serangeli u. a. 2010	PO: 4430763/5779060 P1: 4430762/5779069
	5.5	2007-2008	DB-Pfeiler, Reinsdorf-Interglazial VF 4, an Böschung Tagebaufeld Süd	ca. 40 m ²	ca. 20	Serangeli u. a. 2010	
	5.6	2007-2008	DB-Pfeiler, Reinsdorf-Interglazial VF 3, an Böschung Tagebaufeld Süd	ca. 20 m ²	1	Serangeli u. a. 2010	

Tab. 1 Übersicht über die pleistozänen Fundstellen im Tagebau Schöningen.

Fundstelle	Schichtkomplex	Jahr	Beschreibung	Fläche	Funde	Verweis	DHDN 3, Zone 4
5.7	Schö12 II-2, Plateau 0-1	2007- 2008	DB-Pfeiler, Reinsdorf-Interglazial VF 2, gleiche stratigraphische Position wie Schö12B, Fundschicht 2, und Schö12 A, an Böschung Tagebaufeld Süd	ca. 125 m ²	ca. 100	Serangeli u. a. 2010	
5.8	Schö12 II-1, Plateau 0-1	2007- 2008	DB-Pfeiler, Reinsdorf-Interglazial VF 1. Plateau 0 und 1 Fortsetzung des Klemmschafthorizontes (Schö12 B, Verlandungsfolge 1), an Böschung Tagebaufeld Süd, Schädel eines Wasserbüffels und Riesenhirsches, weitere Klemmschäfte	ca. 360 m ²	ca. 625	Serangeli u. a. 2010	
6.1	Schö12 II, Plateau 2-3	2008	DB-Pfeiler, Reinsdorf-Interglazial, die Zuweisung der Verlandungsfolgen steht noch aus		2	Serangeli u. a. 2010	P2: 4430765/5779120 P3: 4430770/5779155
7.1	Schö12 II-4, Plateau 4-9	2008- 2009	DB-Pfeiler, Reinsdorf-Interglazial VF 4, an Böschung Tagebaufeld Süd, u. a. Fund eines Auerochsen, Knochenwerkzeuge	ca. 395 m ²	ca. 310	Serangeli u. a. 2010; Böhner et. al. 2010	P4: 4430785/5779242 P5: 4430793/577926 P6: 4430790/5779300 P7: 4430793/5779320 P8: 4430797/5779353 P9: 4430776/5779368
7.2	Schö12 II-3, Plateau 4-9	2008- 2009	DB-Pfeiler, Reinsdorf-Interglazial VF 3		ca. 55	Serangeli u. a. 2010	
7.3	Schö12 II-2, Plateau 4-9	2008- 2009	DB-Pfeiler, Reinsdorf-Interglazial VF 2	ca. 375 m ²	ca. 190	Serangeli u. a. 2010	
7.4	Schö12 II-1, Plateau 4-9	2008- 2009	DB-Pfeiler, Reinsdorf-Interglazial VF 1. Plateau 0 und 1 Fortsetzung des Klemmschafthorizontes (Schö12 B, Verlandungsfolge 1)	ca. 190 m ²	ca. 80	Serangeli u. a. 2010	
7.5	Schö12 II- Nordwest	2009	November 2009. DB-Pfeiler, Reinsdorf-Interglazial, an Böschung Tagebaufeld Nord	ca. 10 m ²	12	Serangeli u. a. 2010	4430704/5779377
8	Schö12 C (Brunnen 256)	1992	Juli 1992, 210 m südöstlich von Schöningen 12 B, Fund eines Stoßzahns eines Waldelefanten	ca. 50 m ²	ca. 35	Thieme / Maier 1995, 70-72	4430850/5778853
Schöningen 13 I	9.1 Schö13 I, Fundschrift 2	1994	Juli 1994 entdeckt, 1,5 m oberhalb von Fund- schicht 1, Holstein-Interglazial, Geländeoberfläche eines trockengefallenen Seebodens mit Tritts- siegeln, keine Steinartefakte, Reste eines Bisons	ca. 325 m ²	ca. 45	Thieme / Maier 1995, 57-61	4430705/5778445
	9.2 Schö13 I, Fundschrift 1	1994	Juni-Anfang September 1994, in 15 m Tiefe, sandige Uferzone eines Sees, an Basis Holstein- Interglazial, frühwarmzeitlicher borealer Kiefern- wald, kleinformatige Werkzeuge und Abschläge, gebrannte Flinte, Steppenelefant, Wildrind, Wildpferd, Rothirsch	ca. 120 m ²	ca. 550	Thieme / Maier 1995, 57-61	4430700/5778470
	9.3 Schö13 I, Fundschrift 1	1999	Juni-September 1999, gleiche stratigraphische Position/Fundschrift wie Schö13 I, Fundschicht 1. Im Abstand von 8 m schmaler Streifen von 27 m Länge südwestlich entlang der Abbaukante untersucht Sediment geschlämmt	ca. 30 m ²	ca. 80		4430702/5778430
	10 Schö13 DB	2008	September 2008, Ausgrabung einer kleinen Fläche in der 'Rinne' 1? am DB-Pfeiler, Korrelation unsicher, zahlreiche gut erhaltene Hölzer, keine Artefakte	ca. 30 m ²	ca. 50	Serangeli u. a. 2010	4430549/5778847

Tab. 1 Fortsetzung.

Fundstelle	Schichtkomplex	Jahr	Beschreibung	Fläche	Funde	Verweis	DHDN 3, Zone 4	
Schöningen 13 II	11	Schö13 II-A	1993	Juni 1993 entdeckt, ca. 300 m nördlich von Schö13 II-4, 5 x 5 m Fläche, Reinsdorf interglazial, auf dem Torf der VF 4, keine Artefakte, Pferdeknochen, vor Pfingsten 1993 abgebagert	ca. 25 m ²	ca. 25	Thieme 1994	4430902/5778570
	12.1	Schö13 II-Nord	1994	1994 am selben Tag wie Schöningen 13 II-4 entdeckt, ca. 20 m nordöstlich davon gelegen, Reinsdorf interglazial, im Torf von VF 3, Konzentration von Großsäugerknochen (Pferde), aus Zeitgründen nur wenige Funde geborgen, Anfang Nov. 1994 abgebagert		ca. 20		4430925/5778295
	12.2	Schö13 II-5	2004-2005, 2011	Reinsdorf-interglazial, VF 5, keine Funde	ca. 150 m ²			4430880/5778240
	12.3	Schö13 II-4	1994-2012	Am 28. August 1994 entdeckt, Wildpferdjagdlager, Reinsdorf-interglazial, VF 4, auf dem Beckenschluff, westliche Uferzone eines flachen Gewässers, boreal kontinentales Klima (Frühglazial), Reste von über 20 Wildpferden, zahlreiche Steinartefakte, 8 Wurfspeere, Wurfholz, sowie weitere Holzartefakte	ca. 3900 m ²	ca. 14350	Thieme / Maier 1995; Thieme 1996; 1999; 2007	
	12.4	Schö13 II-3	1999-2012	Reinsdorf-interglazial, VF 3, unter den Wildpferdjagdlager gelegen, mehrere kleine Fundkonzentrationen, Großfauna, Steinartefakte, Hölzer, darunter 1 Holzartefakt	ca. 600 m ²	ca. 760	Thieme 2001; 2002; 2003; 2004; 2005 (Fundchronik)	
	12.5	Schö13 II-2	1999-2012	Reinsdorf-interglazial, VF 2, mehrere kleine Fundkonzentrationen, Großfauna, Steinartefakte, Hölzer	ca. 600 m ²	ca. 550	Thieme 2001; 2002; 2003; 2004; 2005 (Fundchronik)	
	12.6	Schö13 II-1	1999-2012	Reinsdorf-interglazial, VF 1, zwei Fundkonzentrationen, Großfauna, Steinartefakte, angekohlte Hölzer, Baumstämme	ca. 300 m ²	ca. 940	Thieme 2001; 2002; 2003; 2004; 2005 (Fundchronik)	
	12.7	Schö13 II-Berme	2002-2007	Reinsdorf-interglazial, vermutlich VF2 (ehemals fälschlich als VF1 bezeichnet), unmittelbar südlich an 'Speer-Sockel' anschließend, 3 Fundschichten, Großfauna, Steinartefakte, angekohlte Hölzer, Feuerstellen	ca. 450 m ²	ca. 480	Heinrich u.a. 2007	4430910/5778172
	12.8	Schö13 II obere Berme	2011-2012	April 2011 entdeckt. Reinsdorf-interglazial, VF 4, ca. 60 m südlich vom Speerhorizont an der Endböschung. Ca. 170 Knochen, 15 Steinartefakte, vereinzelte Hölzer	ca. 25 m ²	ca. 200		4430895/5778147
Schöningen 15	13	Schö15	2001	In der südlichen Endböschung des Tagebau Süd wurde eine Rinne mit organischer Füllung angeschnitten. Bei Profilaufnahme längliches Holzgerät mit Bearbeitungsspuren entdeckt, oberhalb Grundmoräne Drenthe-Vorstoß, vermutlich aus Schöningen IV. Im Bt der Parabraunerde ein Abschlag		2		4432333/5777302 Genauigkeit ca. 100 m

Tab. 1 Fortsetzung.

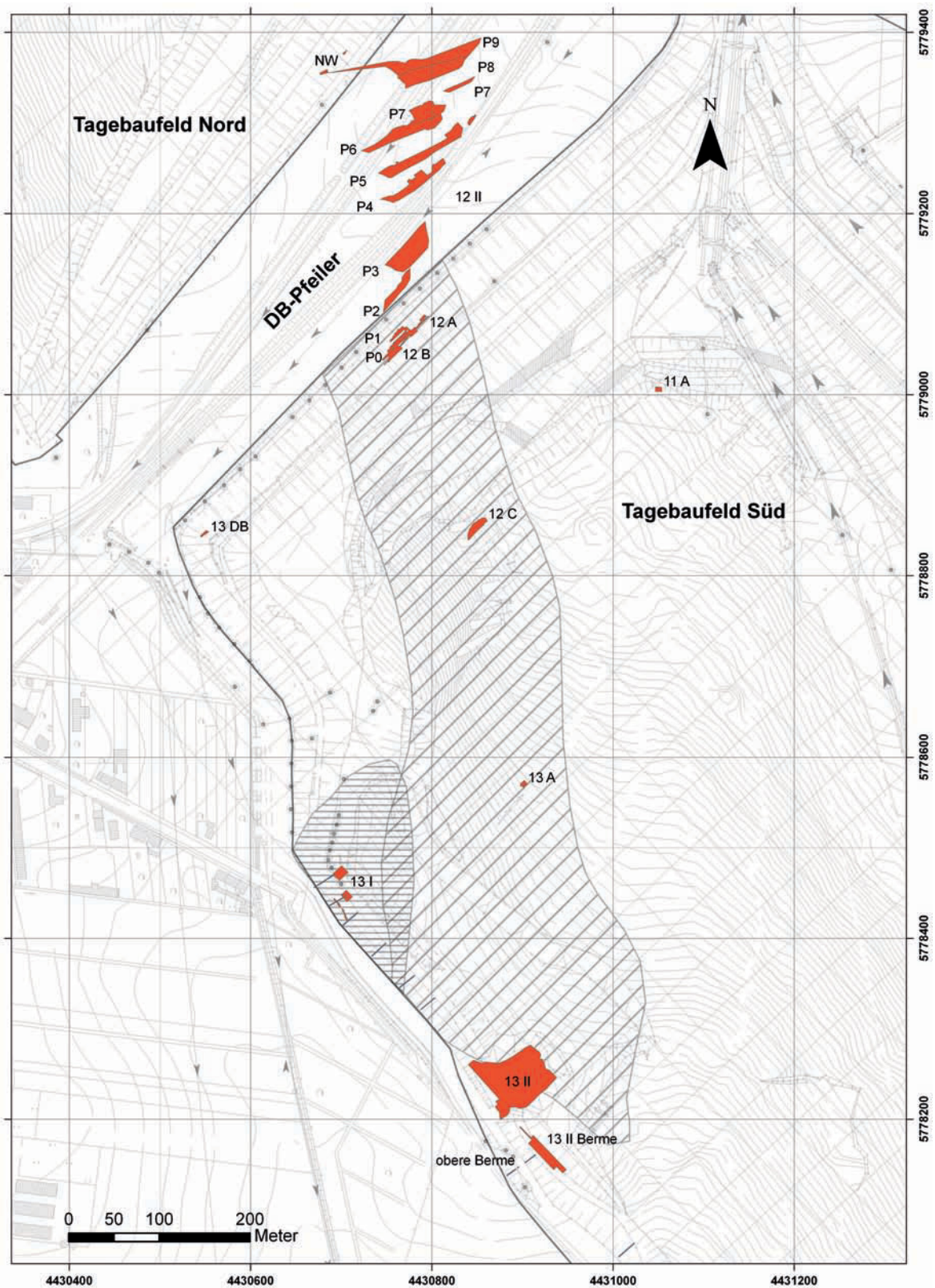


Abb. 9 Pleistozäne Fundstellen und Grabungsareale im Tagebau Schöningen, schraffiert: »Rinne« I und II. – (Plan U. Böhner).



Abb. 10 Schöningen 12 B, Fundschicht 1, 1992. Klemmschaft I, Tanne, L. 19,1cm. – (Foto Ch. S. Fuchs).

Schöningen 12 II (Ausgrabungen 2007 bis 2009)

Die neuen Ausgrabungen am »Deutsche-Bahn-Pfeiler« schlossen unmittelbar an die alten Grabungsflächen an. Sie werden unter den Bezeichnungen Schöningen 12 II-1 und Schöningen 12 II-2 geführt. Auf den Plateaus 0 und 1 wurden in den Jahren 2007 und 2008 weitere Hölzer entdeckt, von denen mehrere bearbeitet zu sein scheinen und den Charakteristika der Klemmschäfte entsprechen. Neben einigen Steinartefakten sei hier auf die zahlreichen Knochen der Großsäugerfauna hingewiesen. Bei der Fortsetzung der Ausgrabungen am »Deutsche-Bahn-Pfeiler« auf den Plateaus 4 bis 6 wurden mehrere bearbeitete Knochen sowie weitere Steinartefakte gefunden (Serangeli u. a. 2010; Serangeli u. a. 2012). Zu den besonderen Funden zählt hier einer der ältesten Auerochsen Mitteleuropas (Böhner u. a. 2010).

Bei den Ausgrabungen am »Deutsche-Bahn-Pfeiler« konnte der tatsächliche Verlauf der Reinsdorf-Sequenz und der einzelnen Verlandungsfolgen auf einer Strecke von über 300 m bis zum Tagebaufeld Nord verfolgt

werden. Dabei wurde die gleiche Nomenklatur wie bei Schöningen 13 II verwendet, d. h. von unten nach oben die organogenen Schichten als Verlandungsfolgen 1 bis 5 bezeichnet. Es sei hier vermerkt, dass so, wie die großen klimatischen Abfolgen (die »Rinnen« im Sinne von H. Thieme und D. Mania) von Westen nach Osten immer jünger werden, sich auch die einzelnen Verlandungsfolgen innerhalb der klimatischen Abfolge II (Reinsdorf-Interglazial) von Westen nach Osten verlagern. So ist die Verlandungsfolge 1 immer die westlichste, während die weiteren Verlandungsfolgen jeweils weiter östlich liegen. Dieses Muster lässt sich mit der Progradation der von Westen geschütteten Deltasysteme erklären (Lang u. a. 2012).

Schöningen 13 I (Ausgrabung 1994)

Der stratigraphisch älteste Komplex umfasst die Fundstelle Schöningen 13 I, Fundschicht 1 und 2. Die Fundstelle wurde 1993 entdeckt und in einer etwas mehr als dreimonatigen Kampagne ausgegraben. Aufgrund pollenanalytischer Untersuchungen und der stratigraphischen Position wird dieser Komplex dem Holstein-Interglazial zugerechnet. In dem unteren Fundhorizont (Schöningen 13 I, Fundschicht 1) wurden auf einer Fläche von ca. 120 m² neben Hinweisen auf Feuernutzung (über 100 craquelierte Flinte; Thieme 2007) einige Steinartefakte sowie Reste von Mammut (*Mammuthus trogontherii*), Pferd (*Equus* sp.), Bison (*Bison* sp.) und Rothirsch (*Cervus elaphus*) ergraben (van Kolfschoten u. a. 2007, 76).

Von dem oberen Fundhorizont (Schöningen 13 I, Fundschicht 2), der ca. 1,5 m oberhalb von Fundschicht 1 lag, sind keine Hinweise auf menschliche Aktivitäten bekannt. Auf einer Fläche von ca. 325 m² fanden sich jedoch Reste eines Wisents sowie die Trittsiegel von Hirschen, Pferden, Rindern, Nashörnern und Elefanten (Mania 2007, 51).

Schöningen 13 II (Ausgrabungen 1994 bis 2012)

Unter der Bezeichnung Schöningen 13 II werden zahlreiche archäologische Fundplätze zusammengefasst (vgl. **Tab. 1**), die sich in dem vom Abbau ausgenommenen sog. »Speer-Sockel«, einem Areal mit einer Fläche von ca. 4000 m², am Rande der westlichen Endböschung des Tagebaus Schöningen befinden (**Abb. 11**). Auch hier treten die schon erwähnten Seeablagerungen und Torfe der Verlandungsfolgen 1 bis 5 aus dem Reinsdorf-Interglazial auf (vgl. Fundstellen Schöningen 12 B und 12 II). Am Fundplatz Schöningen 13 II-4, dem sog. Wildpferdjagdlager, wurden in den Schichten 4b und 4b/c die Reste von über 20 Pferden entdeckt (MNI 20 anhand der Schädel und MNI 19 anhand der rechten femora), darunter befanden sich mehrere Stuten, mindestens ein Hengst und mehrere ungefähr 6 Monate alte Fohlen. Demzufolge starben diese Jungtiere im Spätsommer oder Herbst (Voormolen 2008, 82; Musil 2007, 137). Sehr viele Knochen zeigten Manipulationsspuren. 73 % der *femora* zeigten Spuren des Schlachtens, manche davon sogar Hinweise auf die Zerlegungstechnik (Voormolen 2008, 95). Die Tatsache, dass manche Knochen noch im anatomischen Verband angetroffen wurden (Musil 2007, 136) sowie das Spektrum an Skelettelementen und Schnittspuren an den Knochen führen zu der Annahme, dass ganze Pferde und nicht nur Teile vor Ort zerlegt und die Knochen zerschlagen wurden (Voormolen 2008, 127). Obwohl über 95 % aller bestimm- baren Knochen aus der Verlandungsfolge 4 von Pferden sind (van Kolfschoten u. a. 2007, 85), sei hier noch auf die Reste von Cerviden und Boviden hingewiesen, deren Kontext noch genauer untersucht werden muss.

Zwischen den Knochen lagen zahlreiche Steinartefakte (ca. 1500, von denen über 90 % Absplisse sind), sowie zahlreiche Holzartefakte und vom Menschen eingebrachte Hölzer. Insgesamt wurden im »Speer-



Abb. 11 Schöningen 13 II, sog. »Speer-Sockel«, Freilegung des Speerhorizontes bei der Entdeckung 1994. – (Foto K. Cornelius).

horizont« acht Speere, ein Wurfholz, ein angekohlter Holzstab und Fragmente von Holzartefakten gefunden (Thieme 2007, 144-157; **Abb. 12-14**). Aus diesem Bild entstanden zwei mögliche Szenarien für die Interpretation der Fundstelle. Einige Autoren gehen davon aus, dass die Jagd auf eine gesamte Tierherde an einem einzigen Tag stattfand (dieses Szenario einer Herdenjagd bevorzugt Thieme 2007, 178-182), andere sprechen von mehreren Jagdereignissen in einer Zeitspanne von wenigen Jahren, bei denen immer wieder ein oder einige Pferde erlegt wurden (dieses Szenario wird von Voormolen 2008, 127 bevorzugt).

Schließlich sei noch auf vier von H. Thieme beschriebene Befunde hingewiesen, die aufgrund der rötlichen Verfärbung der liegenden Kalkmudde und der an diesen Stellen vorhandenen Trocken-/Schrumpfungsrisse als Hinweise auf vier Feuerstellen gedeutet wurden (Schiogl / Thieme 2007, 173). Von 2010 bis 2011 wurden die vier mutmaßlichen »Feuerstellen« vollständig ausgegraben. Bei der Untersuchung konnten allerdings weder angebrannte Knochen noch größere Mengen an Holzkohle oder der Nachweis für thermisch stark veränderte Silices nachgewiesen werden. Sedimente aus diesen Bereichen werden derzeit mikromorphologisch und geoanalytisch untersucht. U/Th-Messungen des Speerhorizontes ergaben ein Alter von ca. 280 000 bis 350 000 Jahren (Beitrag Sierralta u. a. in diesem Band; Urban u. a. 2011).

Hinweise auf die Anwesenheit des Menschen wurden auch in den Verlandungsfolgen 1 bis 3 entdeckt. Es handelt sich hierbei um *low density sites*, bei denen der Mensch vor Ort war, seine Präsenz aber als kurzfristiger Aufenthalt mit geringem Fundanfall zu beschreiben ist. Dennoch wurden auch hier vereinzelt



Abb. 12 Schöningen 13 II-4, 1994. Doppelseitig angespitztes Wurfholz *in situ*, Fichte, L. 78,0cm. – (Foto Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege).



Abb. 13 Schöningen 13 II-4, 1995. Angekohlter Holzstab *in situ*, Fichte, L. 87,7. – (Foto Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege).



Abb. 14 Schöningen 13 II-4, 1997. Speer VII *in situ*, Fichte unvollständig. – (Foto Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege).

weitere Holzartefakte gefunden (Beobachtungen aus den neuen Ausgrabungen; Mania 2007, 57; Thieme 2007, 124-126).

Schöningen 13 DB (Ausgrabung 2008)

Bei Ausgrabungen im Jahr 2008 am Rande des »Deutsche-Bahn-Pfeilers« wurde die Fundstelle Schöningen 13 DB im September 2008 entdeckt und in wenigen Wochen auf einer Fläche von ca. 10 m² ausgegraben. Hier konnten zahlreiche gut erhaltene Holzfunde und Tannenzapfen geborgen werden. Gemeinsam mit den gewonnenen Sedimentproben werden diese Funde zur Umweltrekonstruktion beitragen. Steinartefakte und Knochen wurden nicht gefunden. Die Datierung dieser Fundstelle ist offen; aufgrund der absoluten Höhe und der stratigraphischen Lage der Schichten ist eine zeitliche Korrelation zu der 400 m südöstlich gelegenen Fundstelle 13 I als Arbeitshypothese zulässig.

RELEVANTE ANALYSEN UND ERGEBNISSE FÜR DIE CHRONOLOGISCHE EINORDNUNG VON SCHÖNINGEN

Während es in der Zwischenzeit möglich ist, die quartären Klimaschwankungen über Eisbohrkerne aus Grönland und der Antarktis sowie über marine Tiefseebohrkerne global zu korrelieren (sog. Isotopenstufen), bereitet es im terrestrischen Bereich vor dem Isotopentadium 6 (Drenthe-/Warthe-Vorstoß der Saale-Eiszeit) noch immer große Schwierigkeiten, diese mit den interglazialen Ablagerungen und Relikten der Gletschervorstöße zu verbinden

Die quartäre Schichtenfolge im Tagebau Schöningen ist aufgrund der hervorragenden Erhaltungsbedingungen dazu prädestiniert, eine zentrale Rolle im wissenschaftlichen Diskurs als Referenzprofil einzunehmen. Fast alle archäologischen Fundstellen liegen 10 bis 15 m unter der heutigen Oberfläche, oberhalb von Ablagerungen der Elster-Eiszeit und unmittelbar unterhalb der Grundmoräne der Saale-Eiszeit. Folgt man der chronologischen Einordnung von H. Thieme und D. Mania, wäre die Fundstelle 13 I in die erste Warmzeit nach der Elstervereisung, also in das Holstein-Interglazial zu stellen. Die Fundstellen Schöningen 12 II und 13 II sollten danach in eine folgende Warmzeit gehören, die von B. Urban palynologisch als Reinsdorf-Interglazial definiert wurde (Urban u. a. 1988). Andere Autoren gehen davon aus, dass es zwischen der Elstereiszeit und dem Beginn der Saale-Eiszeit (Fuhne-Kaltzeit) in Mitteleuropa nur eine gut ausgeprägte Warmzeit gegeben hat, das Holstein-Interglazial. Wenn man das Holstein-Interglazial in das OIS-9 stellt, müsste folgerichtig das Reinsdorf-Interglazial als Sonderform des Holsteins angesehen werden (Litt u. a. 2007; Urban u. a. 2011; Beitrag Sierralta u. a. in diesem Band).

Im Tagebaufeld Nord wurde von B. Urban zusätzlich im Liegenden saalezeitlicher Ablagerungen eine weitere Erwärmungsphase palynologisch als Schöningen-Interglazial beschrieben (Urban u. a. 1988) sowie aufgrund von U/Th-Datierungen zwischen 180 000 und 227 000 Jahren in die Sauerstoffisotopenstufe 7 gestellt (Urban 1995b) und mit der Dömnitz- bzw. Wacken-Warmzeit korreliert. Die Korrelation von dem von B. Urban im Tagebaufeld Nord beschriebenen Schöningen-Interglazial mit den Schichten, die von H. Thieme und D. Mania im Tagebaufeld Süd als Rinne III bezeichnet wurden (siehe z. B. Mania 2007, 57), konnte durch die Arbeiten am DB-Pfeiler nicht bestätigt werden.

Folgt man dem Modell von drei mittelpleistozänen warmzeitlichen »Rinnenfüllungen« (Holstein-, Reinsdorf-, Schöningen-Interglazial) zwischen der Elster-Eiszeit und der älteren Saale-Eiszeit (Mania 2007, 73),

wäre Schöningen die beste und vollständigste Abfolge in Norddeutschland. Leider sind die geologischen Aufnahmen von D. Mania bis heute nur in Teilen publiziert. Ein oft veröffentlichtes Profil ist ein »schematischer Schnitt durch die quartäre zyklische Sedimentabfolge« (Mania 1993; Thieme / Maier 1995; Mania 2007), der aber bereits auf einer Interpretation beruht. In diesem »Schnitt« werden z. B. Reinsdorf und Holstein in Superposition dargestellt.

Die Zuordnung des Holstein zur Isotopenstufe 9, die allerdings nicht von allen Geologen übernommen wird (siehe Koutsodendris u. a. 2010 und Kühl / Gobet 2010, die das Holstein in das OIS-11 einordnen) birgt Konsequenzen, die über die Grenzen von Norddeutschland hinaus reichen.

FORSCHUNGSSTAND UND FORSCHUNGSPERSPEKTIVEN

Nach 20 Jahren Rettungsgrabungen in den pleistozänen Ablagerungen hat seit 2010 eine neue Phase des Projekts begonnen. Obwohl immer wieder Publikationen, Magister- und Doktorarbeiten über einzelne Aspekte der Fundstellen veröffentlicht wurden (vgl. das Literaturverzeichnis zu Schöningen: Böhner / Serangeli in diesem Band), stehen wesentliche Arbeiten zur Aufarbeitung des archäologischen Fundgutes noch aus. Eine beträchtliche Anzahl an archäologischen Funden wurde bislang geborgen und für weitere Untersuchungen aufgearbeitet. Von der Restaurierungswerkstatt des Niedersächsischen Landesamtes für Denkmalpflege in Hannover wurden die Faunenreste soweit erforderlich konserviert sowie die Holzartefakte in einem aufwendigen Verfahren mittels Fotodokumentation, Oberflächen-Laserscan und Computertomographie dokumentiert.

Seit 2010 sind die Arbeiten an der Fundstelle Schöningen 13 II im Rahmen eines DFG-Forschungsprojektes wieder aufgenommen worden. Die Verlandungsfolge 4, der sog. Speerhorizont (Schichten 4a, 4b und 4b/c) ist bis auf kleine Reste am Sockel ausgegraben, es steht aber in weiten Teilen noch die Ausgrabung der Verlandungsfolge 3, 2 und 1 im Liegenden bevor (jeweils ca. 3000 m²). Da bis jetzt in allen Verlandungsfolgen eine oder mehrere Fundschichten mit zum Teil sogar mehreren Fundplätzen entdeckt wurden, ist in den nächsten Jahren mit weiteren interessanten Funden, insbesondere mit weiteren Holzartefakten, zu rechnen.

Im letzten Jahr wurde zudem ca. 60 m südlich vom »Speerhorizont« in der Endböschung auf der sog. »oberen Berme« eine neue Fundkonzentration in der Verlandungsfolge 4 angeschnitten, die voraussichtlich die Fortsetzung des »Speerhorizontes« darstellt. Die Ausgrabungen wurden in diesem Jahr fortgesetzt und erbrachten auf eine Fläche von ca. 25 m² bereits ca. 170 Knochen, 15 Steinartefakte und vereinzelt Hölzer.

Ohne Bedenken kann gesagt werden, dass Schöningen sowohl aus archäologischer wie aus quartär-geologischer Sicht eine der Schlüsselfundstellen für das Altpaläolithikum bzw. Mittelpleistozän in Europa ist. Die Fundstellen im Tagebau Schöningen bieten einen einmaligen Einblick in die Vergangenheit des frühen Menschen und seiner Umwelt. Sie besitzen nicht nur ein großes Potenzial für die Forschung, sondern auch für die Vermittlung in die breite Öffentlichkeit. Vor diesem Hintergrund entsteht unweit der Fundstelle der Schöninger Speere das Forschungs- und Erlebniszentrum »paläon« (Zipf 2010) das im Jahre 2013 eröffnet wird.

LITERATUR

- Böhme 2000: G. Böhme, Reste von Fischen, Amphibien und Reptilien aus der Fundstelle Schöningen 12 bei Helmstedt (Niedersachsen) – Erste Ergebnisse. *Præhistoria Thuringica* 4, 2000, 18-27.
- Böhner u. a. 2010: U. Böhner / J. Lehmann / M. Meier / G. Schulz / J. Serangeli / T. van Kolfschoten, Ein über 300.000 Jahre alter Auerochse aus den See-Sedimenten von Schöningen. Befund, erste zoologische Interpretation, Bergung und Restaurierung. *Berichte zur Denkmalpflege* 3, 2010, 89-94.
- Brandes u. a. 2012: Ch. Brandes / L. Pollok / C. Schmidt / V. Wilde / J. Winsemann, Basin modelling of alignite-bearing salt rim syncline: insights into rim syncline evolution and salt diapirism in NWGermany. *Basin Research* 24, 2012, 1-18.
- Feldmann u. a. 2001: L. Feldmann / J.-P. Groetzner / H.-J. Weymann, Zur pleistozänen Geschichte des »Großen Bruchs« im Nördlichen Harzvorland. *Geologische Beiträge Hannover* 2, 2001, 127-137.
- Heinrich / van Kolfschoten 2007: W.-D. Heinrich / T. van Kolfschoten, Erster Skelettfund von *Trogotherium cuvieri* (Altbiber). In: Thieme 2007, 118-123.
- van Kolfschoten 1993: T. van Kolfschoten, Die Vertebraten des Interglazials von Schöningen 12B. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 1993, 623-628.
- 1995: T. van Kolfschoten, Faunenreste des altpaläolithischen Fundplatzes Schöningen 12 (Reinsdorf-Interglazials). In: Thieme / Maier 1995, 85-94.
- van Kolfschoten u. a. 2007: T. van Kolfschoten / E. van Asperen / B. Voormolen, Die Grosssäugerfauna von Schöningen. In: Thieme 2007, 76-86.
- Koutsodendris u. a. 2010: A. Koutsodendris / U. C. Müller / J. Pross / A. Brauer / U. Kotthoff / A. F. Lotter, Vegetation dynamics and climate variability during the Holsteinian interglacial based on a pollen record from Dethlingen (northern Germany). *Quaternary Science Review* 29, 2010, 3298-3307.
- Kühl / Gobet 2010: N. Kühl / E. Gobet, Climatic evolution during the Middle Pleistocene warm period of Bilshausen, Germany, compared to the Holocene. *Quaternary Science Review* 29, 2010, 3736-3749.
- Lang u. a. 2012: J. Lang / J. Winsemann / D. Steinmetz / U. Polom / L. Pollok / U. Böhner / J. Serangeli / Ch. Brandes / A. Hampel / St. Winghart, The Pleistocene of Schöningen, Germany: a complex tunnel valley fill revealed from 3D subsurface modelling and shear wave seismics. *Quaternary Science Reviews* 39, 2012, 1-20.
- Litt u. a. 2007: T. Litt / K.-E. Behre / K.-D. Meyer / H.-J. Stephan / S. Wansa, Stratigraphische Begriffe für das Quartär des norddeutschen Vereisungsgebietes. *Eiszeitalter und Gegenwart* 56, 2007, 7-65.
- Mania 1995: D. Mania, Die geologischen Verhältnisse im Gebiet von Schöningen. In: H. Thieme / R. Maier (Hrsg.), *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen* (Hannover 1995) 33-43.
- 2007: D. Mania, Wer waren die Jäger von Schöningen? In: Thieme 2007, 222-224.
- Mania / Mai 2001: D. Mania / D. H. Mai, Molluskenfaunen und Floren im Elbe-Saalegebiet während des mittleren Eiszeitalters. *Præhistoria Thuringica* 6/7, 2001, 46-91.
- Musil 2007: R. Musil, Die Pferde von Schöningen: Skelettreste einer ganzen Wildpferdherde. Ein Befund von Weltbedeutung: Ein Wildpferd-Jagdlager vor 400000 Jahren. In: Thieme 2007, 136-140.
- Riegel u. a. 2012: W. Riegel / V. Wilde / O. K. Lenz, The Early Eocene of Schöningen (N-Germany) – an interim report. *Austrian Journal of Earth Sciences Volume* 105/1, 2012, 88-109.
- Schiegl / Thieme 2007: S. Schiegl / H. Thieme, Auf den Spuren von Feuer in Schöningen 13 II-4. Ein Befund von Weltbedeutung: Ein Wildpferd-Jagdlager vor 400 000 Jahren. In: Thieme 2007, 166-171.
- Schoch 1995: W. Schoch, Hölzer aus der Fundschicht 1 des altpaläolithischen Fundplatzes Schöningen 12 (Reinsdorf-Interglazial). In: Thieme / Maier 1995, 73-84.
- Serangeli u. a. 2010: J. Serangeli / U. Böhner / J. Lehmann, Rettungsgrabungen im Tagebau Schöningen. Die Untersuchung des DB-Pfeilers in den Jahren 2007 bis 2009. *Berichte zur Denkmalpflege* 3, 2010, 85-88.
- Serangeli u. a. 2012: J. Serangeli / G. Bigga / U. Böhner / M.-A. Julien / J. Lang / M. Stahlschmidt, Ein Fenster in das Altpaläolithikum. *Archäologie in Deutschland* 2012/4, 6-12.
- Thieme 1994: H. Thieme, Bericht über die Ausgrabungstätigkeit der Archäologischen Denkmalpflege im Niedersächsischen Landesverwaltungsamt – Institut für Denkmalpflege – 1993. *Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte* 63, 1994, 186 Kat.-Nr. 30.
- 1996: H. Thieme, Schöningen. *Fundchronik. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte* 64/2, 1995, 221 Kat.-Nr. 63.
- 1997: H. Thieme, Lower Palaeolithic hunting spears from Germany. *Nature* 385, 1997, 807-810.
- 1999: H. Thieme: Schöningen. *Fundchronik Niedersachsen* 1998. In: *Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 2* (Stuttgart 1999) 21-22 Kat.-Nr. 19.
- 2001: H. Thieme, Schöningen. *Fundchronik Niedersachsen* 2000. In: *Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 6* (Stuttgart 2001) 11-14 Kat.-Nr. 5.
- 2002: H. Thieme, Schöningen. *Fundchronik Niedersachsen* 2001. In: *Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 8* (Stuttgart 2002) 11-13 Kat.-Nr. 5.
- 2003: H. Thieme, Schöningen. *Fundchronik Niedersachsen* 2002. In: *Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 9* (Stuttgart 2003) 12-13 Kat.-Nr. 10.
- 2004: H. Thieme, Schöningen. *Fundchronik Niedersachsen* 2003. In: *Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 10* (Stuttgart 2004) 12-13 Kat.-Nr. 12.
- 2005: H. Thieme, Schöningen. *Fundchronik Niedersachsen* 2004. In: *Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte* (Stuttgart) Beiheft 11 (Stuttgart 2005) 7-9 Kat.-Nr. 2.
- 2007: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere. Mensch und Jagd vor 400000 Jahren* (Stuttgart 2007).
- Thieme / Maier 1995: H. Thieme / R. Maier (Hrsg.), *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt* (Hannover 1995).
- Thieme u. a. 1992: H. Thieme / R. Maier / B. Urban, Neue Erkenntnisse zum urgeschichtlichen Siedlungsgeschehen. *Archäologie in Deutschland* 1992/2, 26-30.
- 1993: H. Thieme / D. Mania / B. Urban / T. van Kolfschoten, Schöningen (Nordharzvorland). Eine altpaläolithische Fundstelle aus dem mittleren Eiszeitalter. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 23, 1993, 147-163.
- Urban 1995a: B. Urban, Vegetations- und Klimaentwicklung des Quartärs im Tagebau Schöningen. In: Thieme / Maier 1995, 44-56.
- 1995b: B. Urban, Palynological evidence of younger Middle Pleistocene interglacials (Holsteinian, Reinsdorf and Schöningen)

- in the Schöningen open cast lignite mine (eastern Lower Saxony/Germany). Mededelingen Rijks Geologische Dienst 52, 1995, 175-186.
- 2007: B. Urban: Interglacial Pollen Records from Schöningen, North Germany. In: F. Sirocko / M. Claussen / M. F. Sánchez-Goni / Th. Litt (Hrsg.), The Climate of Past Interglacials. Developments in Quaternary Science 7 (Amsterdam 2007) 417-444.
- Urban / Thieme 1991: B. Urban / H. Thieme, Klima- und Landschaftsentwicklung im Eiszeitalter. Ergebnisse aus dem Tagebau Schöningen. Mitteilungen, Braunschweigische Kohlen-Bergwerke AG Helmstedt und Tochtergesellschaften 1991/2, 3-8.
- Urban u. a. 1988: B. Urban / H. Thieme / H. Elsner, Biostratigraphische, quartärgeologische und urgeschichtliche Befunde aus dem Tagebau »Schöningen«, Lkr. Helmstedt. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 139, 1988, 123-154.
- 2011: B. Urban / M. Sierralta / M. Frechen, New evidence for vegetation development and timing of Upper Middle Pleistocene interglacials in Northern Germany and tentative correlations. Quaternary International 241, 2011, 125-142.
- Voormolen 1997: B. Voormolen, The Vertebrate Taphonomy of the Middle Pleistocene Site Schöningen 12B, Niedersachsen, Germany [unpubl. Masterarbeit Univ. Leiden 1997].
- 2008: B. Voormolen, Ancient Hunters, Modern Butchers: Schöningen 13II-4, a kill-butcher site dating from the northwest European Lower Palaeolithic. Journal of Taphonomy 6/2, 2008, 71-247 <https://openaccess.leidenuniv.nl/handle/1887/12661> (1.10. 2012).
- Wagner 2011: B. Wagner, Spatial analysis of loess and loess-like sediments in the Weser-Aller catchment (Lower Saxony and Northern Hesse, NW Germany). Eiszeitalter und Gegenwart / Quaternary Science Journal 60, 2011, 27-46.
- Zipf 2010: G. Zipf, Forschen und Erleben unter einem Dach. Das neue Zentrum in Schöningen. Berichte zur Denkmalpflege [HamelN] 3, 2010, 82-84.

ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY

Die pleistozänen Fundstellen in Schöningen – eine Einführung

Der ostniedersächsische Braunkohletagebau zwischen Helmstedt und Schöningen hat eines der bedeutendsten archäologischen Bodearchive aufgeschlossen. Das Projekt Schöningen mit seiner mittlerweile 30-jährigen Ausgrabungs- und Forschungsgeschichte gehört zu den größten archäologischen Maßnahmen in Niedersachsen. Erstmals wird eine Übersicht über die pleistozänen Fundstellen und Funde im Tagebau zusammengestellt. Die Benennung der Fundstellen folgt dabei einem komplexen Schema, das mit der geologischen Interpretation verbunden ist. Zur Einführung gehört auch ein Überblick über den heutigen Stand der Auswertungen sowie dem Fortgang der Ausgrabungen und Untersuchungen. Für die chronologische Einordnung von Schöningen wird auf die Diskussion zum Forschungsstand des Mittelpleistozäns in Mitteleuropa eingegangen.

The pleistocene sites in Schöningen – an introduction

Excavations in the open cast lignite mine situated on the eastern border of Lower Saxony between the towns of Helmstedt and Schöningen have brought to light remarkable archaeological finds from the Middle Pleistocene. The ongoing fieldwork in the Schöningen mine has extended over 30 years and has produced a variety of uniquely important findings, most notably a variety of well preserved wooden artifacts from waterlogged sediments. For the very first time this volume presents an overview of the all Pleistocene sites in Schöningen. The present publication reports on the geology and topography of the region together with the current state of research on the chronology of the deposits in Schöningen. This paper also examines the chronology of the find horizons in Schöningen within the context of the Central European Middle Pleistocene.

DIE ARTEFAKTE VON SCHÖNINGEN UND IHRE ZEITLICHE EINORDNUNG

Eine Analyse der archäologischen Hinterlassenschaften der pleistozänen Fundstellen von Schöningen (Lkr. Helmstedt) zeigt verschiedene Aspekte, die unter einer chronologischen Betrachtung relevant sind und zu einer relativchronologischen Einordnung führen. Trotz möglicher Vergleiche, Parallelen und teilweisen Übereinstimmungen, die man mit anderen paläolithischen Fundstellen führen kann, ist aber eine feine absolutchronologische Einordnung allein anhand der archäologischen Hinterlassenschaften methodisch nicht zu erzielen.

Die Analyse stützt sich auf publizierte Funde so wie auf Erkenntnisse, die bei den Ausgrabungen in den Jahren 2008 und 2009 am »Deutsche-Bahn-Pfeiler« (DB-Pfeiler, Schöningen 12 II) an mehreren Fundplätzen und seit 2010 bei der Fundstelle Schöningen 13 II gewonnen werden konnten. Die Ergebnisse sind als vorläufig zu bezeichnen und werden durch die Aufarbeitung des Fundmaterials und durch weitere Ausgrabungen in Schöningen in den nächsten Jahren mit Neufunden konfrontiert werden.

Schließlich muss betont werden, dass die Artefakte auf wiederholte, meist kurzfristige Aufenthalte hinweisen. Diese sind vorwiegend mit dem Jagen und Schlachten verbunden, also funktionsspezifische Aktivitäten, die den Charakter der Inventare überprägen.

DIE HOLZARTEFAKTE

Die Fundstellen im Tagebau Schöningen sind insbesondere durch ihre zahlreichen Holzartefakte bekannt geworden, wozu in erster Linie die Klemmschäfte in der Fundstelle Schöningen 12 B, Verlandungsfolge 1, und die Speere in der Fundstelle Schöningen 13 II, Verlandungsfolge 4, gehören.

Die vier als Klemmschäfte publizierten Holzartefakte, die aus den Ausgrabungen von Schöningen 12 B von 1992 stammen, sind jeweils aus Astansätzen der Weißtanne (*Abies alba*) hergestellt worden und zwischen 17 cm und 32 cm lang. Entsprechende Vergleiche sind für das Paläolithikum bis jetzt nicht bekannt. Aufgrund des hohen Alters der Fundstelle, die nach derzeitigen Analysen (vgl. Beitrag Urban in diesem Band) in das gleiche Interglazial wie die Speerfundstelle datiert, werden sie von Hartmut Thieme als die ältesten Kompositwerkzeuge betrachtet (Thieme 2007, 195; Villa / d'Errico 2001, 70; McNabb 2007, 239). Ihre Standardisierung spricht für eine zweckgebundene Funktion. Weitere Klemmschäfte traten *in situ* im Befundkontext bei der Fortsetzung der Ausgrabung am DB-Pfeiler (Fundstelle Schöningen 12 II Plateau 0 und 1 von 2007 bis 2008) auf. Alle Klemmschäfte stammen aus der Phase des Klimaoptimums des Interglazials. Bei keiner der anderen Fundstellen in Schöningen wurden bis jetzt vergleichbare Werkzeuge beobachtet.

Die acht publizierten Speere vom Fundplatz Schöningen 13 II, Verlandungsfolge 4, sind überwiegend vollständig erhalten und weisen Längen zwischen 1,80 und 2,50 m und ein Gewicht von ca. 500 g (Thieme 1999; 2007) auf. Die Dimensionen heutiger Speere bei den Olympischen Spielen besitzen bei den Herren Längen zwischen 2,60 und 2,70 m bei einem Gewicht von ca. 800 g, bei den Damen Längen zwischen 2,20 und 2,30 m, das Gewicht beträgt ca. 600 g. Die Speere sind nach vordefinierten Kriterien hergestellt wor-

den, was für eine klare Planung spricht. Von den acht Speeren sind sieben aus Fichte (*Picea* sp.) und einer aus Kiefer (*Pinus sylvestris*) gefertigt (Schoch 2007). Der Schwerpunkt liegt auf dem vorderen Drittel. Bei vier Exemplaren war auch die Basis des Speeres erhalten und spitz zugerichtet. Diese Merkmale könnten für eine bessere Aerodynamik bei dem Wurf und für mehr Durchschlagskraft und Treffsicherheit gesorgt haben (Thieme 2007, 150). Es ist interessant zu vermerken, dass die Spitzen nicht genau in der Mitte der Achse, sondern leicht seitlich davon liegen. Vermutlich ist dieses technische Detail darauf zurückzuführen, dass man die Schwachstelle des Markstrahls nicht an der Spitze haben wollte, weil diese Stelle beim Impact am meisten von Beschädigungen gefährdet ist. Ein solches Detail ist auch bei anderen vermeintlichen Speeren bzw. Lanzen (Torralba, prov. Soria/E; Lehringen, Lkr. Verden) zu beobachten. Die paläolithischen Speere aus Schöningen lassen sich in ihren Maßen und Details sehr gut mit heutigen Wurfspeeren vergleichen, was bedeutet, dass auch die Menschen, die diese Speere hergestellt und verwendet haben, mit den heutigen Menschen körperlich und motorisch vergleichbar waren. Experimentelle Versuche unterstützen die Interpretation als Wurfspeere (Rieder 2007; Steguweit 1999). Auch die Denkprozesse und die Tradition, die zur Herstellung und Nutzung eines Wurfspeers vorausgesetzt werden müssen (Haidle 2006, 289-297), zeigen, dass die Menschen, die diese Speere hergestellt und verwendet haben, mit den heutigen Menschen in ihrer Planungstiefe vergleichbar sind.

Die gesamte Befundsituation, in der die Speere mit den Knochenresten von über 20 Wildpferden eingebettet waren, spricht laut H. Thieme für ein komplexes Jagdereignis, bei dem mehrere Menschen durch optimale Nutzung der topografischen Situation während der Jagd zusammen als Gruppe gewirkt haben müssen (Thieme 2007). Dies setzt eine entwickelte soziale Bindung zwischen den einzelnen Individuen dieser Gruppe voraus. Die These einer Herdenjagd kann aber erst nach Abschluss der archäologischen Ausgrabungen, der archäozoologischen Untersuchungen und dem Zusammenpassen aller Fragmente verifiziert werden. Erste Untersuchungen (Voormolen 2008; van Asperen 2009) haben gezeigt, dass der Befund komplexer ist und neben den Pferden in den Werkzonen auch weitere Tiere als Jagdbeute zerlegt wurden. In welchem zeitlichen Verhältnis diese zu dem Wildpferdjagdlager stehen, müssen weitere Studien zeigen.

Es gibt nur wenige Vergleichsfunde zu den Schöninger Speeren. Unter der Kategorie der paläolithischen Speere/Lanzen seien hier zuerst die Funde aus Lehringen und Clacton-on-Sea (Essex/GB) erwähnt. Als weitere Vergleiche wurden die Funde aus Bilzingsleben (Lkr. Sömmerda), Stuttgart-Bad Cannstatt und Torralba herangezogen. In der jungpaläolithischen Fundstelle von Krems-Hundssteig konnten vor wenigen Jahren zahlreiche kalzifizierte Spuren von Hölzern dokumentiert werden. Aus dem Mesolithikum Norddeutschlands sind zudem Friesack (Lkr. Havelland) und Hohen Viecheln (Lkr. Nordwestmecklenburg) zu erwähnen.

Die Lanze von Lehringen (Thieme / Veil 1985) wurde 1948 entdeckt. Sie besteht aus Eibenholz (*Taxus*) und ist in elf Teilstücke zerbrochen. Die ursprüngliche Länge betrug 2,38 m. Der Querschnitt beträgt an der Basis 3,1 cm und verjüngt sich bis fast zur Spitze auf 2 cm. Aufgrund dieser Formgebung wird sie als Stoßlanze interpretiert. Da die Spitze zusätzlich abgerundet ist, wurde sie wahrscheinlich auch als Grabstock verwendet. Interessant ist an dieser Stelle zu vermerken, dass die Spitze wie bei den Speeren von Schöningen nicht genau in der Mitte liegt, sondern etwas seitlich. Die Datierung der Lanze von Lehringen in das Eem-Interglazial (OIS 5e), also vor ca. 125 000 bis 115 000 Jahren, ist vegetationsgeschichtlich gut gesichert.

Vom Speer aus Clacton-on-Sea ist nur die Spitze erhalten. Die Spitze ist aus Eibe (*Taxus*) gefertigt, wahrscheinlich ein Astfragment, und war bei der Entdeckung 38,7 cm lang (Oakley u. a. 1977). Sie wurde 1911 in Flussablagerungen ohne weiteren archäologischen Kontext entdeckt. Die Ablagerungen werden zum Hoxnian-Interglazial (OIS 13 nach Schmitt u. a. 2003; OIS 11 nach Gibbard u. a. 2007; OIS 9 nach Roberts

u. a. 1995, 166) gerechnet, das von zahlreichen Autoren (u. a. Mania / Mania 1998, 32) mit dem Holstein gleich gesetzt wird.

Von den möglichen Speeren/Stoßbläzen von Bilzingsleben gibt es aufgrund der Natur der Fundstelle, einer Travertinablagerung, nur schlecht erhaltene, kalzifizierte bzw. fossilisierte Reste von Hölzern bzw. deren Abdrücke (Mania / Mania 1998). Anhand der publizierten Daten wurden Hinweise auf mindestens drei mögliche Speere publiziert, die alle über 2 m lang waren. Für den Längsten wurde eine Länge von mindestens 2,2 m angegeben. Weder Holzartbestimmungen, noch Hinweise auf Bearbeitungsspuren liegen vor. Die Interpretation, als mögliche Speere hat sich bei Dietrich Mania erst aufgrund der Parallele mit den Speeren von Schöningen aufgedrängt. Vorher hielt er diese Interpretation selbst für ungesichert (Mania / Mania 1998, 33). Diese Funde sind als denkbare Speere/Stoßbläzen zu nennen, gleichzeitig entziehen sie sich aber aufgrund des äußerlich schlechten Erhaltungszustands einer kritischen Überprüfung. Die Fundstelle von Bilzingsleben wird in das Holstein-Interglazial datiert. Eine detaillierte Analyse der taphonomischen, insbesondere der natürlichen Prozesse, die zur Entstehung der Fundstelle geführt haben, wurde erst vor wenigen Jahren angegangen (Pasda u. a. 2007).

Aus der Travertinfundstelle »Steinbruch Haas« von Bad Cannstatt (Wagner 1995, 54-58) ist aus den Grabungen von 1987 ein mögliches Speerfragment bekannt, von dem jedoch nur einige Fotos, Zeichnungen und Holzreste existieren, die aber alle kaum die Größe eines Streichholzes überschreiten. Der mögliche Speer ist bei der Bergung aufgrund des äußerst schlechten Erhaltungszustands auseinander gebrochen. In seiner ursprünglichen Größe soll er ca. 2,20 m Länge erreicht haben. Der Querschnitt beträgt ca. 4 cm für die ersten 1,75 m der Lanze, die restlichen 45 cm stellen die sich verjüngende Spitze dar. Als Holz wurde der Feldahorn (*Acer campestre*) verwendet. Hinweise auf Bearbeitungsspuren liegen nicht vor. Die Fundstellen von Bad Cannstatt (Steinbruch Haas, Steinbruch Lauster und Fundstelle »Bunker«) wurden von Eberhard Wagner aufgrund verschiedener Datierungen und der Terrassenbildung am Neckar im Mindel-Riß-Interglazial gesehen, wobei er eher eine Einordnung in die jüngere Phase (OIS 7, also ca. 200 000 bis 250 000 Jahre) als in die ältere Phase (OIS 9, also ca. 300 000 bis 330 000 Jahre) bevorzugt (Wagner 1995, 83). Leider muss hier betont werden, dass bis jetzt für die Fundstelle Bad Cannstatt eine detaillierte und kritische Analyse der taphonomischen Prozesse fehlt, die zur Entstehung der Fundstelle geführt haben.

In Torralba wurde, neben den zahlreichen Holzfunden und Spitzen aus Knochen und Elfenbein (die laut den detaillierten Untersuchungen von Villa / d'Errico 2001 jedoch nicht intentionell hergestellt wurden), auch ein Holzstück entdeckt, das als eine Speerspitze interpretiert wurde. Diese vermeintliche Speerspitze soll zwischen Elefantenknochen gelegen haben (Biberson 1964). Dieser Befund wird von zahlreichen Kollegen angezweifelt und die Interpretation der Fundstelle hat sich im Laufe der Jahre und in manchen Aspekten stark verändert (Yravedra Sainz de los Terreros 2000, 11).

In Krems-Hundssteig (Neugebauer 2008) in Niederösterreich konnten vor wenigen Jahren mehrere kalzifizierte Spuren von Hölzern festgestellt werden. Die Fundstelle gehört dem Technokomplex des Gravettiens an und wird zwischen 29 000 und 27 000 Jahren vor heute datiert. Der Erhaltungszustand der kalzifizierten Reste war so, dass nur bei einigen Objekten diese sicher als Nadelholz (*pinus*) interpretiert werden konnten. Bearbeitungsspuren ließen sich aufgrund der Erhaltungsbedingungen nicht erkennen. Zwei Objekte erreichen bei einer Breite von 2 bis 3 cm eine Länge von 2,30 bzw. 1,70 m. »Die gleichsam gebündelte Lage dieser langen, unverzweigten Stücke erweckt zumindest den Eindruck bewusst hergerichteter und deponierter Hölzer. Auch wenn die Proportion des längsten Stückes sehr gut mit denen bekannter Holzspeere übereinstimmt, kann natürlich keine Bearbeitung an diesen Objekten nachgewiesen werden. Es scheint aber dennoch, dass der Befund in Zusammenhang mit anthropogener Aktivität gesehen werden kann« (Neugebauer-Maresch 2008, 147).

Schließlich sei hier auf zwei mesolithische Fundstellen aus Norddeutschland Friesack in Brandenburg und Hohen Viecheln in Mecklenburg-Vorpommern hingewiesen, in denen aufgrund von hervorragenden Erhaltungsbedingungen unter den einmaligen organischen Resten auch Hölzer erhalten geblieben sind. In Friesack sind mindestens zwei bearbeitete Fragmente aus Kiefer (*Pinus sp.*) belegt, die als Speere interpretiert werden können (Gramsch 2002, 91-93). In Hohen Viecheln sind ebenfalls zahlreiche bearbeitete Holzreste entdeckt worden (Schuldt 1961). Ein Stab aus Kiefernholz (*Pinus sp.*) ist ca. 2 m lang, allseitig bearbeitet und verjüngt sich von einem zum anderen Ende. In der Nähe der Spitze befinden sich einige Einkerbungen. Dieses Objekt wird als Speer, der vielleicht mit einer Knochenspitze versehen war, interpretiert. Weitere in Bruchstücken erhaltene Holzschäfte könnten auf weitere Speere hinweisen.

Möchte man nun aus der Kategorie der Speere Argumente für eine chronologische Einordnung suchen, fällt dies sehr schwer. Insbesondere muss man bedenken, dass die Speere von Schöningen, obwohl sie die ältesten vollständig erhaltenen Speere der Menschheit sind, funktional schon eine hohe Standardisierung und zum Teil eine zweckgebundene »Perfektion« aufweisen (vgl. Thieme / Maier 1995; Steguweit 1999). Wenn die ältesten schon »perfekt« sind, ist dies das Ende jener technologischen Evolution, deren Anfänge uns bisher unbekannt sind. Ab dem Holstein-Interglazial scheinen Speere/Lanzen regelhaft zur Grundausstattung gehört zu haben.

FEUERSPUREN

In Schöningen gibt es zahlreiche angekohlte Hölzer, die im Kontext mit Faunenmaterial und Steinartefakten gefunden wurden (**Abb. 1**). H. Thieme beschreibt in der Fundstelle Schöningen 13 II, Verlandungsfolge 4, vier *in situ*-Fundstellen (u. a. Thieme / Meier 1995, 106; Schiegl / Thieme 2007). Die Feuerstellen wurden zum Teil aufgedeckt und die Reste längere Zeit verpackt stehen gelassen. Solveig Schiegl betont in ihrem Beitrag über ihre Analysen an Sedimentproben aus »Feuerstelle 1« (Schiegl / Thieme 2007), dass »Quarzkörner mit Rissbildungen« stark für eine Hitzeeinwirkung sprechen. Andererseits, erwähnt sie ebenfalls, dass die Molluskenschalenreste in den Dünnschliffen »ein frisches Aussehen« zeigen, und dass, bei starker Hitzeeinwirkung die feinen Molluskenschalen zersprungen sein sollten (Schiegl / Thieme 2007, 171).

Bei der von 2010 bis 2011 durchgeführten Ausgrabung der Feuerstellen konnten keine angebrannten Hölzer, Knochen und thermisch veränderte Steinartefakte sowie keine makroskopische Anhäufung von Holzkohle beobachtet werden. H. Thieme hat auch keine Belege dieser Art aus den erwähnten Feuerstellen publiziert. Derzeit werden Proben aus allen vier Feuerstellen mikromorphologisch untersucht.

Interessanterweise wurden in Schöningen bisher ausschließlich ver- oder angebrannte Hölzer, jedoch kaum angebrannte Knochen entdeckt. Knochenkohlen konnten bislang nicht nachgewiesen werden. Ein Verzicht auf Knochen als Brennmaterial, sowohl in den interglazialen Fundstellen, wie auch den folgenden frühglazialen Abschnitten, zu denen auch der Speerhorizont gezählt wird (Urban 2007), ist auffällig. In Fundstellen des Neandertalers treten hingegen regelhaft Knochenkohlen in großer Anzahl auf (z. B. in der Sesselfelsgrötte: Richter 1997; Böhner 2009). Die Beschaffung von Holz, insbesondere zur Zeit des Speerhorizontes mit seiner offenen Vegetation (Beitrag Urban in diesem Band) stellt einen nicht zu unterschätzenden Arbeitsaufwand dar.

Im Hinblick auf die Datierung ist zu vermerken, dass die Beherrschung des Feuers in Mitteleuropa erst ab der Zeit nach der Mindel- bzw. Elster-Eiszeit regelhaft nachweisbar ist (u. a. Beeches Pit, Suffolk/GB; Nizza/Terra Amata, dép. Alpes-Maritimes/F; Plouhinec/Menez Dregan, dép. Finistère/F, und Vértesszölös, Kom. Komárom-Esztergom/H: Gowlett 2006). Einige »Feuerstellen« aus Bilzingsleben und die Interpretation

dieser Fundstelle als ein über Jahrzehnte bestehendes »Homebase« mit permanenten Zelten werden von manchen Autoren stark in Frage gestellt (Steguweit 2003, 39-40). In anderen Regionen wird eine Feuernutzung schon viel früher postuliert, wie z. B. in Swartkrans in Südafrika (Andre u. a. 2010) oder in Benot Ya'aqov in Israel (Alperson-Afil u. a. 2007).

Bezüglich der Feuernutzung sei hier ergänzend erwähnt, dass H. Thieme davon ausgeht, dass »die gebrannten Feuersteine aus der Fundstelle Schöningen 13 I die ältesten konkreten Nachweise der Feuernutzung durch den Urmenschen in Deutschland« sind, und mit zu den ältesten in Europa zählen (Thieme 2007, 214), während Daniel Richter der Meinung ist, dass diese kein Beweis für eine intentionelle Nutzung von Feuer sind (Richter 2007, 64). Auch der Nachweis von Feuer liefert somit keinen Ansatzpunkt für die Datierung der Fundstellen.



Abb. 1 Schöningen 13 II-2. – Gut erhaltenes, angekohltes Holzstück. – (Foto W. Mertens).

KNOCHEN MIT SCHNITTSPUREN

In Schöningen liegen zahlreiche Knochen mit Schnittspuren vor (Thieme / Meier 1995, 67; Thieme 2007, 124. 186. 198. 201; Voormolen 2008). Sie zeigen, dass Tiere – in erster Linie Pferde – geschlachtet wurden. Unter den zahlreichen Funden dieser Gruppe sei auf einen Knochen mit »regelmäßigen« Schnittspuren hingewiesen. Hier schließen wir uns der Argumentation von Boudewijn Voormolen (2008, 112) an: »These cut marks point to either meticulous filleting of the medial rib side resulting from removing of organs or complete defleshing of the inside of the trunk, or it represents some kind of creative treatment of the rib by a stone-tool using hominid.« An dieser Stelle ist die Ähnlichkeit dieser Schnittspuren mit Strichfolgen aus Bilzingsleben zu betonen.

Auch in den letzten Grabungskampagnen wurden zahlreiche Knochen entdeckt, die Schnittspuren aufweisen. Die Schnittspuren sprechen für einen bewussten Einsatz von Steinartefakten zum Zweck der Zerlegung von Tieren. Aus den Schnittspuren lässt sich jedoch ebenso keine chronologische Information ableiten.

KNOCHEN MIT SCHLAGSPUREN

Zahlreiche Knochen weisen intentionale Schlagspuren auf. Manche sind zur Markgewinnung zerschlagen worden (Thieme 2007, 184-185; Voormolen 2008), andere scheinen aber mehr als nur dem Zweck der Markgewinnung gedient zu haben und können schon als Übergang zu den Knochenartefakten gesehen werden. Einige Langknochen zeigen Spuren »probably created by hammering during stone tool production or curation« (Voormolen 2008, 40. 73).

Das Aufschlagen der Knochen oder die Nutzung von Knochen zum Schlagen hat in allen Zeitepochen ähnliche Spuren hinterlassen. Daher ist auch diese Fundgattung nicht in der Lage, chronologische Information zu liefern.

KNOCHENARTEFAKTE

Zu den möglichen Knochenartefakten aus Schöningen gehören mehrere Objekte, die einerseits geschlagen, andererseits aber danach durch Verwendung geglättet wurden. Die Art der Verwendung ist noch unklar. Die Objekte werden derzeit in Tübingen näher untersucht. Objekte mit vom Wasser verursachten Abrundungen wurden zwar von Voormolen erwähnt, die Art der Abrundung und der Einfluss vom Wasser aber gleichzeitig als begrenzt angesehen (Voormolen 2008, 42). Bei einigen Neufunden aus den Grabungen am DB-Pfeiler der Fundstelle Schöningen 12 II ist jeweils ein Ende so stark abgerundet, dass unserer Meinung nach kaum natürliche Prozesse für die Entstehung in Frage kommen. Andere Kanten derselben Knochen zeigen hingegen keinerlei Spuren von Abrundung.

In der Literatur findet man für solche Abnutzungsspuren hauptsächlich zwei Erklärungen. Die eine ist die Verwendung dieser Knochen als Grabstöcke, z. B. um Wurzeln, Knollen, Insekten oder sonstige Nahrung zu erreichen. Eine derartige Nutzung wird an der Fundstelle Swartkrans schon für *Australopithecus robustus* vorgeschlagen, der damit Insekten und insbesondere Termiten ausgegraben haben soll (Backwell / d'Errico 2001). Wir haben schon erwähnt, dass eine Verwendung des Speeres aus Lehringen als Grabstock angenommen wird, und auch für die Speere in Schöningen ist dies nicht auszuschließen. Ebenso ist bei den abgerundeten Knochen aus Schöningen eine Verwendung in dieser Weise ebenfalls vorstellbar. Manche Knochen sind jedoch zu stark poliert, um nur als Grabstöcke verwendet worden zu sein. Eine Nutzung (auch) zur Lederverarbeitung scheint uns viel überzeugender. Die Verwendung von Leder und Fellen für Kleidung oder für die Herstellung von Zelten ist überhaupt die Voraussetzung für ein längerfristiges Überleben in Mitteleuropa. Felle, Häute und Leder wurden vermutlich durch die Verwendung von Schabern vom Fleisch befreit (vgl. Thieme 2007, 144). Eine feinere Bearbeitung kann jedoch nicht mit scharfkantigen Gegenständen wie Steinartefakten durchgeführt worden sein, sondern eher mit Holz- oder eben mit Knochenartefakten. Leider treten Knochenartefakte in diesem Zeitraum nur selten auf, so dass kein chronologischer Rahmen dafür, geschweige denn eine technische Entwicklung zu erkennen ist. Daher sind, außer dem wieder erbrachten Beweis für vielseitige und komplexe menschliche Aktivitäten in Schöningen, auch die Knochenartefakte keine Hilfe für eine feinere chronologische Einstufung.

DIE STEINARTEFAKTE

Bevor man über die Steinartefakte aus Schöningen als Produkt menschlicher Einwirkung spricht, muss auf das Silex-Rohmaterial und seine Herkunft eingegangen werden.

Zahlreiche Funde aus Deutschland, die in das Mittelpleistozän datieren, stammen aus Kiesgruben bzw. Tagebauen, wie z. B. Hundisburg (Lkr. Börde) und Wallendorf (Saalekreis) sowie Markkleeberg (Lkr. Leipzig). Es scheint so, als ob die mächtigen, lockeren Schotter- und Sandlagen von Flüssen bzw. Seeufern eine starke Anziehungskraft auf den Menschen ausgeübt haben (Weber 2004). Dies ist nur verständlich, wenn man sich vorstellt, dass die Landschaft durch zum Teil dichte Vegetation überprägt war. Man kam nur an bestimmten Stellen leicht an das Rohmaterial, zum Beispiel dort, wo die Flüsse Schotter abgelagert hatten, oder wo durch Erosion ältere Schichten frei zugänglich waren.

Das Silex-Rohmaterial für die Artefakte, die in den Fundstellen von Schöningen entdeckt wurden, stammt aus den Elster-Grundmoränen vor Ort, sei es direkt von der Moräne selbst, sei es aus Kiesablagerungen, bei dem Material aus der Moräne durch Erosion umgelagert wurde. In der Elster-Grundmoräne in Schöningen kommen einzelne Knollen aus Baltischem Feuerstein mit einem Gewicht von über 10 kg vor. In einer Schot-

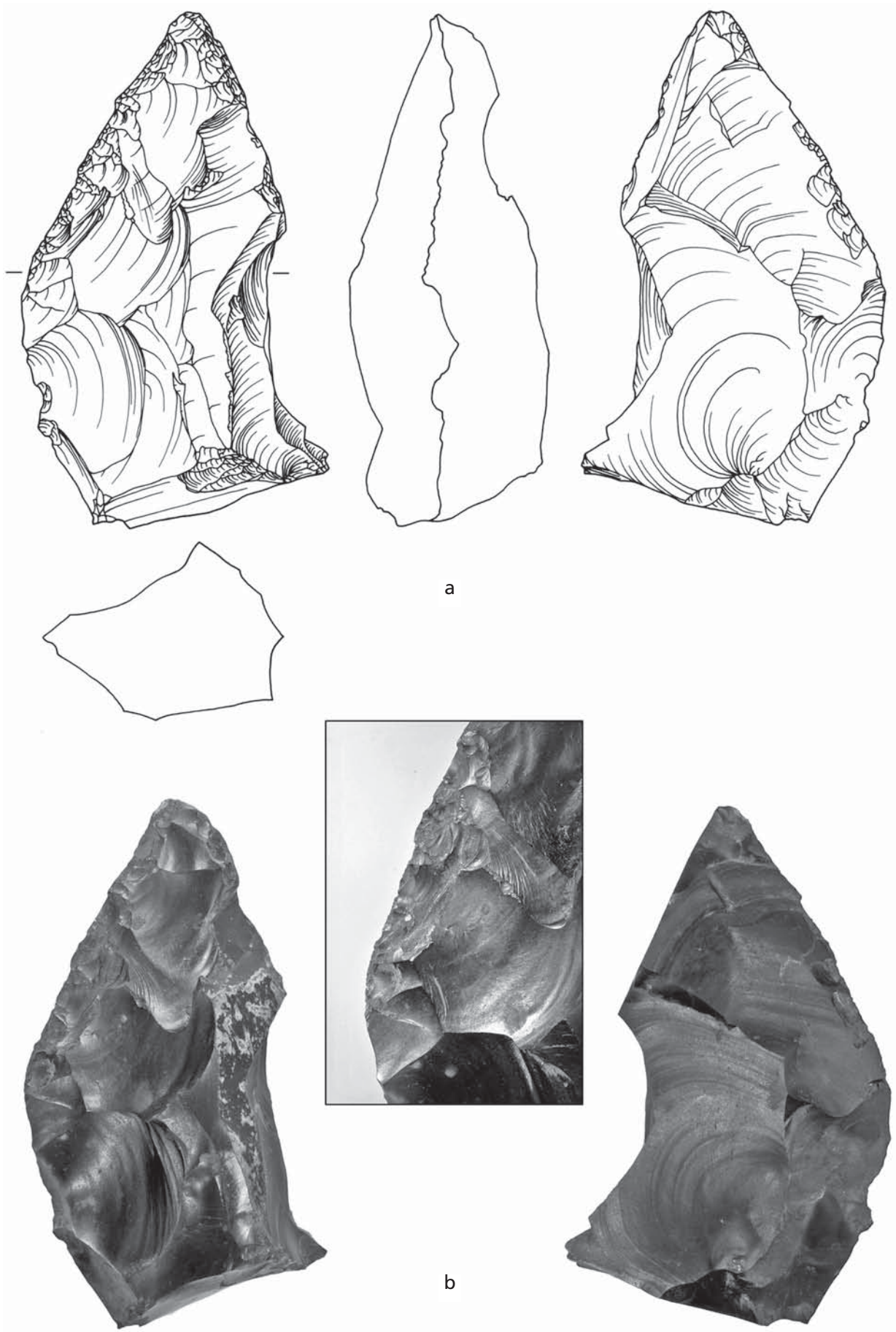


Abb. 2 Schöningen 12 II, Plateau 6. – Messerartiges Gerät, L. 9,56 cm: **a** Zeichnung; **b** Foto. – (Zeichnung S. Boos, Fotos Ch. S. Fuchs).

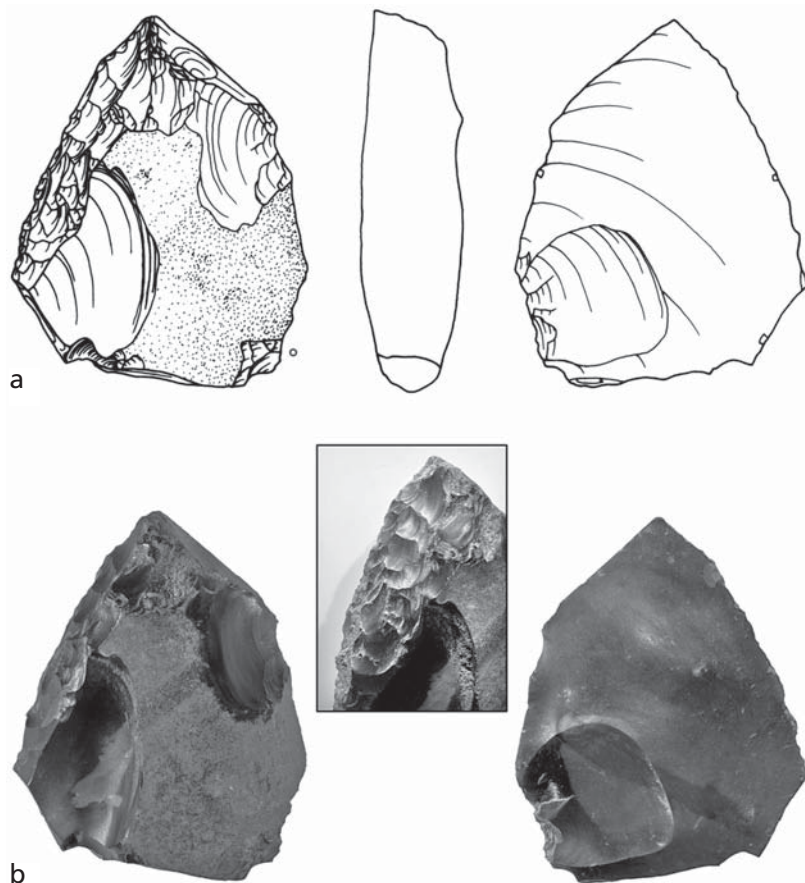


Abb. 3 Schöningen 12 II, Plateau 6. – Schaber, L. 4,85 cm: **a** Zeichnung; **b** Foto. – (Zeichnung S. Boos, Fotos Ch. S. Fuchs).

terschicht direkt unter der Fundstelle Schöningen 12 II, Plateau 6, und unterhalb der Fundstelle 13 II, in den hellgrauen Beckenschluffen (Thieme 2007, 92) treten zahlreiche faustgroße Feuerstein-Gerölle auf. Es ist also anzunehmen, dass auch in Schöningen an verschiedenen Stellen während der Anwesenheit des Menschen in der Altsteinzeit Silex als Rohmaterial in der unmittelbaren Umgebung zugänglich war, vor Ort gesammelt und verwendet wurde. Dies kann erklären, wieso viele der Artefakte an Frostscherben gefertigt wurden bzw. Frostnegative aufweisen. Es gab anscheinend keine Notwendigkeit ausschließlich frische Knollen zu schlagen, um gute Abschläge zu erhalten. Manchmal reichten auch natürliche Frostscherben aus. Dies zeigt eine klare opportunistische Handlungsweise. Wir wissen, dass die Menschen aus der Zeit zwischen der Elster- und Saale-Eiszeit in der Lage waren, hervorragende Faustkeile herzustellen. Ein geschickt retuschiertes »Messer« (Abb. 2), ein exzellenter Schaber (Abb. 3) und ein gebuchtetes Steinartefakt (Abb. 4), die bei den Ausgrabungen am DB-Pfeiler (Fundstelle Schöningen 12 II) entdeckt wurden, belegen, dass das Fehlen von Faustkeilen in Schöningen nicht auf eine wie auch immer zu verstehende mindere Fähigkeit der Menschen zurückzuführen ist. In Schöningen wurden die meisten Artefakte, wenn möglich, mit wenig Aufwand hergestellt, und natürliche Frostscherben aus hervorragendem Material bildeten die idealen Grundformen. Möglicherweise wurden sogar teils völlig natürliche Feuersteine als Werkzeuge verwendet, bei denen man mit bloßem Auge keine Bearbeitungsspuren erkennen kann. Mehrere in ihrer Entstehung als natürliche Frostscherben anzusprechende Artefakte sind durch den Menschen in die Fundschicht gebracht worden. Aufgrund der noch heute scharfen Kanten ist ein weiterer natürlicher Transport, d. h. eine Umlagerung auszuschließen. Die Tatsache, dass unretuschierte Kanten verwendet worden sind, zeigt ein Abschlag (Abb. 5) aus der Grabung von 2009, bei dem eine feine Gebrauchsretusche zu erkennen ist.

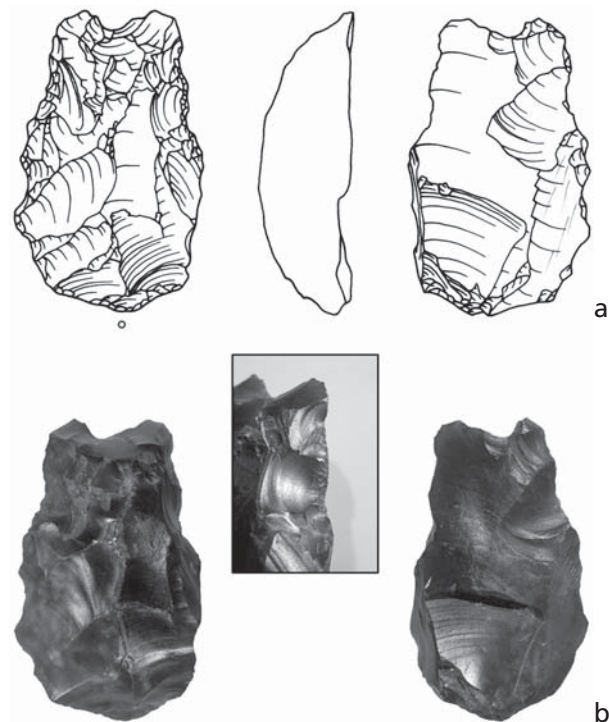


Abb. 4 Schöningen 12 II, Plateau 6. – Gebuchtetes Steinartefakt, L. 4,00 cm: **a** Zeichnung; **b** Foto. – (Zeichnung S. Boos, Fotos Ch. S. Fuchs).

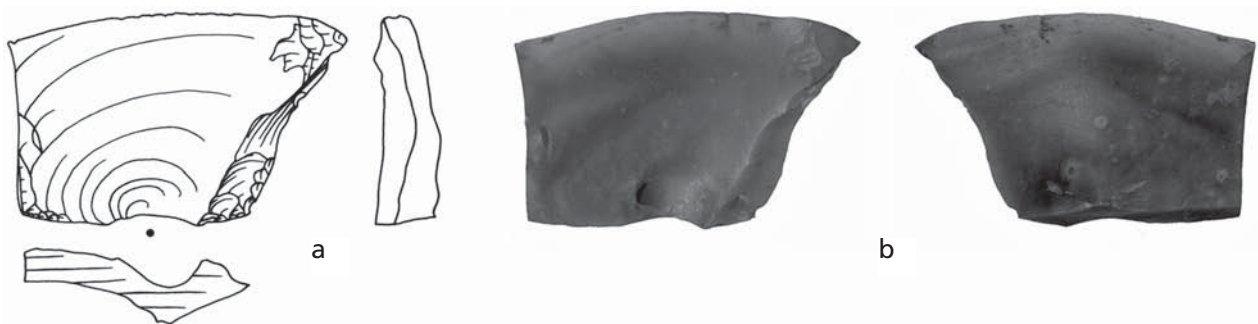


Abb. 5 Schöningen 12 II, Plateau 4. – Einfacher Abschlag, L. 2,80 cm, B. 4,60 cm: **a** Zeichnung; **b** Foto. – (Zeichnung S. Boos, Fotos Ch. S. Fuchs).

Ein weiterer Aspekt, der die Natur der Steinartefakte in Schöningen prägt, sind die Aktivitäten, die vor Ort stattgefunden haben. Wie schon erwähnt, handelt es sich vermutlich meist um nur kurzfristige Aufenthalte, die in erster Linie mit der Jagd und dem Schlachten von Großsäugern in Zusammenhang stehen. Frostscherben, die vom Menschen in der näheren Umgebung aufgelesen wurden, konnten sofort eingesetzt werden, um z. B. Fleisch von den Knochen abzutrennen und sind daher meistens als kurzlebige Gelegenheitsartefakte anzusehen, die zu einem klaren Zweck aufgelesen und manchmal auch retuschiert worden sind. Eine einfache, opportunistische Antwort auf einen unmittelbaren Bedarf ist sicher menschlich, so wie die »einfachen« Steinartefakte aus Fundstellen des Eem-Interglazials wie Gröbern oder Lehringen zeigen. Die Menschen haben neben einer aufwendigen und genau geplanten und genormten *chaîne opératoire* für die Herstellung von einigen Artefakten, wie z. B. für die Speere so wie für manche Stein- und Knochenartefakte, wie auch für Kleidung und zeltartige Konstruktionen, die vorausgesetzt werden müssen, auch eine alternative einfache Strategie mit der Anwendung zeitlich eng begrenzter Handlungen durchgeführt,

die auf ein unmittelbares Ergebnis zielte. Dazu gehören nicht nur das Sammeln und die Verwendung von Feuerstein sondern auch das Sammeln von Holz für das Feuer oder das Schöpfen des Wassers aus nahe gelegenen Gewässern.

Betrachtet man die Steinartefakte unter diesem Blickwinkel, dann ist es klar, dass nur die zeitaufwendigere Option die Hoffnung lässt, Handlungsketten aus den Steinartefakten zu konstruieren, die zu einer genaueren chronologischen Einordnung führen könnten. Diese sind aber bei kurzfristigen Aufenthalten eher nicht zu erwarten. An diese Stelle sei darauf hingewiesen, dass D. Mania für Schöningen Quinson- und Tayac-Spitzen sowie flächenretuschierte faustkeilartige Spitzen erwähnt (Mania 1995; 2010). H. Thieme nennt diese Funde jedoch nicht, bzw. wählt eine andere Art der Beschreibung, wie »Spitze aus Abschlag« oder »Miniaturbiface mit dreikantiger Spitze« (Thieme 1999). Quinson- und Tayac-Spitzen sind in Bilzingsleben als gut belegt publiziert worden (Laurat 2002), aber solange die taphonomischen Prozesse, insbesondere der Einfluss von Frost und Wasser in dieser Fundstelle nicht geklärt sind, müssen diese Ergebnisse mit Vorsicht angesprochen werden.

Einige Aspekte des Spektrums an Steinartefakten können aber dennoch für eine, wenn auch nur grobe chronologische Einordnung herangezogen werden:

1. Bei einer Betrachtung der Grundformen ist festzustellen, dass in Schöningen Steinartefakte bzw. die Reste aus der Herstellung bzw. dem Verbrauch von bifaziellen Werkzeugen kaum vorhanden sind. Eine Ausnahme bilden ein »Abschlag mit partiell beidflächiger Bearbeitung« und ein »Miniaturbiface mit dreikantiger Spitze« (Thieme 1999, 459). Bei den neuen Grabungen am DB-Pfeiler und an der Fundstelle Schöningen 13 II traten seit Juni 2008 keine derartigen Stücke auf.
2. Faustkeile fehlen.
3. Die Levallois-Methode ist bislang nicht vertreten.
4. Das Werkzeugspektrum wird durch Schaber und gekerbte bzw. gezähnte Stücke dominiert (Thieme 2007, 141-144). Das Werkzeug-Konzept gleicht in großen Teilen dem des Mittelpaläolithikums und nimmt dieses vorweg. Auch die hohe Qualität in der Ausführung entspricht den Formen des Mittelpaläolithikums. Insbesondere fallen bei den Schabern zahlreiche halbsteile sehr regelhaft retuschierte Formen auf, die in ihrer Variabilität der Vielfalt mittelpaläolithischer Formen (einfach, transversal und konvergent) entsprechen.

Zusammenfassend kann für Schöningen festgehalten werden, dass das Fehlen des Levallois-Konzepts, das pragmatische Grundformkonzept mit der Nutzung von Frostscherben, das Fehlen von Bifacialgeräten sowie ein weit entwickeltes Werkzeugkonzept von Schabern die Inventare kennzeichnet. Die Autoren vermuten, dass diese markanten Eigenheiten stark aktivitätsgesteuert und vom Rohmaterial mitbestimmt wurden.

Zum weiteren Verständnis sollen die Steinartefakte von Schöningen, sowie sie auf der bisher publizierten Basis einzustufen sind, in einen größeren Kontext gestellt werden.

Die Fundstelle von Bilzingsleben in Thüringen weist zahlreiche Ähnlichkeiten mit den Fundstellen in Schöningen auf. Topografisch hat man auch hier eine Ufersituation, auch wenn es sich bei Bilzingsleben um eine Travertinfundstelle handelt.

Von D. Mania und H. Thieme wird Bilzingsleben II als etwa gleichzeitig mit der Verlandungsfolge 1 der »Rinne« II von Schöningen (also Schöningen 12 II-1 und Schöningen 13 II-1) gesehen (Mania / Thieme 2007). Dabei teilen sie jedoch die Meinung von Rudolf Musil, der anhand von Untersuchungen an den Pferden aus Schöningen und aus Bilzingsleben zum Ergebnis kam, dass diese Fundstellen zwar etwa gleichzeitig sind, aber Bilzingsleben II etwas älter als Schöningen II sein soll (Musil 2007). Dass die beiden Fundstellen annähernd gleich alt sein müssen, wird auch durch den Entwicklungsstand der Kleinsäuger in Schöningen gestützt (vgl. Beitrag van Kolfschoten in diesem Band).

Anhand der zahlreich publizierten Steinartefakte von Bilzingsleben und der uns bekannten Artefakte von Schöningen ist Folgendes zu vermerken: D. Mania berichtet in Bilzingsleben von dem vereinzelt Auf-

treten der Levallois-Methode (vgl. z. B. Mania / Mania 1999, 37), L. Steguweit, der Teile des Materials bearbeitet hat, findet jedoch keine Belege hierfür (Steguweit 2003, 43). Die Steinartefakte sind oft von nur geringer Größe. Unter den retuschierten Artefakten überwiegen gebuchtete und gezähnte Stücke. Weiterhin sind auch schaberartige Geräte, Bohrer und Spitzen gut vertreten. Einige Artefakte können wohl als »Messer« interpretiert werden, manche sogar als Keilmesser (Mania / Mania 2008). Auffällig ist weiterhin das Fehlen von echten Faustkeilen. Hinzuweisen ist aber auf einen faustkeilartig retuschierten Knochen (Mania 1997). Bei all diesen Aspekten stehen sich die Fundstellen von Schöningen und Bilzingsleben II sehr nahe.

Die nächstgelegene, gut mit Schöningen vergleichbare Fundstelle ist Hundisburg. Diese ist eine typische Schotter-Kiesgruben Fundstelle im Westen von Sachsen-Anhalt. Während der über 100-jährigen Forschungsgeschichte wurden hier mehrere hundert Artefakte gesammelt oder ausgegraben (Ertmer 2007; 2010). Die ausgegrabenen Artefakte stammten meistens aus einer Schotterschicht, die mit zahlreichen Bänken aus feinem Sand von Muscheln und Schnecken durchsetzt ist. Das geologische Alter dieser Schicht war lange Zeit umstritten. Nach neueren Untersuchungen gehört die Fundschicht von Hundisburg zur frühen Saale-Eiszeit (Ertmer 2010). Anhand der Steinartefakte wird Hundisburg zum Mittelpaläolithikum gerechnet. Dafür spricht in erster Linie die Verwendung der Levallois-Methode. Dabei zeigen die Artefakte einen hohen Anteil an facettierten Schlagflächenresten. Unter den Steinartefakten fallen weiterhin zwei Faustkeile, ein Keilmesser sowie einige Schaber auf.

Vergleicht man diese Fundstelle mit Schöningen, wo es, zumindest bis heute, keine Hinweise auf die Anwendung der Levallois-Methode gibt, scheint Hundisburg »moderner« zu sein und auch die geologische/zeitliche Einordnung spricht für eine jüngeren Datierungsansatz als in Schöningen.

Weitere Fundstellen, die zum Vergleich herangezogen werden können, sind die Fundstellen von Bad Cannstatt, insbesondere die Fundstelle »Bunker«. Auch hier wurden zahlreiche Schaber und einige Chopper-Geräte gefunden. Faustkeile traten nicht auf. Die meisten Steinartefakte sind aus Muschelkalkhornstein und scheinen, so wie in Schöningen, schnell und entsprechend dem unmittelbaren Bedarf gefertigt worden zu sein (Wagner 1995, 80). Aufgrund des sehr unterschiedlichen Rohmaterials sehen die Steinartefakte aus Bad Cannstatt anders als in Schöningen aus.

Der Fundplatz Markkleeberg, 1895 entdeckt, stand lange Zeit im Zentrum der wissenschaftlichen Diskussion über das Alt- und Mittelpaläolithikum. So wie in Schöningen besteht auch dieser Fundplatz aus einem Komplex von mehreren Fundstellen, die stratigraphisch zwischen die Elster-Eiszeit und die Saale-Eiszeit zu stellen sind. Die Steinartefakte, die das vorausplanende Konzept der Levallois-Methode belegen, wurden lange Zeit, trotz ihrer stratigraphischen Lage, als deutlich jünger angesehen (Schäfer u. a. 2004).

Ohne hier in die vielseitige Diskussion über das Clactonien einsteigen zu wollen (McNabb 2007), ist jedoch zu betonen, dass andere europäische Fundstellen, wie z. B. Biache-Saint-Vaast (dép. Pas-de-Calais; Tuffreau / Sommé 1988) zeigen, dass es während der Saale-Eiszeit faustkeilfreie oder zumindest weitgehend faustkeilarme unifaziale Inventare am Beginn des Moustérien gegeben hat. Das faustkeilführende Acheuléen datiert in West-Europa auf ca. 500 000-300 000 Jahre (Antoine u. a. 2003). Die kulturelle Entwicklung, d. h. der Übergang vom Altpaläolithikum (Acheuléen) zum Mittelpaläolithikum (Moustérien) während der Saale-Eiszeit ist in Mitteleuropa durch die schwierige absolute Datierung mittelpleistozäner Ablagerungen noch weitgehend unbekannt.

Nach Gerhard Bosinski beginnt das Mittelpaläolithikum mit der Saale-Eiszeit im MIS 8 (Bosinski 2009, 106). Dabei ist das frühe Mittelpaläolithikum gegenüber dem Altpaläolithikum durch eine Änderung und Verbesserung der Steinbearbeitung gekennzeichnet (Bosinski 2009, 101).

Die noch bevorstehende Analyse der Steinartefakte aus dem sogenannten »Speerhorizont«, also aus der Fundstelle Schöningen 13 II 4, wird sicher mehr Hinweise für eine chronologische Einordnung der Fund-

stelle seitens der Archäologie ergeben. Dies insbesondere da es sich hier um einen längerfristigen Aufenthalt handeln soll. Bis jetzt wurden aus dieser Fundstelle ca. 1500 Artefakte geborgen, von denen ca. 90% Absplisse darstellen sollen. Bei der Ausgrabung von ca. 20 m² der Fundstelle Schöningen 13 II 4 (Speerhorizontes) in den Jahren 2010–2011 konnten ca. 30 Retuschierabfälle (Absplisse, kleine Abschläge und Trümmer) aufgelesen werden, die auf ein intensives Überarbeiten der Steinwerkzeuge hinweisen. In die Fundstelle Schöningen 13 II 4 scheinen die Steinwerkzeuge fertig eingebracht worden zu sein. Belege für eine Grundformproduktion, wie es zum Beispiel Cortex-Reste, Trümmerstücke oder Restkerne indizieren würden, fehlen weitgehend (Thieme 2007, 141).

WER HAT DIE FUNDE VON SCHÖNINGEN HINTERLASSEN?

Bis heute wurden keine Menschenreste in Schöningen gefunden bzw. unter den bereits bestimmten Knochen identifiziert. Damit bleibt für Schöningen noch offen, welche Menschen für die Hinterlassenschaften verantwortlich sind. Thieme und Mania sehen starke Parallelen zwischen den Fundstellen Schöningen und Bilzingsleben, gleichwohl sie für die Fundschicht Bilzingsleben II ein leicht höheres Alter als für die Fundschichten von Schöningen II annehmen (Mania / Thieme 2007). Da in der Fundschicht Bilzingsleben II Knochenreste des *Homo erectus* entdeckt wurden (Mania 2007), gehen sie auch für Schöningen von einem Fundplatz des *Homo erectus* aus. Einen gegensätzlichen Standpunkt nehmen Olaf Jöris und Michael Baales ein (Jöris / Baales 2003). Ihre Annahme, es handele sich um einem Fundplatz des frühesten Mittelpaläolithikums impliziert, dass bereits frühe Neandertaler anwesend waren. Andererseits könnte man aber auch den späten *Homo erectus*/*Homo heidelbergensis* als Erschaffer des frühesten Mittelpaläolithikums sehen. Eine Parallelisierung zwischen Bilzingsleben und Schöningen scheint aus archäologischer Sicht, insbesondere wegen der Vergleichbarkeit unter den Artefakten überzeugend, daher kann man die Annahme von D. Thieme und H. Mania teilen, dass die gleiche Menschenform, die in Bilzingsleben nachgewiesen wurde, wahrscheinlich auch in Schöningen lebte. Bei der Bezeichnung dieser Menschenform innerhalb der Gattung *Homo erectus*/*Homo heidelbergensis* wählen wir in Anlehnung an die Arbeiten, die den Beginn der Neandertalisierung schon im späten *Homo heidelbergensis* sehen (Bermúdez de Castro u. a. 1999), die Bezeichnung Präneandertaler. Zu dieser Gruppe gehören in Europa neben den über 30 Individuen aus der Sima de los Huesos bei Atapuerca (prov. Burgos) in Spanien, auch die Knochenreste aus der Höhle von Arago (Tautavel/Talteüll, dép. Pyrénées-Orientales) in Frankreich, Petralona (Chalkidiki) und wahrscheinlich Apidima (Aropoli) in Griechenland, wahrscheinlich Vertesszölös (Kom. Komárom-Esztergom) in Ungarn, Swanscombe (Kent) in Großbritannien sowie Reilingen (Rhein-Neckar-Kreis), Steinheim an der Murr (Lkr. Ludwigsburg) und wahrscheinlich Bilzingsleben in Deutschland (vgl. Serangeli / Bolus 2008). Gerade die Reste von Steinheim galten lange Zeit als Präsapient bzw. als *Homo steinheimensis* (im Sinne des direkten Vorfahren des *homo sapiens*, der sich in Europa bereits vom Neandertaler unterscheiden würde) und werden von wenigen Autoren noch als solche bezeichnet (zuletzt Thissen 2006). Die Morphologie dieses Schädels liegt im Übergangsfeld zwischen dem *Homo heidelbergensis*, dem *Homo neanderthalensis* und dem *Homo sapiens*. Bei einer Altersstellung von ca. 300 000 Jahren ist für Schöningen somit vom späten *Homo erectus*/*Homo heidelbergensis* bzw. Präneandertaler auszugehen.

Wenn man zusätzlich das Spektrum an Artefakten aus Schöningen hinzuzieht, so weist dieses am ehesten Parallelen zu Inventaren aus dem Zeitbereich nach der Elster-Vereisung bis hin zum Beginn des Mittelpaläolithikums auf. Die Funde lassen sich daher gut in ein spätes Altpaläolithikum einfügen. Insbesondere das Werkzeugkonzept weist auf eine nahtlose Entwicklung zum Mittelpaläolithikum hin. Es stellt sich somit die

Frage, ob Schöningen nicht am Anfang einer Entwicklung steht, die in das Mittelpaläolithikum im OIS 8 führt. In Folge dessen kann man von einem späten, wenn nicht sogar von einem ausgehenden Altpaläolithikum sprechen. Die zum Vergleich herangezogenen Fundstellen (u. a. Lehringen, Bilzingsleben, Bad Cannstatt, Clacton-on-Sea, Torralba, Hundisburg und Markkleeberg) scheinen diese Interpretation zu unterstützen.

LITERATUR

- Alperson-Afil u. a. 2007: N. Alperson-Afil / D. Richter / N. Goren-Inbar, Phantom hearths and the use of fire at Gesher Benot Ya' aqov, Israel. *PaleoAnthropology* 2007, 1-15.
- Andre u. a. 2010: C. C. Andre / A. R. Skinner / H. P. Schwarcz / C. K. Brain, Further Exploration of the First Use of Fire. *PaleoAnthropology* 2010. *Paleoanthropology Society Meeting Abstracts*, St. Louis, MO, 13-14 April 2010. www.paleoanthro.org/pdfs/Paleo%20Abstracts%20meetings%20version%202010.pdf (1.6.2012).
- Antoine u. a. 2003: P. Antoine / N. Limondin-Lozouet / P. Auguste / A. Lamotte / J.-J. Bahain / Ch. Falguères / M. Laurent / P. Coudret / J.-L. Locht / P. Depaepe / J.-P. Fagnart / M. Fontugne / Ch. Hatté / N. Mercier / M. Frechen / A.-M. Moigne / A.-V. Munaut / Ph. Ponel / D.-D. Rousseau, Paléoenvironnements pléistocène et peuplements paléolithique dans le bassin de la Somme (nord de la France). *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 100, 2003, 5-28.
- van Asperen 2004: E. van Asperen, The large mammal Fauna of Schöningen 13 II-4 [unpubl. Diss. Univ. Leiden 2004].
- Backwell / d'Errico 2001: L. R. Backwell / F. d'Errico, Evidence of termite foraging by Swartkrans early hominids. *Proceedings of the National Academy of Sciences* February 13, 2001, 98, no. 4, 1358-1363.
- Bermúdez de Castro u. a. 1999: J. M. Bermúdez de Castro / J. L. 35 Arsuaga / E. Carbonell / J. Rodríguez (eds), *Atapuerca. Nuestros antecesores* (León 1999).
- Biberson 1964: P. Biberson, Torralba et Ambrona. Notes sur deux stations acheuldenes de chasseurs d'elephants de la vieille Castille, in *Miscelanea en homenaje al Abate H. Breuil*, tomo 1 (Barcelona 1964) 201-248.
- Böhner 2009: U. Böhner, Die Schicht E3 der Sesselfelsgrötte und die Funde aus dem Abri I am Schulerloch. Späte Micoquien-Inventare und ihre Stellung zum Moustérien. Forschungsprojekt »Das Paläolithikum und Mesolithikum des Unteren Altmühltals II«, Teil IV (Stuttgart 2009).
- Bosinski 2009: G. Bosinski, *Urgeschichte am Rhein* (Tübingen 2009).
- Diehl 2007: M. Diehl, *Palynologie und Sedimentologie der Inter-glazialprofile Döttingen, Bonstorf, Munster und Bilshausen* [unpubl. Diss. Mainz 2007].
- Ertmer 2007: S. Ertmer, *Der mittelpaläolithische Fundplatz Hundisburg, Landkreis Börde, Sachsen-Anhalt* [unpubl. Magisterarbeit Univ. Tübingen 2007].
- 2010: S. Ertmer, *Der mittelpaläolithische Fundplatz Hundisburg: Neue Erkenntnisse der Forschungsgrabung 2009*. 52. Jahrestagung der Hugo Obermaier-Gesellschaft in Leipzig, 6.-10. April 2010, Programmheft (Erlangen-Tennenlohe 2010) 25.
- Gibbard u. a. 2007: P. L. Gibbard / S. Boreham / K. M. Cohen / A. Moscardiello, Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years v. 2007 (Cambridge 2007) www.ternary.stratigraphy.org.uk/correlation/POSTERSTRAT_v2007b.jpg (30.5.2012).
- Gowelt 2006: J. A. J. Gowlett, The early settlement of northern Europe: fire history in the context of climate change and the social brain. *Comptes Rendus Palevol* 5, 2006, 299-310.
- Gramsch 2002: B. Gramsch, Holz, Rinde, Bast-Werkstoffe des Mesolithikums. *Praehistoria Thuringica* 8, 2002, 89-94.
- Haidle 2006: M. N. Haidle, Menschen – Denken – Objekte. Zur Problem-Lösung-Distanz als Kognitionsaspekt im Werkzeugverhalten von Tieren und im Laufe der menschlichen Evolution [Unveröff. Habilitationsschrift, Fakultät für Geowissenschaften der Eberhards Karls Universität Tübingen 2006].
- Jöris / Baales 2003: O. Jöris / M. Baales 2003: Zur Altersstellung der Schöninger Speere. In: J. M. Burdukiewicz / L. Fiedler / W.-D. Heinrich / A. Justus / E. Brühl (Hrsg.), *Erkenntnisjäger: Kultur und Umwelt des frühen Menschen*. Festschrift für Dietrich Mania. Veröffentlichungen des Landesamtes für Archäologie Sachsen-Anhalt – Landesmuseum für Vorgeschichte 57 (Halle/Saale 2003) 281-288.
- Laurat 2002: Th. Laurat, Spitzenartige Geräte aus Feuerstein im Inventar von Bilzingsleben – Zu ihrer Morphologie und Morphometrie. *Praehistoria Thuringica* 8, 2002, 125-142.
- Mania 1995: D. Mania, The Earliest Occupation of Europe: Elbe-Saale Region. In: W. Roebroeks, T. van Kolfschoten (Hrsg.), *The Earliest Occupation of Europe: Proceeding of the European Science Foundation Workshop at Tautavel (France)*, 1993. *Analecta Praehistorica Leidensia* 27, 1995, 85-101.
- 1997: D. Mania, Altpaläolithikum und frühes Mittelpaläolithikum im Elbe-Saalegebiet. In: L. Fiedler (Hrsg.), *Archäologie der ältesten Kultur in Deutschland (Wiesbaden 1997)* 86-194.
- 2007: D. Mania, Wer waren die Jäger von Schöningen? In: Thieme 2007, 222-224.
- Mania / Mania 1998: D. Mania / U. Mania, Geräte aus Holz von der altpaläolithischen Fundstelle bei Bilzingsleben. *Praehistoria Thuringica* 2, 1998, 32-72.
- 1999: D. Mania / U. Mania, Zur Kultur des Homo erectus von Bilzingsleben. *Praehistoria Thuringica* 3, 1999, 27-63.

- 2008: D. Mania / U. Mania, La stratigraphie et le Paléolithique du complexe saalien dans la région de la Saale et de l'Elbe. *L'Anthropologie* [Paris] 112, 2008, 15-47.
- Mania / Thieme 2007: D. Mania / H. Thieme, Zur Einordnung der altpaläolithischen Fundhorizonte von Schöningen in die Erdgeschichte. In: Thieme 2007, 117-120.
- Mania u. a. 2010: D. Mania / M. Altermann / G. Böhme / T. Böttger / E. Brühl / H.-J. Döhle / K. Erd / K. Fischer / R. Fuhrmann / W.-D. Heinrich / R. Grube / D. Jurkenas / P. G. Karelin / V. Karl / J. Koller / K. V. Kremenetski / T. Laurat / U. van der Made / U. Mania / D.-H. Mai / R. Musil / T. Pfeiffer-Deml / E. Pietrzaniuk / I. Rappsilber / T. Schüler / M. Seifert-Eulen / M. Thomae, Neumark-Nord – Ein interglaziales Ökosystem des mitelpaläolithischen Menschen. *Veröffentlichungen des Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt. Landesmuseum für Vorgeschichte* 62 (Halle [Saale] 2010).
- McNabb 2007: J. McNabb, *The british lower palaeolithic. Stones in contention* (London, New York 2007).
- Musil 2007: R. Musil, Die Pferde von Schöningen: Skelettreste einer ganzen Wildpferdherde. Ein Befund von Weltbedeutung: Ein Wildpferd-Jagdlager vor 400 000 Jahren. In: Thieme 2007, 136-140.
- Neugebauer-Maresch 2008: Ch. Neugebauer-Maresch, Eine besondere Fundkategorie: kalzifizierte Hölzer der gravettienzeitlichen Schichten von Krems-Hundssteig. *Quartär* 55, 143-150.
- Oakley u. a. 1977: K. Oakley / P. Andrews / L. H. Keeley / J. D. Keeley, A reappraisal of the Clacton spear point. *Proceedings of the Prehistoric Society* 43, 1977, 13-30.
- Pasda 2007: C. Pasda / M. Beck / R. Gaupp / I. Kamradt / C. Liebermann, Site formation processes at a Middle Pleistocene deposit – Preliminary results of the geoarchaeological investigations at Bilzingsleben in 2003-2005. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 37, 2007, 1-18.
- Richter 2007: D. Richter, Altersbestimmung der Fundschichten von Schöningen mit dosimetrischen Datierungsmethoden. Das Eiszeitalter und seine Spuren im Tagebau Schöningen. In: Thieme 2007, 62-66.
- Richter 1997: J. Richter, Sesselfelsgrötte III. Der G-Schichten-Komplex der Sesselfelsgrötte. Zum Verständnis des Micoquien. Forschungsprojekt »Das Paläolithikum und Mesolithikum des Unteren Altmühltals II« Teil III. *Quartär-Bibliothek* 7 (Saarbrücken 1997).
- Rieder 2007: H. Rieder, Zur Qualität der Schöninger Speere als Jagdwaffen aus der Sicht der Sportwissenschaft. Ein Befund von Weltbedeutung: Ein Wildpferd-Jagdlager vor 400 000 Jahren. In: Thieme 2007, 159-162.
- Roberts u. a. 1995: M. B. Roberts / C. Gamble / D. R. Bridgland, The earliest occupation of Europe: the British Isles. In: W. Roebroeks / T. van Kolfschoten (Hrsg.), *The Earliest Occupation of Europe* (Leiden 1995) 165-191.
- Schäfer u. a. 2004: J. Schäfer / Th. Laurat / J. Kegler / E. Miersch, Neue archäologische Untersuchungen in Markkleeberg, Tagebau Espenhain (Lkr. Leipziger Land). *Praehistoria Thuringia* 10, 2004, 141-170.
- Schiegl / Thieme 2007: S. Schiegl / H. Thieme, Auf den Spuren von Feuer in Schöningen 13 II-4. Ein Befund von Weltbedeutung: Ein Wildpferd-Jagdlager vor 400 000 Jahren. In: Thieme 2007, 166-171.
- Schmitt u. a. 2003: D. Schmitt / St. E. Churchill / W. L. Hylander, Experimental Evidence Concerning Spear Use in Neandertals and Early Modern Humans. *Journal of Archaeological Science* 30, 2003, 103-114.
- Schoch 2007: W. H. Schoch, Holz – das Archiv aus dem Paläolithikum. Die altpaläolithische Fundstelle Schöningen 12 (Reinsdorf-Warmzeit). In: Thieme 2007, 202-210.
- Schuldt 1961: E. Schuldt, Hohen Viecheln. Ein Mittelsteinzeitlicher Wohnplatz in Mecklenburg. *Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Schriften der Sektion für Vor- und Frühgeschichte* 10 (Berlin 1961).
- Serangeli / Bolus 2008: J. Serangeli / M. Bolus, Out of Europe – The dispersal of a successful European hominin form. *Quartär* 55, 2007 (2008), 83-98.
- Steguweit 1999: L. Steguweit, Die Recken von Schöningen – 400.000 Jahre Jagd mit dem Speer. *Mitteilungsblatt der Gesellschaft für Urgeschichte* 8, 1999, 5-13.
- 2003: L. Steguweit, Gebrauchsspuren an Artefakten der Hominidenfundstelle Bilzingsleben (Thüringen). *Tübinger Arbeiten zur Urgeschichte* 2 (Rahden/Westf. 2003).
- Thieme 1999: H. Thieme, Altpaläolithische Holzgeräte aus Schöningen, Lkr. Helmstedt. *Bedeutung zur Kulturentwicklung des frühen Menschen. Germania* 77, 1999, 451-485.
- 2007: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere. Mensch und Jagd vor 400 000 Jahren* (Stuttgart 2007).
- Thieme / Maier 1995: H. Thieme / R. Maier (Hrsg.), *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt* (Hannover 1995).
- Thieme / Veil 1985: H. Thieme / S. Veil, Neue Untersuchungen zum Eemzeitlichen Elefanten Jagdplatz Lehringen, Lkr. Verden. *Die Kunde N. F.* 36, 1985, 11-58.
- Thissen 2006: J. Thissen, Die paläolithischen Freilandstationen von Rheindahlen im Löss zwischen Maas und Niederrhein. *Rheinische Ausgrabungen* 59 (Mainz 2006).
- Truffeau / Sommé 1988: A. Truffeau / J. Sommé, *Le Gisement Paléolithique Moyen de Biache-Saint-Vaast. Mémoires de la Société Préhistorique Française* 21 (Paris 1988).
- Urban 2007: B. Urban, Quartäre Vegetations- und Klimaentwicklung im Tagebau Schöningen. Das Eiszeitalter und seine Spuren im Tagebau Schöningen. In: H. Thieme 2007, 66-75.
- Villa / d'Errico 2001: P. Villa / F. d'Errico, Bone and ivory points in the Lower and Middle Paleolithic of Europe. *Journal of Human Evolution* 41, 2001, 69-112.
- Voormolen 2008: B. Voormolen, Ancient hunters, modern butchers: Schöningen 13II-4, a kill-butcher site dating from the northwest European Lower Palaeolithic. *Journal of Taphonomy* 6/2, 2008, 71-247. <https://openaccess.leidenuniv.nl/handle/1887/12661> (1.6.2012).
- Wagner 1995: E. Wagner, Cannstatt I. Großwildjäger im Travertingebiet (Stuttgart 1995).
- Weber 2004: Th. Weber, Die ältesten Spuren des Menschen in Sachsen-Anhalt. In: H. Meller (Hrsg.), *Paläolithikum und Mesolithikum. Kataloge der Dauerausstellung im Landesmuseums in für Vorgeschichte* 1 (Halle [Saale] 2004) 61-67.
- Yravedra Sainz de los Terreros 2000: J. Yravedra Sainz de los Terreros, Implicaciones Tafonómicas y Zoológicas del Paleolítico inferior de la Península Ibérica. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología Universidad Autónoma de Madrid* 26, 2000, 7-24.

ZUSAMMENFASSUNG / ABSTRACT

Die Artefakte von Schöningen und deren zeitliche Einordnung

Im Tagebau Schöningen wurden mehrere mittelpleistozäne Fundstellen entdeckt. Die Funde belegen die Anwesenheit des Menschen vor Ort. Besondere Funde wie Knochen mit abgerundeten Enden, hölzerne Speere und mögliche Klemmschäfte aus Holz sind allerdings so selten oder einzigartig in der Altsteinzeit, dass sie nicht für eine chronologische Einordnung oder eine absolute Datierung herangezogen werden können. Geschlagene Knochen, Knochen mit Schnittspuren und angebrannte Hölzer kommen in Schöningen häufig vor. Da diese Funde aber im Laufe der Geschichte auf ähnlich gebliebene Aktivitäten des Menschen zurückzuführen sind, fallen auch sie für eine Datierung aus. Nur die Steinartefakte bieten einige wenige Ansätze, die chronologisch gedeutet werden können. Die wichtigsten Aspekte sind das Fehlen der Levallois Methode, die Abwesenheit von Faustkeilen und die zahlreichen Schaber von guter Qualität. In Folge dessen ist es am wahrscheinlichsten, die Funde in ein spätes, wenn nicht sogar in ein ausgehendes Altpaläolithikum zu stellen. Die zum Vergleich herangezogenen Fundstellen (u. a. Lehringen, Bilzingsleben, Bad Cannstatt, Clacton-on-Sea, Torralba, Hundisburg und Markkleeberg) scheinen diese Interpretation zu stützen.

The tools of Schöningen and their chronological classification

Many finds discovered in the different middle pleistocene archaeological sites in Schöningen demonstrate the presence of man. Rounded bones, wooden spears and what may possibly be grips for holding flint tools are such rare or unique tools that they are not available as chronological evidence. Beaten bones, bones with cut marks and burnt wood is much more common, but they are the results of human activities that always remained similar in the course of history. This group of objects is also not available as chronological evidence. Only the stone artefacts offer a few approaches to a chronological interpretation of the sites. The most salient aspects are the absence of the Levallois method, the absence of bifaces and the numerous scrapers of good quality. We can therefore infer that the sites in Schöningen belong to a late Lower Palaeolithic or maybe even to an ending Lower Palaeolithic. The sites used as comparison (including Lehringen, Bilzingsleben, Bad Cannstatt, Clacton-on-Sea, Torralba Hundisburg and Markkleeberg) seem to support this interpretation.

THE 12II DB OUTCROP SECTION AT SCHÖNINGEN: SEDIMENTARY FACIES AND DEPOSITIONAL ARCHITECTURE

Schöningen (figs 1-2) is one of the most important archaeological sites in Central Europe. Since 1992, several Lower Palaeolithic artefacts have been discovered in Middle Pleistocene interglacial sediments in the southern field of the Schöningen open-cast mine (fig. 2b). In 1995 hunting spears were discovered, which are thought to be the oldest known complete hunting weapons (Thieme 1997). The Middle Pleistocene interglacial deposits are therefore of particular interest. Although much work has been done on the biostratigraphy and palynology of the interglacial deposits (e.g. Urban et al. 1988; 1991; Urban 1995; 2007), their stratigraphic correlation and their absolute age is still controversial (fig. 3; e.g. Litt et al. 2007; Urban et al. 2011) and only little work has been carried out to reconstruct the depositional environment (Mania 1995; 2006). In this paper we document the stratigraphic evolution and internal facies architecture of the Middle to Late Pleistocene sedimentary succession, exposed at Schöningen 12II DB (fig. 2b). The emphasis is placed on the sedimentary facies, facies associations and the analysis of the larger scale stacking pattern of architectural elements. A new depositional model summarising facies features, depositional processes and architectures is proposed that may add to a better understanding of the stratigraphy and the palaeo-environment.

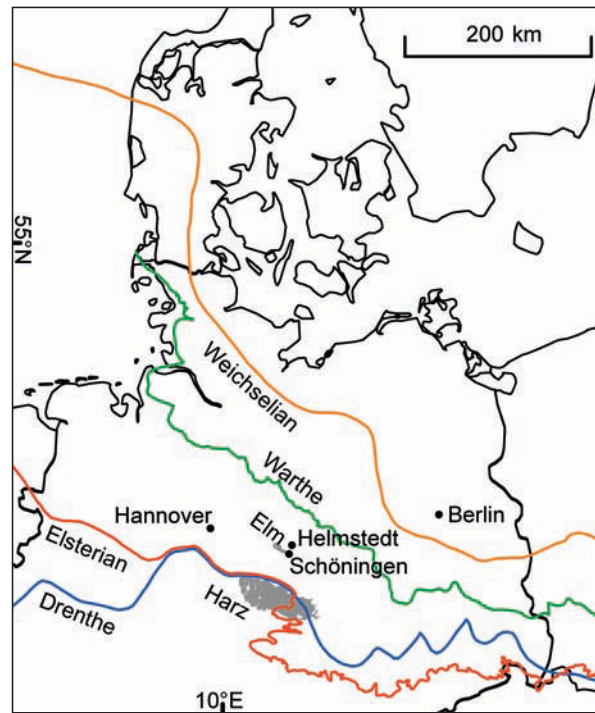


Fig. 1 Location of the study area in Northern Germany and maximum extent of major ice advances. – (Modified from Ehlers et al. 2004).

REGIONAL GEOLOGY AND PREVIOUS WORK

The Schöningen open-cast mine is located in the south-western rim syncline of the Offleben salt wall, which forms part of the 70km long, northwest to southeast trending Helmstedt-Staßfurt salt structure (fig. 2a). The basement of the rim syncline is formed by Triassic sedimentary rocks and the main fill of the rim-syncline consists of 360m thick paralic to marine Palaeogene deposits (Behrend 1927; Brandes et al. 2012). This coal-rich succession is unconformably overlain by 40-60m thick Pleistocene and Holocene deposits (Elsner 1988; Tschee 1991; Lang et al. 2012).

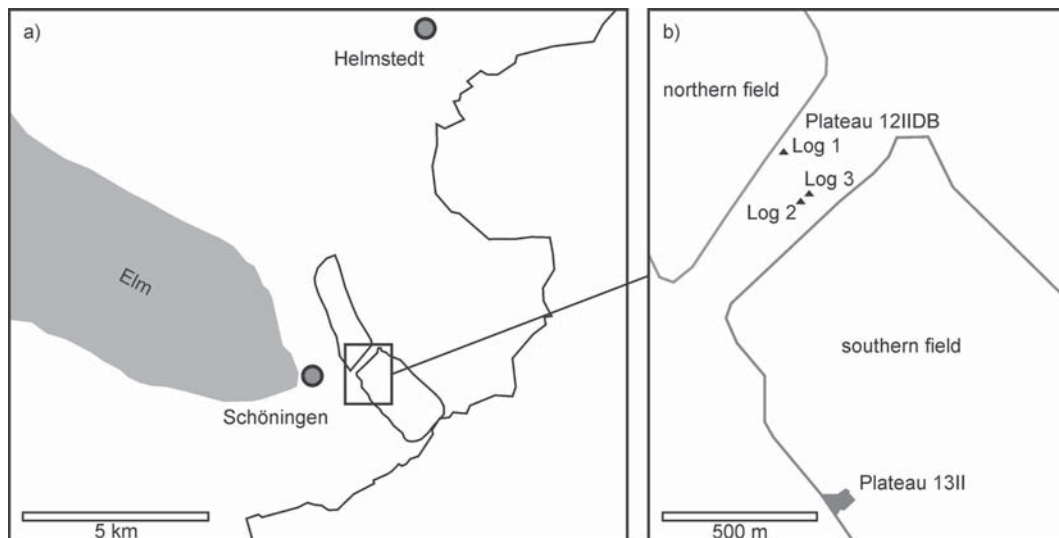


Fig. 2 a) Map of the study area, showing the extent of the Schöningen open-cast mine. – b) Detail map of the studied sections in the central part of the Schöningen open-cast mine, showing the locations of the measured logs. – Photo panel 1 (fig. 9) covers the out-crop wall behind log 2 and log 3. Photo panel 2 (fig. 10) is located immediately southwest of log 1. »Plateau 13II« is the excavation site where the Paleolithic spears were found. – (Map J. Lang).

Northern Germany was affected by three major glaciations during the Elsterian, Saalian and Weichselian glacial periods (figs 1; 3). The Elsterian ice sheet covered most of Northern Germany (fig. 1; Ehlers et al. 2004) and the ice-advance either occurred during MIS 10 (Litt et al. 2007) or MIS 12 (Ehlers et al. 2004). Two major ice advances are known for the Saalian glaciation. Tills are separated by glacialacustrine and glaci-fluvial deposits and no interglacial sediments have been found (Litt et al. 2007). The maximum extent of the Saalian ice cover in northwest Germany was reached during the Older Saalian ice advance (»Drenthe« cf. Litt et al. 2007), which probably occurred during MIS 6 (Litt et al. 2007; Busschers et al. 2008) and lasted ~5000 years (Lambeck et al. 2006). The southern margin of the Saalian Drenthe ice sheet extended across most of Northern Germany (fig. 1). The second major ice advance of the Saalian Complex, the Warthian, terminated some 50km northeast of the study area. The ice sheet of the Weichselian glaciation did also not reach the study area (Ehlers et al. 2004).

The Schöningen area has been transgressed by both the Elsterian and Older Saalian (Drenthe) ice sheets. The Pleistocene sediments were deposited in a NNW-SSE trending, elongated trough, which is deeply incised into unconsolidated lignite-bearing Palaeogene deposits. The geometry and dimensions of this erosional structure point to a tunnel valley that was incised below the Elsterian ice sheet (Lang et al. 2012). The Elsterian deposits of the Schöningen open-cast mine consist of an up to 40 m thick succession of fine-grained glacialacustrine deposits, coarse-grained meltwater deposits and till (Elsner 1987; Hartmann 1988). Urban et al. (1988), Tschee (1991) and Elsner (2003) reported the presence of two Elsterian tills. The older till is thin (1 m) and has a limited areal extent (150 m), whereas the younger till is up to 10 m thick and has an extent of several hundred meters (Tschee 1991). Tills are separated by glaci-fluvial deposits (Elsner 2003). The Elsterian glacial deposits are overlain by interglacial lacustrine deposits, which were deposited within the underfilled tunnel valley (Lang et al. 2012). The interglacial deposits have previously been interpreted as infills of shallow basins formed by the melting of dead ice (Elsner 1987) or fluvial channels (Mania 1995), respectively. Three »channels« have been recognized by Mania (1995) between the Elsterian and Saalian glacial deposits. According to Mania (1995) »Channel I« is Holsteinian in age and comprises fluvial and limnic deposits with a maximum thickness of 6 m. The fill of »Channel II« is

		Litt et al. (2007)	Urban (2007)	Mania (1995)	Lang et al. (2012)
		Holocene	Holocene	Schöningen VI	
Upper Pleistocene	Weichselian				aeolian
	Eemian		Eemian	Schöningen V	lacustrine
Middle Pleistocene	Saalian - Complex	Warthe	"Cycle IV"	Schöningen IV	?
		Drenthe			subglacial
		Dömnitz	Schöningen	Schöningen III	glacilacustrine
		Fuhne			
	Holsteinian	Reinsdorf Holsteinian	Schöningen II Schöningen I	lacustrine	tunnel valley fill
Elsterian			glacilacustrine		
				subglacial	

Fig. 3 Stratigraphic chart and depositional environments of the Pleistocene succession at Schöningen. – (Diagram J. Lang).

interpreted to represent the Reinsdorf interglacial (Urban 1995; Mania 2006) and contains the archaeological horizon where the famous palaeolithic hunting spears were found (Thieme 1997). The up to 6 m thick interglacial succession consists of organic-rich lake bottom and deltaic sediments fed by surface runoff shed from the Elm ridge west of the basin (Lang et al. 2012). This succession has been subdivided into five distinct shallowing-upward cycles («Verlandungsfolgen», cf. Urban 2007) based on the sedimentary facies and pollen assemblages. However, palynological data suggest that the Reinsdorf interglacial may be also regarded as part of the Holsteinian (Litt et al. 2007). New $^{230}\text{Th}/\text{U}$ data support a Holsteinian (MIS 9) age of the »Reinsdorf« succession (Urban et al. 2011). The Schöningen interglacial («Channel III») was defined as biostratigraphic unit by Urban et al. (1991) from pollen assemblages and has been correlated with the Dömnitz interglacial (Urban et al. 1991; Litt et al. 2007).

These interglacial deposits are unconformably overlain by glacial deposits of the Saalian Drenthe ice advance, which consist of up to 11 m thick coarse-grained meltwater deposits, overlain by a basal till (Elsner 1987; Hartmann 1988). The Saalian glacial deposits are overlain by Eemian interglacial deposits, which are up to 7 m thick and consist of travertine and peat (e. g. Elsner 1987; Urban et al. 1988). Weichselian deposits are represented by up to 6 m of loess (Behrend 1927; Elsner 1987; Meyer et al. 1995; Wagner 2011). During the Holocene fluvial deposition and soil formation took place (Elsner 1987; Mania 1995).

METHODS AND DATABASE

Since May 2009 field work was carried out at Schöningen 12II DB (**fig. 2b**). The outcrops were characterised from vertical measured sections and two-dimensional photo panels of the outcrop walls (**figs 7-10**). The logs were measured at the scale of individual beds, noting grain size, bed thickness, bed contacts, bed geometry and internal sedimentary structures. The larger-scale facies architecture was mapped from photo

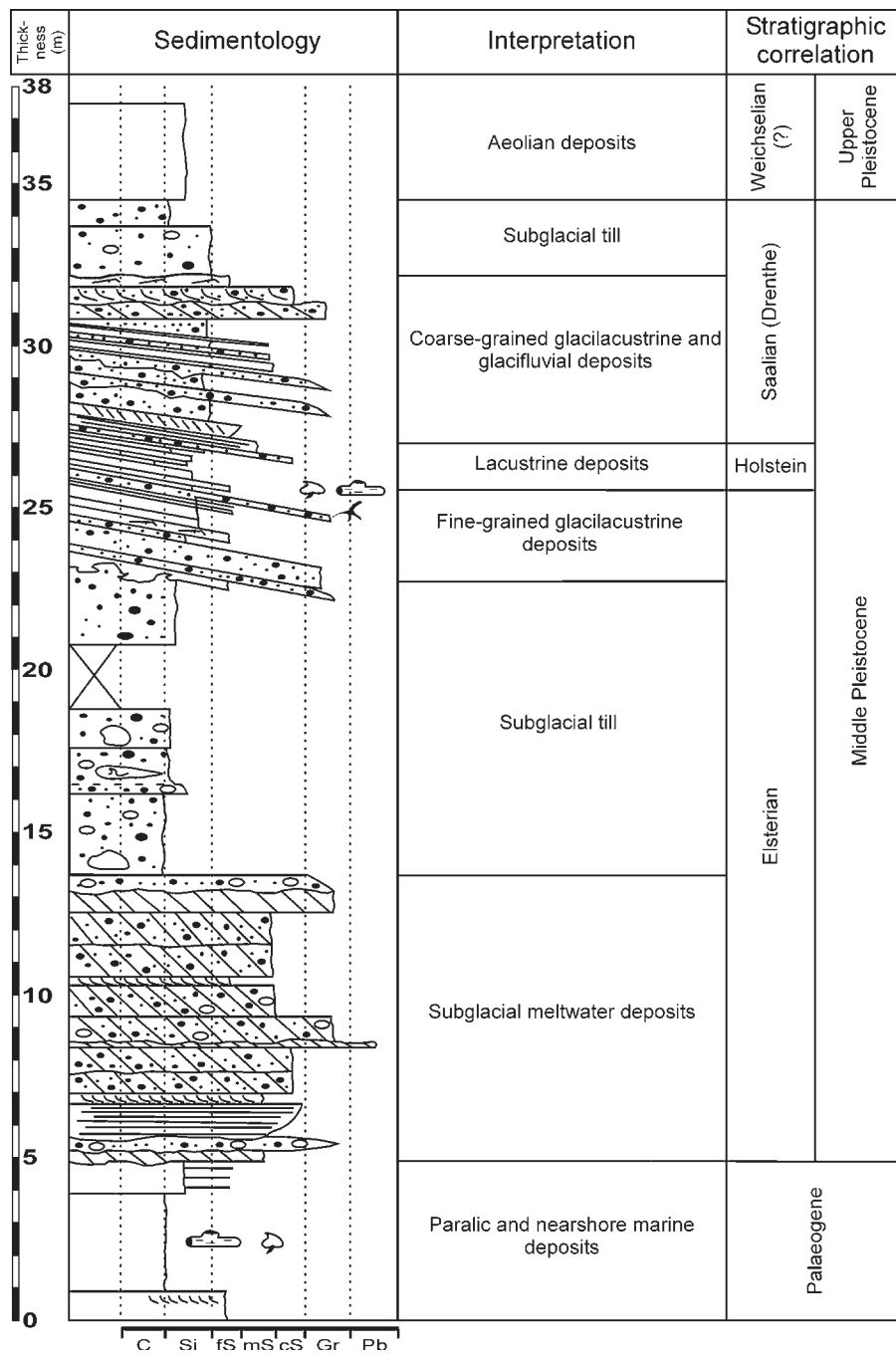


Fig. 4 Log 1: Sedimentological log of the Pleistocene succession measured at the central part of the Schöningen open-cast mine. – For key see fig. 7. – (Modified from Lang et al. 2012).

panels. Palaeoflow directions were obtained from cross-bedding and have been corrected for the deformed sections. The clast composition of pebble-sized gravel was determined by K.-D. Meyer for five locations within the studied section.

SEDIMENTARY FACIES AND FACIES ASSOCIATIONS

The exposed section at Schöningen 12II DB is up to 38 m thick (fig. 4) and comprises Elsterian, Holsteinian, Saalian and Weichselian deposits. Large parts of the succession are intensely deformed by glacitectonic

processes. Thirteen sedimentary facies types (F) were defined on the basis of grain size, bed thickness, bed contacts and sedimentary structures (**table 1**). These facies types were grouped into seven facies associations (FA), based on distinct depositional processes, bed geometries and stratal geometries. A measured log of the complete succession is given in **figure 4**. **Figures 5-6** show detailed logs of the interglacial deposits.

Glacigenic deposits

Subglacial deposits

FA 1: Massive diamicton

FA 1 consists of matrix-supported, massive diamicton (F 1). The matrix is dark grey or red-brown, carbonate-rich clay to sand. Components are granule- to boulder-sized, moderately rounded to angular and consist of flint, granite, gneiss, sandstone and limestone. Beds are 20 to 250 cm thick and have sharp or deformed contacts. FA 1 is deformed by internal shear planes and contains deformed sand lenses, which are up to 50 cm thick and 150 cm long.

Massive diamicton occur twice within the succession. The lower diamicton is dark grey and very thick-bedded. The upper diamicton is red-brown, medium-bedded and always underlain by a strongly deformed sand and gravel facies (F 2).

The deformed facies (F 2) consists of interbedded medium- to coarse-grained sand and granule to pebble gravel. The fabric is matrix- or clast-supported and the matrix consists of clay to fine-grained sand. Bed thickness is 10 to 80 cm. Bed contacts are sharp and commonly associated with shear planes. Components consist mainly of subangular to angular flint and granite. Thin, deformed layers or lenses of fine-grained sand or diamicton (F 1) are common.

The lower diamicton (**fig. 8a**) is up to 10 m thick and pinches-out towards the northwest. The upper diamicton (**fig. 8f**) is up to 2.5 m thick and sheet-like.

Interpretation

The massive, matrix-supported diamicton is interpreted as a basal till, which is deposited by lodgement and melt-out processes beneath a glacier (Evans et al. 2006). The dominance of clasts with a Scandinavian or Baltic provenance is a further indicator for the glacial origin of the sediment.

The strong deformation of F 2 points to subglacial shearing of soft-sediment (Evans et al. 2006; Aber / Ber 2007). Strongly sheared sediment, which retains some characteristics of the original deposit, was defined as glacitectorite by Evans et al. (2006). Parent material of the glacitectorite was probably the underlying meltwater deposit of FA 3.

The lower grey diamicton is interpreted to represent Elsterian basal till, while the upper red diamicton is interpreted as Saalian (Drenthe) basal till. This stratigraphic classification is primarily based on the stratigraphic position of the two tills, which are separated by interglacial deposits of probably Holsteinian age. The facies associations resemble those described by Elsner (1987) and Tschee (1991) for Elsterian respectively Saalian tills.

Meltwater deposits

FA 2: Cross-stratified sand and gravel

FA 2 consists of light grey to brown, large-scale planar or trough cross-stratified pebbly sand and gravel (F 5, F 7 and F 8; **fig. 8a**). Cross-sets are 25 to 60 cm thick and have sharp or erosional basal contacts. Pebble-

sedimentary facies	bed contacts	thickness	depositional process
F 1: massive, matrix-supported diamicton Massive, matrix-supported diamicton. Clasts consist of pebbles to cobbles with some boulders. The matrix is a sandy clay. Deformed sand lenses or layers are common.	sharp, gradual or faulted	20-250 cm	subglacial plastering and melt-out of glacial debris (Evans et al. 2006)
F 2: deformed beds Silt to coarse-grained pebbly sand. Original structures deformed into subhorizontal shear planes and boudins. Penetrated by streaks of diamicton.	faulted	10-80 cm	intense soft-sediment deformation by glacitectonic shearing (Evans et al. 2006)
F 3: massive, matrix-supported gravel Massive, matrix-supported granule to pebble gravel. The matrix is silty clay. Rare occurrence of undeformed sand intraclasts (up to 10 cm in diameter).	sharp	10-85 cm	deposition by cohesive debris flows (Mulder / Alexander 2001)
F 4: massive, clast-supported gravel Clast-supported, massive granule to pebble gravel with some cobbles. The matrix is fine- to medium-grained sand.	erosional	20-65 cm	deposition by hyperconcentrated density flows (Mulder / Alexander 2001)
F 5: planar cross-stratified gravel Granule to pebble gravel with rare cobbles with planar cross-stratification. The matrix is fine- to medium-grained sand.	erosional	20-80 cm	deposition by turbulent, high-energy tractional currents (Allen 1984)
F 6: planar-parallel stratified pebbly sand pebbly sand with planar cross-stratification	sharp or erosional	5-30 cm	deposition by turbulent, high-energy tractional currents (Allen 1984)
F 7: through cross-stratified pebbly sand Pebbly sand with through cross-stratification. Troughs are 50 to 120 cm wide oblique to flow.	erosional	25-40 cm	deposition by 3D dunes under turbulent, high-energy tractional currents (Allen 1984)
F 8: planar cross-stratified pebbly sand pebbly sand with planar cross-stratification	erosional	35-140 cm	deposition by 2D dunes under turbulent, to high-energy tractional currents (Allen 1984)
F 9: ripple cross-laminated sand Fine- to medium-grained sand with ripple (planar or trough) cross-lamination, partly forming climbing bedsets. Ripple troughs are 5 to 10 cm wide oblique to flow.	sharp, gradual or loaded	5-55 cm	deposition by of 2D or 3D ripples under turbulent, low-energy currents (Allen 1984); the occurrence of climbing ripples points to high rates of sedimentation and waning flows (Allen 1984)
F 10: mud and fine-grained sand alternations Alternations of clay, silt and fine-grained sand. Beds are massive, planar-parallel or ripple cross-laminated. Ripples are planar or trough-shaped and partly form climbing bedsets. Ripple troughs are 5 to 15 cm wide oblique to flow. Scattered granules and pebbles occur rarely.	sharp, gradual or loaded	1-40 cm	deposition by waning, low-energy turbulent currents and suspension fall-out (Mulder / Alexander 2001). Scattered granules and pebbles are interpreted as ice-rafted debris (Eyles / Eyles 1992).
F 11: massive, planar-parallel or ripple cross-laminated silt or sand with plant material Organic-rich silt to fine-grained sand. Beds are massive, planar-parallel or ripple planar cross-laminated. Bivalves, plant and wood debris are common.	sharp, gradual or loaded	5-25 cm	deposition by waning, low-energy turbulent currents or suspension fall-out (Mulder / Alexander 2001)
F 12: peat massive or stratified plant and wood debris	sharp or gradual	5-40 cm	peat forms by the accumulation of plant debris in bogs, swamps or shallow lakes (Talbot / Allen 1996)
F 13: massive silt very thickly bedded, massive silt	sharp	100-400 cm	deposition by aeolian suspension fall-out (Collinson et al. 2006)

Tab. 1 Classification of sedimentary facies.

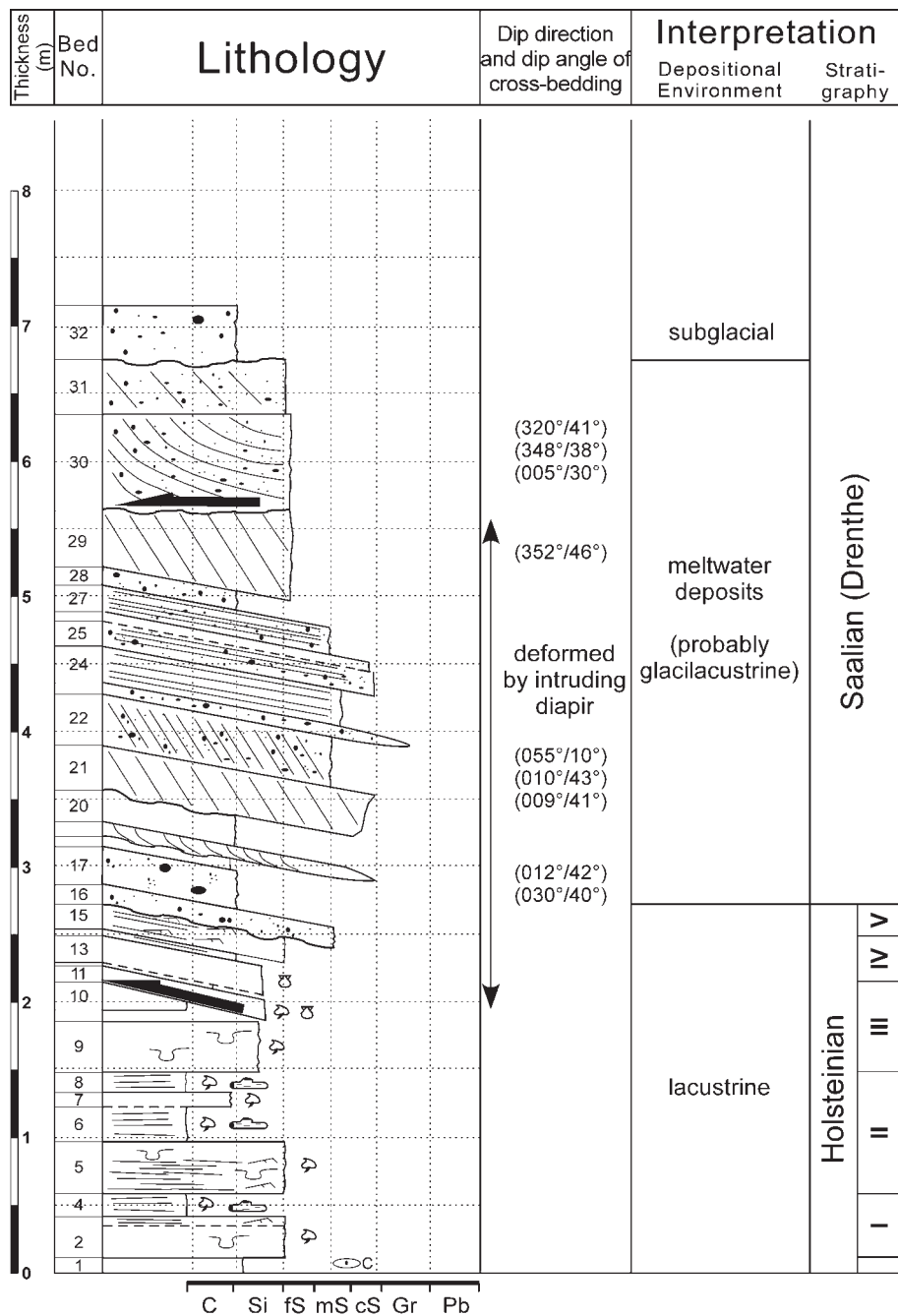


Fig. 5 Log 2: Detailed sedimentological log of the Holsteinian to Saalian succession. Shallowing-upward cycles within the interglacial succession are labelled I to V. The location of Log 2 is shown in fig. 2 b, fig. 9 shows the lateral relation to log 3. – For key see fig. 7. – (Diagram J. Lang).

to cobble-sized components are subrounded to subangular. Most clasts (72-82%) are derived from Scandinavia or the Baltic area. Minor proportions of clasts are derived from the adjacent Mesozoic sedimentary rocks (12-17%) and Palaeozoic (6-10%) basement rocks (pers. com., Klaus-Dieter Meyer). Armoured clasts of dark grey diamicton (15cm in diameter) occur rarely. Abundant lignite fragments contribute to the brown colour of some beds. Within the cross-bedded sand and gravel massive, clast-supported, normally graded gravel lenses (F 4) occur. These lenses have erosional bases and are up to 50 cm thick and up to 6 m wide.

Deformation in FA 2 is rare and only some normal faults with offsets of 10 to 50cm are present. FA 2 is 9m thick and palaeoflows, obtained from cross-bedding, were from the northeast and east. The lateral extent and geometry of FA 2 could not be measured.

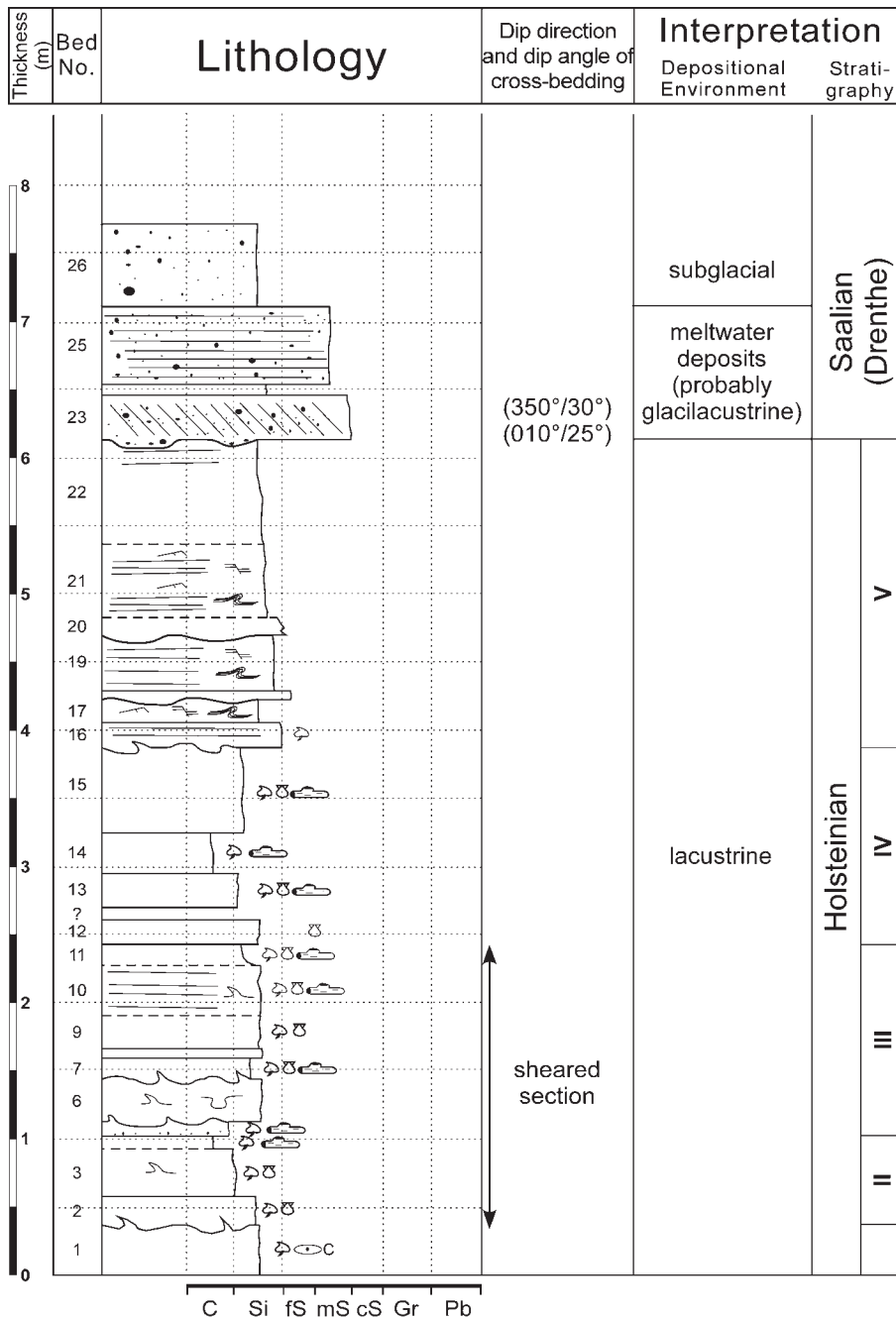


Fig. 6 Log 3: Detailed sedimentological log of the Holsteinian to Saalian succession. Shallowing-upward cycles within the interglacial succession are labelled I to V. The location of Log 3 is shown in fig. 2b, fig. 9 shows the lateral relation to log 2. – For key see fig. 7. – (Diagram J. Lang).

Interpretation

Large-scale planar and trough cross-stratified, poorly sorted sand and gravel point to deposition of 2D and 3D dunes by high-energy, turbulent tractional flows (Allen 1984). Erosional bed contacts and resedimented clasts of lignite and diamicton are indicative for the erosive potential of these flows. The intercalated massive gravel lenses are interpreted to represent deposits of non-cohesive debris flows (Postma / Cruickshank 1988; Mulder / Alexander 2001). FA 2 is interpreted as proglacial meltwater deposit. The depositional environment is difficult to reconstruct since limited outcrop conditions prevented the detailed analysis of architectural elements. Therefore these meltwater deposits may either represent glacialfluvial (e.g. Miall 1996) or coarse-grained glacialacustrine deposits (e.g. Lønne / Nemeč 2004).

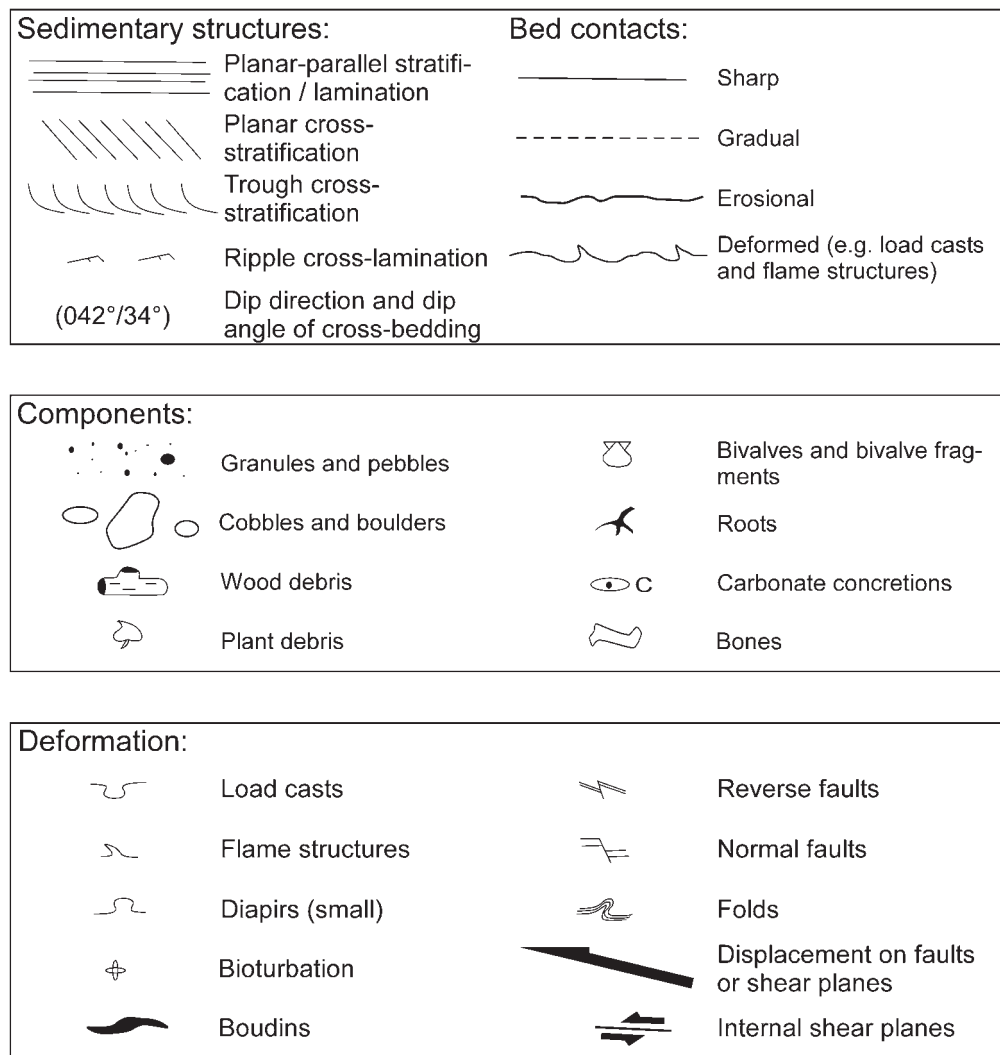


Fig. 7 Key for the sedimentological logs.

FA 3: Planar-parallel, cross-stratified and massive sand and gravel

FA 3 consists of planar-parallel, planar or trough cross-stratified pebbly sand and gravel (F 5, F 6, F 7 and F 8; **fig. 8e**) interbedded with massive, matrix-supported gravel (F 3) and ripple cross-laminated, fine-grained sand (F 9). Beds are 5 to 80 cm thick and bed contacts are sharp or erosional. Granule- to cobble-sized components mainly consist of moderately rounded to subangular granite, flint, sandstone and limestone. Beds of massive, matrix-supported gravel (F 3) are commonly intercalated. The gravel is granule- to pebble-sized with rare cobbles, supported by a matrix of clay to silt. Components are moderately rounded to angular. Clasts derived from Scandinavia or the Baltic area amount to 62-67%. Clasts derived from the adjacent Mesozoic sedimentary rocks (mostly Triassic limestone and sandstone) amount to 27-33% and from Palaeozoic basement rocks amount to 5-6% (pers. com., K.-D. Meyer). Undeformed sand intraclasts are common (up to 10 cm in diameter). Beds are 10 to 85 cm thick and have sharp basal contacts. In some locations ripple cross-laminated, fine-grained sand to silt (F 9) is intercalated. These intercalations are lens-shaped, up to 150 cm thick and have a lateral extent of up to 15 m (**fig. 10**). Fine-grained sand intercalations are strongly deformed by load casts and dewatering structures.

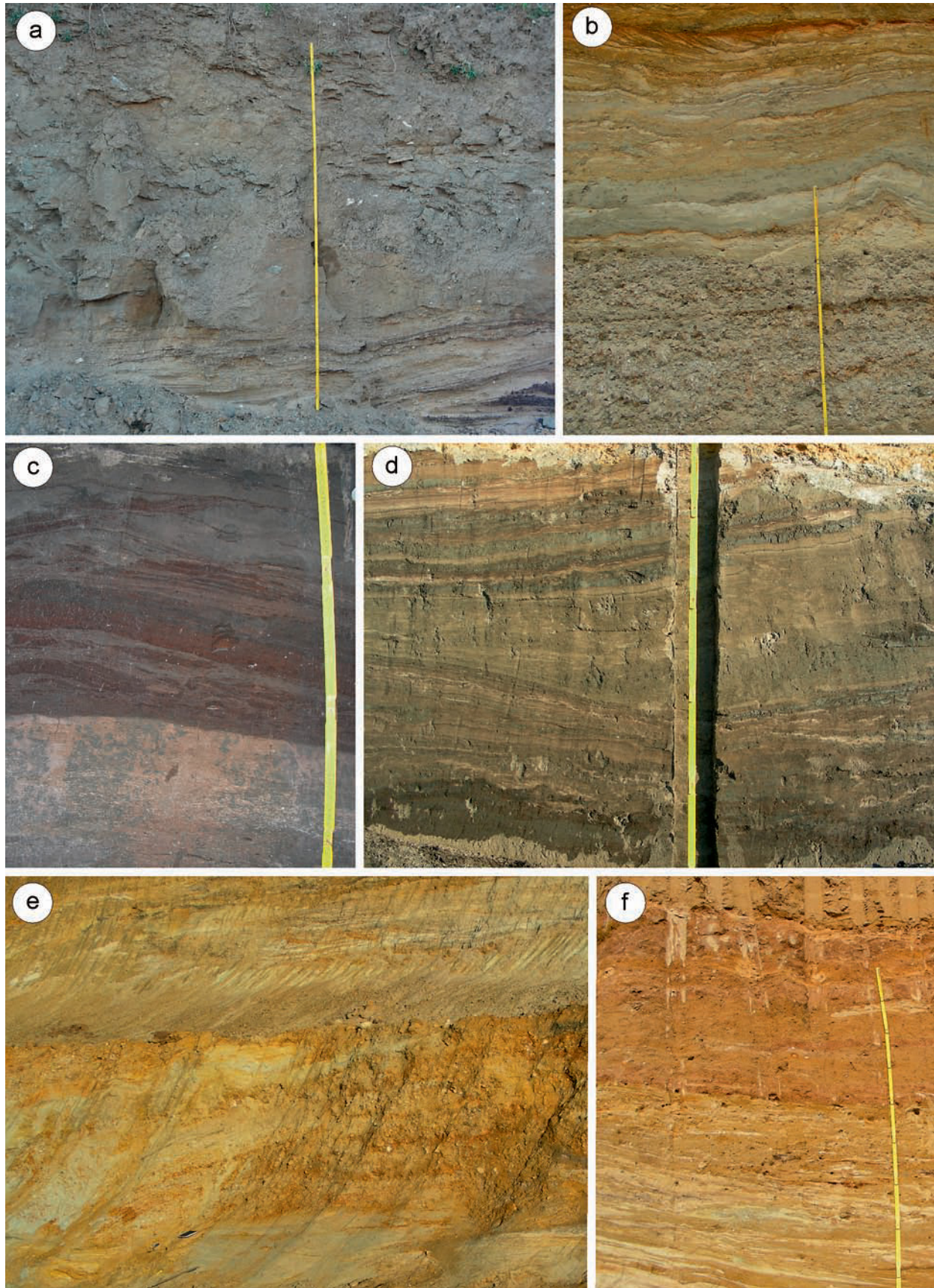


Fig. 8 Facies associations: **a** Elsterian basal till (FA 1), unconformably overlying cross-stratified sand (FA 2). – **b** Elsterian glacialacustrine deposits (FA 4) consisting of massive gravel, silt and cross-stratified sand. – **c** Holsteinian lacustrine stratified peat and massive silt (FA 7). – **d** Holsteinian lacustrine planar-parallel and ripple cross-laminated silt (FA 6). – **e** Saalian meltwater deposits (FA 3), consisting of planar-parallel and cross-stratified sand and gravel. The lower part displays tangential bedding, while the upper part is subhorizontally bedded. – **f** Saalian basal till (FA 1), consisting of highly deformed sand and gravel and massive diamicton. – (Photos J. Lang).

FA 3 is usually arranged into northwest- to southwestward dipping clinoforms. The clinoforms have dip angles between 5° and 25° and can laterally be traced for 3 to 8 m. Clinoforms mainly occur in the lower part of FA 3, while the upper part of FA 3 displays more subhorizontal bedding with common lens-shaped elements. Lens-shaped elements are 1 to 5 m wide, 0.2 to 1 m thick and filled with cross-stratified or massive sand and gravel. The total thickness of FA 3 ranges from 2 to 5 m. The succession is strongly deformed by normal and reverse faults and folds (**fig. 11d**). Due to the intense deformation larger scale architectural elements are difficult to recognize.

Interpretation

The deposition of planar-parallel or cross-stratified pebbly sand and gravel indicates deposition from high-energy, turbulent tractional flows. The occurrence of granite and flint clasts points to a glacial origin of the sediment. Low- to high-angle tangential bedding resembles previous descriptions of coarse-grained glacialacustrine delta slope deposits (e.g. Postma / Cruickshank 1988; Nemec 1990) or downstream accretion macroforms within glacialfluvial outwash fans (Miall 1977; 1996). Lense-shaped elements are interpreted as infill of minor channels or scours, which may occur on glacialacustrine delta slopes (e.g. Winsemann et al. 2007) or in glacialfluvial fans (e.g. Miall 1996).

Intercalated massive, matrix-supported gravel is interpreted as cohesive debris flow deposits (Mulder / Alexander 2001). The lens-shaped bodies of fine-grained sand to silt probably represent episodes when deposition from low-energy processes occurred. The common occurrence of load casts points to high sedimentation rates (McCarroll / Rijdsdijk 2003).

The sand and gravel of FA 3 is interpreted as proglacial meltwater deposit, infilling remnants of the interglacial lake basin.

FA 4: Planar-parallel, ripple cross-laminated or massive silt or sand interbedded with massive gravel

FA 4 consists of planar-parallel, ripple cross-laminated or massive interbedded silt and fine-grained sand (F 10; **fig. 8b**). Beds are 1 to 40 cm thick and display sharp or loaded basal contacts. Scattered granules and pebbles occur rarely, their amount decreases upwards within the facies association. Deformation by load casts, ball structures and convolute bedding is common. Palaeoflows were from the north to northeast.

Lenticular or sheet-like beds of massive, clast-supported gravel (F 4) are intercalated and mainly occur in the lower part of FA 4. The gravel has a fine- to medium-grained sand matrix and pebble-sized components may display imbrication. Components are subrounded to subangular. Clasts are derived from Scandinavia or the Baltic area (57%) and from adjacent Mesozoic sedimentary rocks (38%, mostly Triassic limestone or sandstone) and Palaeozoic basement rocks (5%; pers. com., K.-D. Meyer). Beds are 20 to 65 cm thick and have a lateral extent of 1 to 5 m.

Beds of FA 4 dip with 8° to 16° towards the southeast. The thickness of FA 4 is 1 to 4 m. The succession displays a fining-upwards trend with more gravel in the lower part and more sand and silt in the upper part. FA 4 has a lens-shaped geometry. The lateral extent of FA 4 is limited but could not exactly be measured.

Interpretation

Massive, planar-parallel or ripple cross-laminated beds of fine-grained sand and silt are interpreted to result from low-energy turbulent flows and suspension fall-out. Scattered granules and pebbles may represent ice-rafted debris. The occurrence of load casts, ball structures and convolute bedding points to high sedimentation rates (McCarroll / Rijdsdijk 2003).

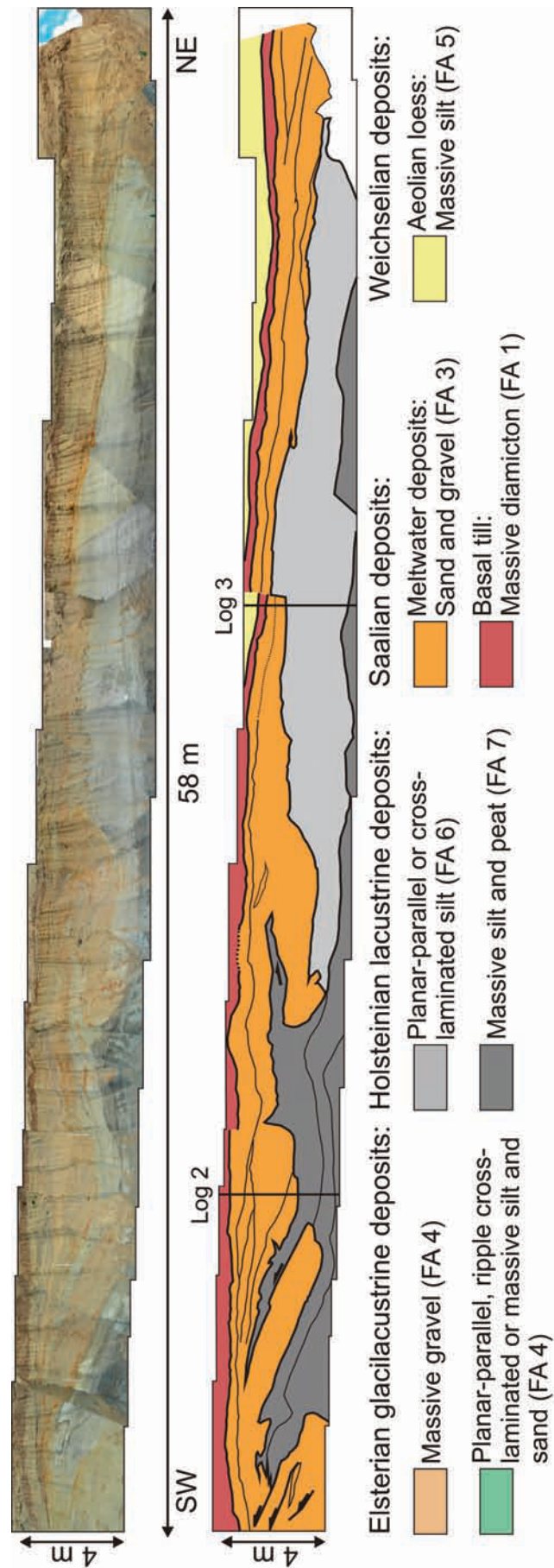


Fig. 9 Photo panel of the outcrop section of »excavation plateau 4«. Saalian meltwater deposits and basal till are overlying Holsteinian interglacial lacustrine deposits. The succession is strongly deformed by mud diapirs, protruding from the interglacial deposits. The photo panel covers the outcrop wall behind logs 2 and 3 (fig. 2b). – (May 2009; modified from Lang et al. 2012).

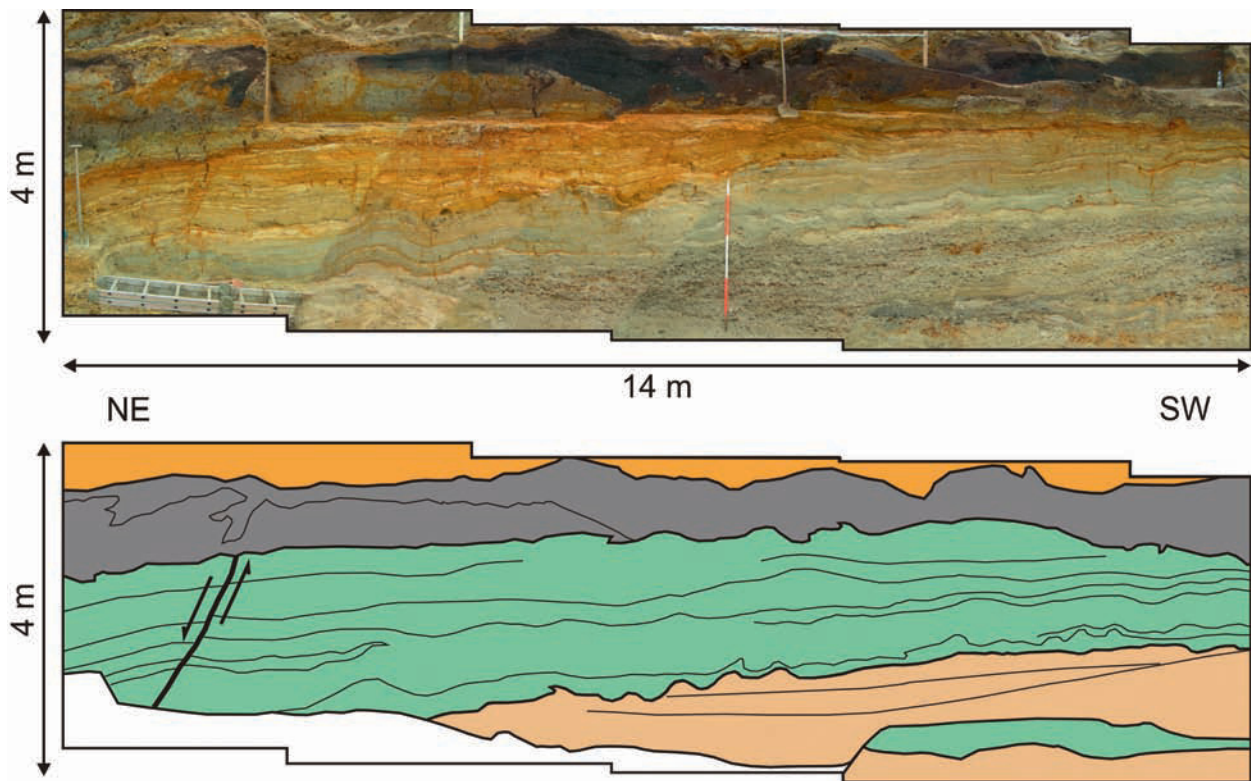


Fig. 10 Photo panel of the outcrop section at the excavation plateau (November 2009). Late Elsterian glacialacustrine gravel, sand and mud are overlain by interglacial mud and peat. For key see fig. 9. The photo panel is located immediately southwest of log 1 (fig. 2b). – (Photos J. Lang).

Massive, clast-supported gravel lenses or sheets are interpreted as cohesionless sediment gravity flow deposits, partly filling shallow low-sinuosity chutes running down the delta slope (e.g. Postma / Cruickshank 1988; Mulder / Alexander 2001).

The common occurrence of low-energy turbulent flows and suspension fall-out, sediment-gravity flows and ice-rafted debris points to deposition in a glacialacustrine environment (Winsemann et al. 2007).

Aeolian deposits

FA 5: Massive silt

FA 5 consists of yellow to brown, massive silt (F 13). Within the basal part of FA 5, thin layers of fine-grained, massive sand may be intercalated. In some horizons red-brown (iron-rich?) encrustations and roots occur. The thickness of FA 5 ranges from 3 to 5 m. FA 5 has a sheet-like geometry and drapes the pre-existing topography.

Interpretation

The thick, massive beds point to deposition from suspension fall-out. Roots and encrustations point to palaeosoil formation, indicating a terrestrial environment. FA 5 is interpreted as aeolian loess (Miller 1996; Wagner 2011).

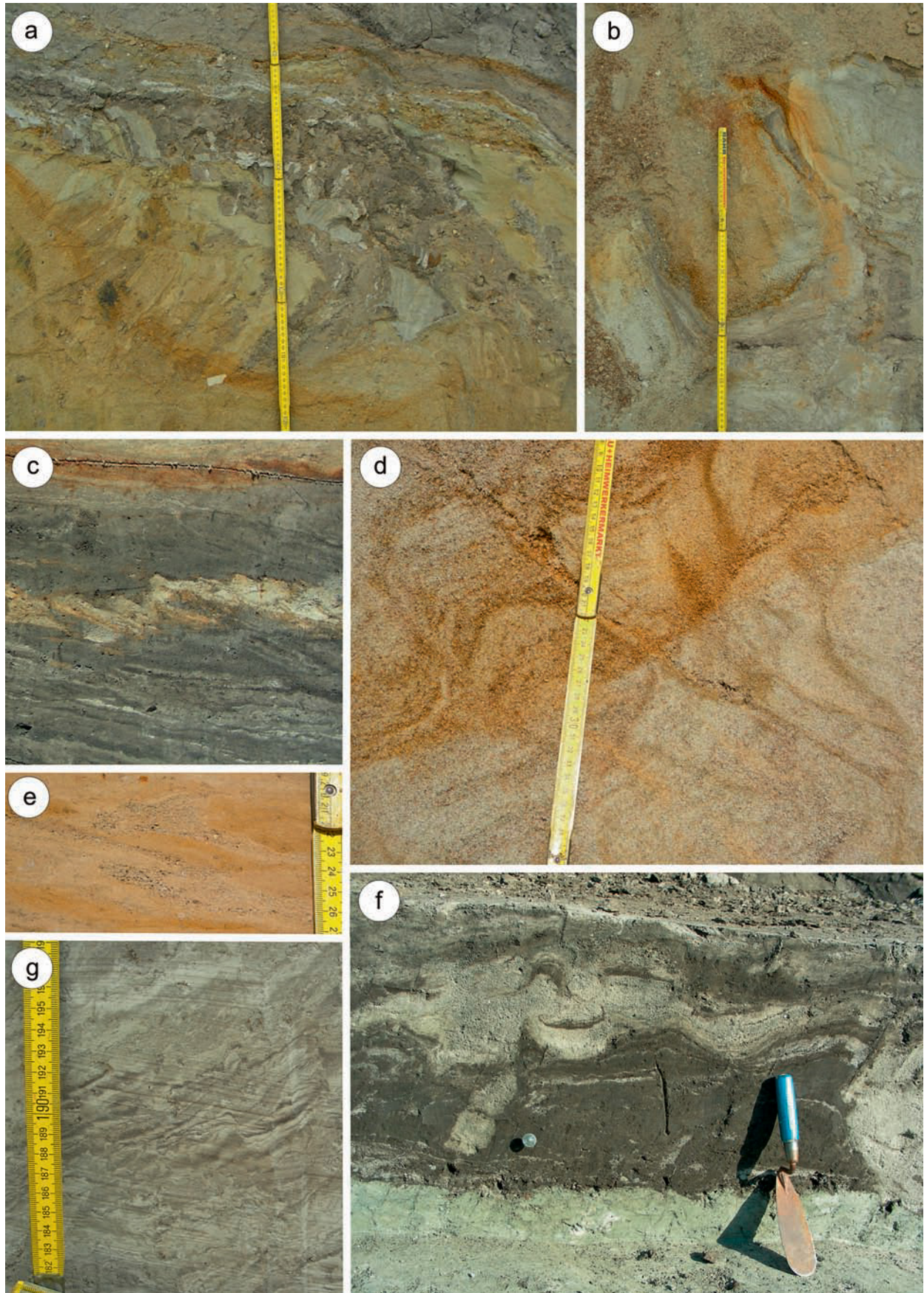


Fig. 11 Deformation structures: **a** reverse faults and folds associated with a diapir (FA 3 and 7). – **b** flame structures intruding into overlying sand and gravel (FA 3 and 7). – **c** sheared sand layer within peat and silt (FA 7), indicating subglacial deformation. – **d** reverse faults with associated fault-propagation folds (FA 3). – **e** sheared sand lenses within basal till (FA 1). – **f** load structures at the contact between sand and silt (FA 7). – **g** normal microfaults and folds within planar-parallel laminated silt (FA 6). – (Photos J. Lang).

Interglacial deposits

Lacustrine deposits

FA 6: Planar-parallel or cross-laminated silt and sand

FA 6 consists of light-grey silt and fine-grained sand with planar-parallel and ripple cross-lamination (F 10; **fig. 8d**). Beds are 5 to 40 cm thick and basal contacts are sharp or erosional and may display load-casts. Plant debris occurs rarely. The succession is deformed by normal faults and folds (**fig. 11g**). Normal faults usually have lengths between 5 to 10 cm and the fault offset is less than 5 cm. Fault planes are planar and dip steeply with 30° to 60° to the NW or SE. Folding affects 5 to 10 cm thick parts of the succession, most folds are developed as recumbent folds with a vergence towards the SE. The upper parts of faults and folds are commonly eroded.

The thickness of FA 6 is 0.5 to 3 m. Deposits of FA 6 have a lens-shaped geometry with erosional basal contacts and a lateral extent of 15 to 35 m, which is modified by diapirism and erosional truncation at the top (**fig. 9**).

Interpretation

Fine-grained, planar-parallel or ripple cross-laminated silt and sand indicate deposition from low-energy, turbulent flows, probably within a lake environment. The absence of peat and larger plant debris is attributed to cold climatic conditions (Urban 2007), leading to enhanced erosion and a higher clastic input. Folds and faults are interpreted as syndepositional slump folds and faults since only thin parts (single beds or parts of beds) of the succession are affected by folding or faulting and their upper parts are commonly eroded by the next flow.

The occurrence of both syndepositional slump folds and normal faults points to high sedimentation rates (McCarroll / Rijdsdijk 2003). Triggers for slump folding were probably failure of oversteepened slopes and liquefaction due to high rates of sedimentation (Mills 1983). Normal faults are related to extensional stress due to rapid sedimentation or oversteepening (Mills 1983). The vergence of normal faults and slump folds points to a south-eastwards directed palaeoslope. The palaeoflow measurements, obtained from cross-lamination, indicate currents from northwesterly directions.

FA 6 is interpreted as interglacial lacustrine deposit. The absence of plant material points to colder climatic conditions at the end of an interglacial.

FA 7: Organic-rich silt and peat

FA 7 consists of brown or black silt (F 11) and peat (F12; **fig. 8c**). Bed thickness is 5 to 40 cm, basal contacts are sharp or deformed by load casts or flame structures. Silt beds are mainly massive. Planar-parallel lamination and ripple cross-lamination are rare. Peat beds are planar-parallel laminated or massive. Bivalves and bivalve fragments (*Anodonta* sp., pers. com., J. Serangeli), plant and wood debris are common. Silt beds and some of the peat beds are carbonate-rich. Beds are gently (5-10°) dipping to the NNE and are strongly deformed by dewatering and load structures. Laterally beds pass downslope from massive peat-silt alternations into massive or laminated silt. At least four fining-upward successions can be observed, passing upwards from organic-rich massive or laminated silt into peat. These successions are separated by erosional surfaces, commonly marked by layers of granules. Deposits downlap onto the underlying deposits (FA 4) and prograde successively towards the northeast.

The thickness of FA 7 is 1 to 4 m (**figs 5-6**). FA 7 is infilling a lens-shaped depression with non-erosional basal contacts. The lateral extent is up to 70 m in northeast-southwest direction and decreases towards the north to 15 m (**fig. 9**).

Interpretation

The massive, fine-grained silt beds indicate deposition from suspension fall-out in a low-energy setting. Rare presence of planar-parallel or ripple cross-laminated beds indicate influence of low-energy turbulent tractional flows. These conditions are commonly met in lakes (Talbot / Allen 1996). The presence of peat and the high content of plant material within the silt indicate warm, interglacial climate conditions (Talbot / Allen 1996, Urban 2007). The occurrence of *Anodonta* sp. is an indicator for a lacustrine environment. The limited lateral extent and thickness of the lacustrine deposits points to deposition within a relatively small, shallow lake. The occurrence of some granule-rich layers and erosional surfaces is attributed to lake-level changes and the shift of the shoreline (Eyles / Eyles 1992; Talbot / Allen 1996). Repeated fining-upward cycles from organic-rich massive or laminated silt into silt and peat are interpreted as shallowing and deepening upwards successions, caused by lake-level fluctuations. The lateral development from SW to NE is interpreted as representing a succession from marginal to deeper lake bottom sediments. The observed shallowing-upward successions resemble those described by Thieme (2005) and Urban (2007) for Schöningen 13II, the site where the throwing spears were discovered.

DEPOSITIONAL MODEL

The Middle Pleistocene succession of Schöningen has been deposited within an Elsterian tunnel valley (Lang et al. 2012). The basal part of the Pleistocene succession comprises meltwater deposits (FA 2) and a basal till (FA 1) of probably Elsterian age (Urban et al. 1988). Elsterian meltwater deposits unconformably overly Palaeogene deposits. The till is up to 10 m thick and pinches-out towards the northeast. The till is unconformably overlain by glacial-lacustrine gravel, sand and silt. The determined clast composition of meltwater gravel is very similar to the data presented by Tschee (1991) and Elsner (2003) for samples of Elsterian deposits.

The interglacial peat and silt succession (FA 7) was probably deposited during the Holsteinian (MIS 9; Urban et al. 2011). The sedimentary facies points to a shallow lake environment, where organic-rich deposits accumulated within the lake and at the lake margins. Massive silt was deposited by suspension fall-out. Low-energy turbulent flows deposited silt and fine-grained sand during higher water run-off. At the margins of the lake swamps formed and accumulated plant debris. Rising lake-levels caused the preservation of the plant debris, which was subsequently covered by sediment and altered to peat.

The four observed shallowing-upwards successions (figs 5-6) resemble those described from the site Schöningen 13II (Cycles I-IV, Thieme 2005). Based on a palynological interpretation, Urban (2007) related the formation of these cycles to changing climatic conditions. Therefore variations of precipitation might have led to lake-level fluctuations and the deposition of shallowing-upward cycles. The peat-rich interglacial deposits are overlain by planar-parallel and ripple cross-laminated silt beds with rare plant debris (FA 6), deposited by low-energy, sediment-laden turbulent flows entering the lake basin. FA 6 resembles the succession of »Cycle V« described by Thieme (2005). The deposition of this succession probably points to increasingly colder climate with less vegetation and higher rates of erosion, which is also recorded in the palynological data (Urban 2007).

During the Saalian Drenthe glaciation coarse-grained sand and gravel were deposited and parts of the interglacial sediments were eroded by these high-energy meltwater flows. Subsequently the meltwater deposits and interglacial deposits became deformed by the advancing glacier. Basal till was deposited on top of the meltwater deposits. The determined clast composition of meltwater gravel is very similar to the

data presented by Tschee (1991) for samples of Saalian deposits. A more comprehensive discussion of the Middle Pleistocene succession, integrating the outcrop data with shear wave seismic reflection and borehole data, is provided by Lang et al. (2012).

The Middle Pleistocene succession is overlain by thick loess deposits of probably Weichselian age (Mania 1995; Urban 1995; Wagner 2011).

DEFORMATION STRUCTURES

The sedimentary succession is strongly deformed, including folds, faults and load structures such as diapirs, flame structures and load casts. Deformation affects the whole succession except the loess at the top of the succession. Glacitectonic deformation in the study area was more intense during the Drenthe glaciation since deformation is much more common beneath and within Saalian deposits than in Elsterian deposits (cf. Elsner 1987).

Diapirs

Large-scale, irregular-shaped wedges intruding from the fine-grained interglacial into the overlying coarse-grained meltwater succession are interpreted as diapirs. Diapirs are the largest structures in the exposed section (**fig. 9**) and are up to 8 m in width and 4 m in height. The surrounding coarse-grained sediment displays strong deformation by reverse faults, folding and brecciation (**fig. 11a**). Reverse faults related to diapirs are dipping to the northeast. Diapirs commonly form as glacitectonic structures (e.g. Schack-Pedersen 2005), but may also occur in non-glaciated settings (e.g. Eissmann 1978; Aber / Ber 2007). The formation of diapirs either is caused by density inversion in unconsolidated sediment (Mills 1983; Aber / Ber 2007) or by freezing and thawing processes in periglacial settings (Eissmann 1978). Density inversion occurs when water-saturated silt or clay is buried beneath coarser-grained, denser sediment, leading to an upward displacement of the overburdened sediment (Mills 1983; Aber / Ber 2007). This process may be amplified by the additional load and increased pore pressure provided by an advancing glacier (McCarroll / Rijdsdijk 2003; Aber / Ber 2007). Thrust fault deformation in front of an advancing glacier may trigger the mobilization of liquefied mud (Schack-Pedersen 2005). In periglacial permafrost settings, freezing and thawing of interstitial water in unconsolidated sediment causes changes in volume and diapirism (Eissmann 1978). The sheared upper parts of the diapirs and the development of subparallel reverse faults is an indicator of ice-marginal deformation by ice-thrusting (Eissmann 1987; McCarroll / Rijdsdijk 2003). Sheared tops of diapirs and reverse faults dip to the northeast and are southwest vergent, in accordance with an ice advance from the northeast.

Flame structures

Small-scale flame-shaped wedges of sediment intruding into the overlying bed are interpreted as flame structures. Flame structures are usually 10 to 20 cm long and intrude into the overlying sediment (**fig. 11b**). The flame structures may be aligned vertically or subhorizontally. Flame structures are dewatering structures caused by loading (Mills 1983). Subhorizontally aligned flame structures are attributed to subglacial deformation (Aber / Ber 2007).

Load structures

Ball-shaped or irregularly shaped features protruding into the underlying bed (**fig. 11f**) are interpreted as load structures. Load structures are 10 cm to 1.2 m wide and are both recorded from the fine-grained succession and the contact between the basal silt unit and the overlying sand and gravel unit. Loading occurs if water-saturated mud is rapidly overlain by more dense sediment, which sags into the underlying bed (Mills 1983). In front of the advancing glacier additional load may be applied, enhancing the formation of load and dewatering structures (McCarroll / Rijdsdijk 2003).

Folds

Folding occurs in the interglacial and Saalian deposits. Folds are asymmetric and have wavelengths of 0.2 to 2 m. Some folds are developed as recumbent folds. Folds accompanying reverse faults are interpreted as fault-propagation folds (**fig. 11d**). The intrusion of diapirs also causes folding of the surrounding sediment.

Reverse faults

Reverse faulting occurs within the Elsterian and Saalian meltwater deposits (**fig. 11a. d**). The faults can be traced for up to 3 m. Fault offset is 10 to 50 cm. Fault planes are planar and dip steeply with 20 to 40° towards the northeast. The vergence of reverse faults is an indicator for the direction of ice advance (Aber / Ber 2007). Within the Drenthe meltwater deposits, reverse faults occur in association with diapirs. The southwest vergence of the reverse faults and diapirs indicates an ice advance from the northeast.

Ductile deformation structures

Ductile deformation includes recumbent folds, boudinage and deformed flame structures (**fig. 11b-c. e**). These structures are indicative for subglacial deformation (McCarroll / Rijdsdijk 2003).

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The studied outcrop section at Schöningen 12II DB exposes a Middle to Late Pleistocene succession, comprising Elsterian, Holsteinian, Saalian and Weichselian deposits.

During the Elsterian glaciation, meltwater deposits and basal till were deposited. These deposits were only preserved in the southwestern (lower) part of the basin and were subsequently overlain by fine-grained glacial lacustrine deposits. The reconstruction of the large-scale depositional architecture from borehole and shear wave seismic data reveals the presence of an Elsterian tunnel valley, providing the accommodation space for the Middle Pleistocene succession (Lang et al. 2012)

Deposition during the Holsteinian interglacial (MIS 9) took place within a small, shallow lake. The basal lake deposits consist of peat and silt alternations, which can be subdivided into four shallowing-upward succes-

sions. These shallowing-upward successions are interpreted as representing lake-level fluctuations caused by changes in precipitation and surface run-off, probably related to climatic variations. Mania (1995) interpreted this lake as fill of an abandoned fluvial channel. However, the absence of fluvial deposits and the large extent (15-70 m width; **figs 9-10**) of the succession point to deposition within an elongated lake basin. At the transition from interglacial to glacial climate plant growth ceased and planar-parallel or ripple cross-laminated silt was deposited from turbulent flows entering the lake. Palaeoflows were from north-westerly directions, suggesting that topography was similar to the recent topography. The seismic image of the Holsteinian succession reveals laterally and vertically stacked delta systems, which were deposited on the western margin of the interglacial lake. Repeated lake-level changes controlled the deltaic deposition and thus the formation and distribution of the archaeological sites (Lang et al. 2012).

During the Saalian Drenthe glaciation, the succession was unconformably overlain by coarse-grained meltwater deposits and basal till. Main palaeoflow directions were from the northeast. During the subsequent glacier advance the Holsteinian lacustrine and Drenthe meltwater successions were strongly deformed, including the formation of diapirs, reverse faults and folds. These deformation structures indicate an ice advance from the northeast, corresponding to the palaeoflow direction obtained from the meltwater deposits.

Regarding the interglacial succession the following conclusions can be drawn:

- The Middle Pleistocene interglacial deposits of Schöningen have been deposited in a small, elongate lake basin, which formed in a remnant Elsterian tunnel valley (Lang et al. 2012). There is no evidence for fluvial channels. The facies associations and stacking patterns suggest that this lake was affected by repeated lake-level fluctuations, leading to the deposition of climatically controlled shallowing-upward sequences.
- These interglacial shallowing-upwards successions at Schöningen 12II DB can probably be correlated with the interglacial succession at Schöningen 13II.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the owner of the Schöningen open-cast mine, E.ON-Kraftwerke GmbH, for the permission to work on their property. – We thank Wolfgang Berkemer, Neil Haycock, Klaus Köhler, Martin Kursch, Wolfgang Mertens and Jörg Neumann-Giesen for technical assistance and support in the field. Many

thanks are also due to Utz Böhner, Christian Brandes, Manfred Krautter, Jens Lehmann, Klaus-Dieter Meyer and Jordi Serangeli for discussion and Klaus-Dieter Meyer for determination of clast composition. The Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur is thanked for funding this study (Project No. 51420035).

REFERENCES

- Aber / Ber 2007: J. S. Aber / A. Ber, Glaciotectonism. *Developments in Quaternary Science* 6, 2007, 1-246.
- Allen 1984: J. R. L. Allen, Sedimentary structures: their character and physical basis. *Developments in Sedimentology* 30, 1984, 1-663.
- Behrend 1927: F. Behrend, Erläuterungen zur geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern 1:25 000, Blatt Schöningen. Preußische geologische Landesanstalt (Berlin 1927).
- Brandes et al. 2012: C. Brandes / L. Pollok / C. Schmidt / V. Wilde / J. Winsemann, Basin modelling of a lignite-bearing salt rim syncline: insights into rim syncline evolution and salt diapirism in NW Germany. *Basin Research* 24, 2012, 1-18.
- Busschers et al. 2008: F. S. Busschers / R. T. Van Balen / K. M. Cohen / C. Kasse / H. J. T. Weerts / J. Wallinga / F. P. M. Bunnik, Response of the Rhine-Meuse fluvial system to Saalian ice-sheet dynamics. *Boreas* 37, 2008, 329-468.
- Collinson et al. 2006: J. Collinson / N. Mountney / D. Thompson, *Sedimentary Structures* (Harpden 2006).
- Ehlers et al. 2004: J. Ehlers / L. Eissmann / L. Lippstreu / H.-J. Stephan / S. Wansa, Pleistocene glaciations of North Germany. In: J. Ehlers, P. Gibbard (eds). *Quaternary Glaciations. Extent and Chronology Part I, Europe* (Amsterdam 2004) 135-146.
- Eissmann 1978: L. Eissmann, Mollisoldiapirismus. *Zeitschrift für Angewandte Geologie* 24, 1978, 130-138.

- 1987: L. Eissmann, Lagerungsstörungen im Lockergebirge: Endogene und exogene Tektonik im Lockergebirge des nördlichen Mitteleuropas. *Geophysik und Geologie* 3, 1987, 7-78.
- Elsner 1987: H. Elsner, Das Quartär im Tagebau Schöningen der Braunschweigischen Kohlenbergwerke AG, Helmstedt [unpubl. diploma thesis Univ. Hannover 1987].
- 2003: H. Elsner, Verbreitung und Ausbildung Elster-zeitlicher Ablagerungen zwischen Elm und Flechtinger Höhenzug. *Eiszeitalter und Gegenwart* 52, 2003, 91-116.
- Evans et al. 2006: D. J. A. Evans / E. R. Philipps / J. F. Hiemstra / C. A. Auton, Suglacial till: Formation, sedimentary characteristics and classification. *Earth Science Reviews* 78, 2006, 115-176.
- Eyles / Eyles, 1992: N. Eyles / C. H. Eyles, Glacial Depositional Systems. In: R. G. Walker / N. P. James (eds), *Facies Models: Response to Sea Level Change* (Toronto 1992) 73-100.
- Hartmann 1988: T. Hartmann, Elster- bis Saale-zeitliche Sedimente im Tagebau Schöningen der Braunschweigischen Kohlen-Bergwerke AG, Helmstedt [unpubl. diploma thesis Univ. Hannover 1988].
- Lambeck et al. 2006: K. Lambeck / A. Purcell / S. Funder / K. H. Kjaer / E. Larsen / P. Möller, Constraints on the Late Saalian to early Middle Weichselian ice sheet of Eurasia from the field data and rebound modelling. *Boreas* 35, 2006, 539-575.
- Lang et al. 2012: J. Lang / J. Winsemann / D. Steinmetz / U. Polom / L. Pollok / U. Böhner / J. Serangeli / C. Brandes / A. Hampe I / S. Winghart, The Pleistocene of Schöningen, Germany: a complex tunnel valley fill revealed from 3D subsurface modelling and shear wave seismics. *Quaternary Science Reviews* 39, 2012, 86-105.
- Litt et al. 2007: T. Litt / K.-E. Behre / K.-D. Meyer / H.-J. Stephan / S. Wansa, Stratigraphische Begriffe für das Quartär des nord-deutschen Vereisungsgebietes. *Eiszeitalter und Gegenwart* 56, 2007, 7-65.
- Lønne / Nemeč 2004: I. Lønne / W. Nemeč, High-arctic fan delta recording deglaciation and environment disequilibrium. *Sedimentology* 51, 2004, 553-589.
- Mania 1995: D. Mania, Die geologischen Verhältnisse im Gebiet von Schöningen. In: H. Thieme / R. Maier (eds), *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen* (Hannover 1995) 33-43.
- Mania 2006: D. Mania, Stratigraphie, Klima- und Umweltentwicklung der letzten 400 000 Jahre im Saalegebiet und Harzvorland (Forschungsstand 2006). *Hercynia N.F.* 39, 2006, 155-194.
- McCarroll / Rijdsdijk 2003: D. McCarroll / K. F. Rijdsdijk, Deformation styles as a key for interpreting glacial depositional environments. *Journal of Quaternary Science* 18, 2003, 473-489.
- Meyer et al. 1995: K. D. Meyer / C. Hinze / H. C. Höfle / H. Jordan / H. Mengeling / P. Rohde / H. Streif, Quartärgeologische Übersichtskarte von Niedersachsen und Bremen, 1:500 000 (Hannover 1995).
- Miall 1977: A. D. Miall, A Review of the Braided-River Depositional Environment. *Earth-Science Reviews* 13, 1977, 1-62.
- 1996: A. D. Miall, *The Geology of Fluvial Deposits* (Berlin 1996).
- Miller 1996: J. M. G. Miller, Glacial sediments. In: H. G. Reading (ed.), *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy* (Oxford 1996) 454-484.
- Mills 1983: P.C. Mills, Genesis and diagnostic value of soft-sediment deformation structures – a review. *Sedimentary Geology* 35, 1983, 83-104.
- Mulder / Alexander 2001: T. Mulder / J. Alexander, The physical character of subaqueous sedimentary density flows and their deposits. *Sedimentology* 48, 2001, 269-299.
- Nemeč 1990: W. Nemeč, Aspects of sediment movement on steep delta slopes. In: A. Colella / B. D. Prior (eds), *Coarse-Grained Deltas* (Amsterdam 1990) 29-73.
- Postma / Cruickshank 1988: G. Postma / C. Cruickshank, Sedimentology of a late Weichselian to Holocene terraced fan delta, Varangerfjord, northern Norway. In: W. Nemeč / R. J. Steel (eds), *Fan Deltas: Sedimentology and Tectonic Settings* (London 1988) 144-157.
- Schack-Pedersen 2005: S.A. Schack-Pedersen, Structural analysis of the Rubjerg Knude Glaciotectonic Complex, northern Denmark (Copenhagen 2005).
- Talbot / Allen 1996: M. R. Talbot / P. A. Allen, Lakes. In: H. G. Reading (ed.), *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy* (Oxford 1996) 83-124.
- Thieme 1997: H. Thieme, Lower Paleolithic hunting spears from Germany. *Nature* 385, 1997, 807-810.
- 2005: H. Thieme, Schöningen 13II, Referenzprofil (Hannover 2005).
- Tschiee 1991: W. Tschiee, Die pleistozäne Schichtfolge im Tagebau Schöningen, Baufeld Esbeck der Braunschweigischen Kohlen-Bergwerke AG [unpubl. diploma thesis Univ. Hannover 1991].
- Urban 1995: B. Urban, Palynological evidence of younger Middle Pleistocene Interglacials (Holsteinian, Reinsdorf, Schöningen) in the Schöningen open cast lignite mine (eastern Lower Saxony, Germany). *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 52, 1995, 175-186.
- 2007: B. Urban, Interglacial Pollen Records from Schöningen, North Germany. In: F. Sirocco / M. Claussen / M. F. S. Sánchez-Goni / T. Litt (eds), *The Climate of Past Interglacials. Developments in Quaternary Science* 7, 2007, 417-444.
- Urban et al. 1988: B. Urban / H. Thieme / H. Elsner, Biostratigraphische, quartärgeologische und urgeschichtliche Befunde aus dem Tagebau „Schöningen“, Lkr. Helmstedt. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 139, 1988, 123-154.
- 1991: B. Urban / R. Lenhard / D. Mania / B. Albrecht, Mittelpleistozän im Tagebau Schöningen, Lkr. Helmstedt. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 142, 1991, 351-372.
- 2011: B. Urban / M. Sierralta / M. Frechen, New evidence for vegetation development and timing of Upper Middle Pleistocene interglacials in Northern Germany and tentative correlations. *Quaternary International* 241, 2011, 125-142.
- Wagner 2011: B. Wagner, Spatial analysis of loess and loess-like sediments in the Weser-Aller catchment (Lower Saxony and Northern Hesse, NW Germany). *Eiszeitalter und Gegenwart/ Quaternary Science Journal* 60, 2011, 27-46.
- Winsemann et al. 2007: J. Winsemann / U. Aspöck / T. Meyer / C. Schramm, Facies characteristics of Middle Pleistocene (Saalian) ice-margin subaqueous fan and delta deposits, glacial Lake Leine, NW Germany. *Sedimentary Geology* 193, 2007, 105-129.

ZUSAMMENFASSUNG / ABSTRACT

Der Aufschluss 12II DB im Tagebau Schöningen: Sedimentäre Fazies und Faziesarchitektur

In diesem Artikel dokumentieren wir die stratigraphische Entwicklung und interne Faziesarchitektur der mittel- bis spätpleistozänen Abfolge im Bereich des DB-Pfeilers (Schöningen 12II DB) im Tagebau Schöningen. Wir schlagen ein neues Ablagerungsmodell vor, das eine Analyse der sedimentären Fazies, der Ablagerungsprozesse und der Faziesarchitektur umfasst. Während der Elstervereisung wurden Schmelzwasserablagerungen und Grundmoräne in einer subglazialen Rinne (»tunnel valley«) abgelagert. Holsteinzeitliche Ablagerungen wurden in einem kleinen, flachen See abgelagert, der sich in den Resten der subglazialen Rinne bildete. Die basalen Ablagerungen dieses Sees bestehen aus einer Schluff-Torf-Wechselfolge, die in vier Verlandungsfolgen unterteilt werden kann. Diese Abfolgen werden als Überlieferung von Seespiegelschwankungen interpretiert, die vermutlich klimatisch gesteuert durch Schwankungen der Niederschlagsmenge und des Oberflächenabflusses verursacht wurden. Am Übergang vom Interglazial zum Glazial ging die Vegetation zurück und turbulente Strömungen transportierten Schluff und Feinsand in den See. Die Strömungen kamen von Nordwesten, was eine Paläotopographie ähnlich der heutigen Topographie vermuten lässt. Während der saalezeitlichen Drenthevereisung wurde die Abfolge diskordant durch grobkörnige Schmelzwasserablagerungen und Grundmoräne überlagert. Die generelle Paläoströmungsrichtung war aus Nordosten. Während des anschließenden Eisvorstoßes wurden die holstein- und saalezeitlichen Ablagerungen stark deformiert und es kam zur Bildung von Diapiren, Aufschiebungen und Falten. Die Deformationsstrukturen weisen auf einen Eisvorstoß von Nordosten hin, was zu der ermittelten Paläoströmungsrichtung passt. Die mittelpleistozänen Ablagerungen sind mit vermutlich weichselzeitlichem Löss bedeckt.

The 12II DB outcrop section at Schöningen: sedimentary facies and depositional architecture

In this paper we document the stratigraphic evolution and internal facies architecture of the Middle to Upper Pleistocene sedimentary succession, exposed at Schöningen 12II DB in the Schöningen open-cast mine. A new depositional model including sedimentary facies, depositional processes and depositional architecture is proposed. During the Elsterian glaciation a tunnel valley was incised beneath the ice sheet and meltwater deposits and basal till were deposited. Deposition during the Holsteinian interglacial (MIS 9) took place within a small shallow lake, which formed within the remnant tunnel valley. The basal lake deposits consist of peat and silt alternations, which can be subdivided into four shallowing-upward successions. These successions are interpreted as representing lake-level fluctuations caused by changes in precipitation and surface run-off, probably related to climatic variations. At the transition from interglacial to glacial climate plant growth ceased and silt and fine-grained sand were deposited from turbulent flows entering the lake. Palaeoflows were from northwesterly directions, suggesting that topography was similar to the recent topography. During the Late Saalian Drenthe glaciation, the succession was unconformably overlain by coarse-grained meltwater deposits and a basal till. Main palaeoflow directions were from the northeast. During the subsequent glacier advance the Holsteinian and Saalian successions were strongly deformed, including the formation of diapirs, reverse faults and folds. These deformation structures indicate an ice advance from the northeast, corresponding with the palaeoflow direction obtained from the meltwater deposits. The Middle Pleistocene deposits are covered by loess of probably Weichselian age.

STRATIGRAPHIE DES SAALE-KOMPLEXES IN NIEDERSACHSEN UND DIE SCHÖNINGER PROFILE

Von Juni bis Dezember 2009 wurden die archäologischen Ausgrabungen am »Bahnfeiler«, dem Restsockel zwischen Nord- und Südfeld des Tagebaus Schöningen, geologisch begleitet; die Kartierung der Profile oblag Herrn Dipl.-Geow. Jörg Lang. Gegenüber der mehrfach publizierten (zuletzt Thieme 2007) stratigraphischen Einstufung der quartären Schichtenfolge ergab sich ein abweichendes Bild, vor allem die »Reinsdorf«-Warmzeit und damit die Position der Speere betreffend. Dieses Bild gründete auch auf vier Diplomarbeiten (Elsner 1987; Hartmann 1988; Lenhard 1989; Tschee 1991) vom Institut für Geologie der Leibniz Universität Hannover unter der Betreuung Hans-Peter Groetzner's und des Verfassers, der auch Leitgeschiebeanalysen zur Einstufung der glaziären Sedimente vornahm. Teilergebnisse dieser Arbeiten finden sich bei Urban / Thieme / Esner 1988 und Urban u. a. 1991. Hier soll auf die Schichtenfolge nur soweit eingegangen werden, wie es für die Frage nach dem Alter der Schöninger Speere erforderlich ist.

DIE AUFSCHLÜSSE IM TAGEBAU SCHÖNINGEN, NORDFELD

In der zweiten Hälfte der 1980er Jahre wurden auf Anregung von Hartmut Thieme die Baggerschnitte im Nordfeld des Tagebaus Schöningen (auch als Baufeld Esbeck bezeichnet) im Rahmen der vier genannten Diplomarbeiten geologisch kartiert. Dazu wurden genaue Einzelprofile aufgenommen, die bis zu kilometerlangen Schnitten kombiniert wurden. Von den insgesamt 30 Schnitten sind die wichtigsten auf **Abbildung 1** dargestellt. Außerdem wurden umfangreiche Kiesanalysen zur genetisch-stratigraphischen Datierung vorgenommen.

Bereits die erste Arbeit (Elsner 1987) erfasste die wesentlichen Einheiten des Quartärs: eine mächtige elsterzeitliche Grundmoräne sowie eine geringmächtige saalezeitliche (Haupt-Drenthe) Deckmoräne, beide durch jeweils überlagernde Holstein- bzw. Eem-zeitliche Sedimente datiert. Das Hauptprofil (I-I' in **Abb. 1**) ist in vereinfachter Form samt pollenanalytischen und urgeschichtlichen Befunden bei Urban / Thieme / Elsner 1988 publiziert.

Die zweite Arbeit (Hartmann 1988) bestätigte im Wesentlichen das Bild. Das Hauptprofil (A1-A2 in **Abb. 1**) schneidet diagonal auf gut 600 m Länge das schon bekannte Holstein-Interglazial; **Abbildung 2** zeigt einen Ausschnitt, worin P13 das von Urban u. a. 1991 publizierte Pollen-Profil markiert. Im Hangenden des Holsteins aufgeschlossene Sedimente (**Abb. 3**) erwiesen sich nicht, wie ursprünglich vermutet, als Dömnitzzeitlich, sondern wurden als interstadiale Ablagerungen (»Missau«) innerhalb der Fuhne-Kaltzeit gedeutet. Fuhne-kaltzeitliche Schotter, kryogen in Holstein-Mudde eingetieft, zeigt **Abbildung 4**.

Die dritte Arbeit (Lenhard 1989) schien zuerst die bisherige Abfolge zu bestätigen, zumal das Hauptprofil (A-A' in **Abb. 1**) sich dem Profil Hartmanns bis auf 40 m nähert. Überraschenderweise ergab die Pollenanalyse (Urban u. a. 1991) nicht das erwartete Holstein, sondern ein der Dömnitz-Warmzeit ähnelndes Profil, von Brigitte Urban als »Schöningen«-Warmzeit bezeichnet. Dieses jüngere Interglazial müsste also das Holstein überlagern oder zumindest deutlich überlappen, was im Tagebau an keiner Stelle dokumentiert werden konnte. Verbindet man die Schnitte von Harald Elsner, Thomas Hartmann und Ralf Lenhard zu

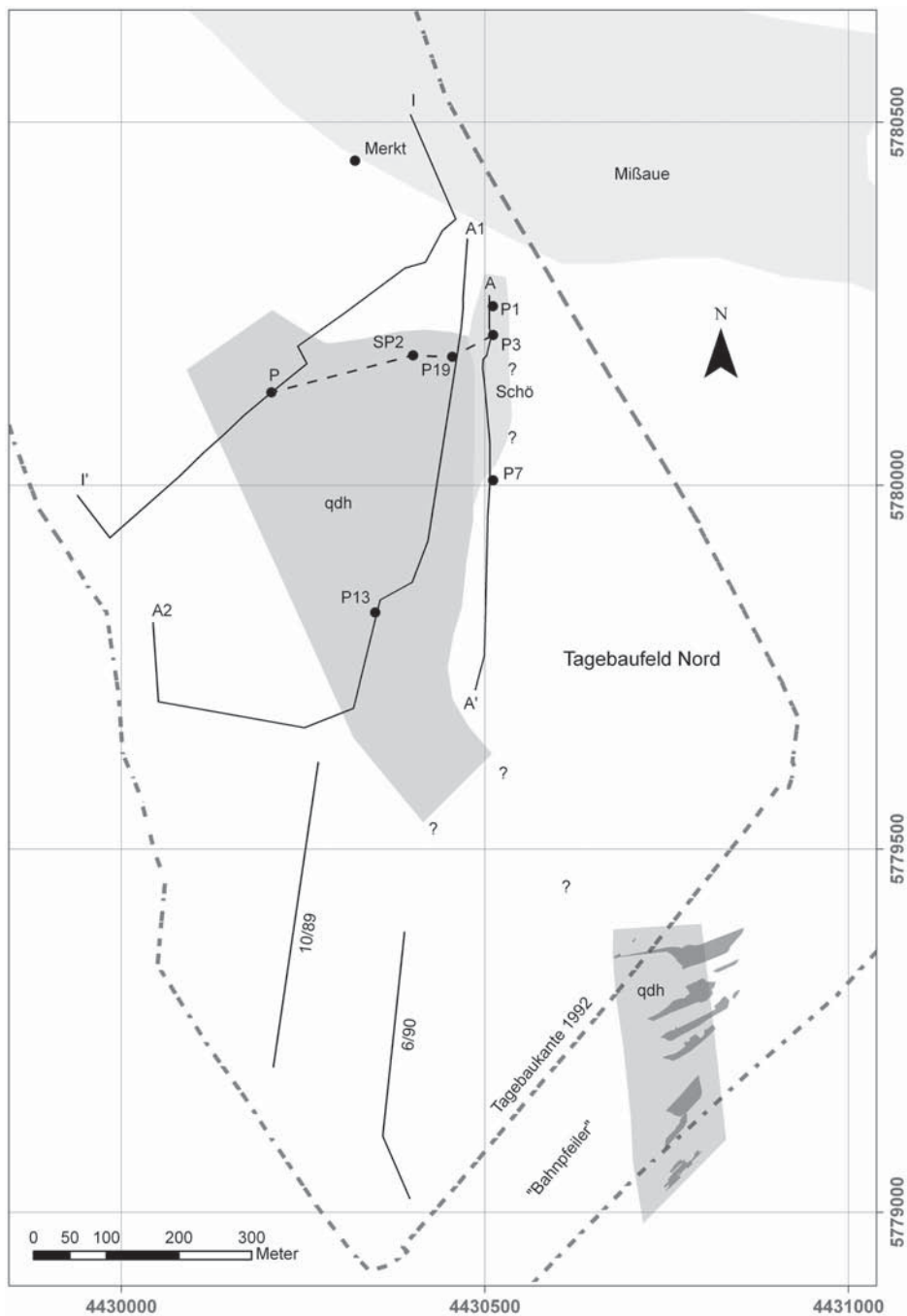


Abb. 1 Lageplan der wichtigsten Schnitte im Tagebau Schöningen, Nordfeld, und ungefähre Verbreitung des Holstein-Interglazials (qdh) und des »Schöningen« (Schö). – I-I' = Elsner 1987; A₁-A₂ = Hartmann 1988; A-A' = Lenhard 1989; 10/89 und 6/90 = Tschee 1991. – P = Profile mit Pollenanalyse. – (Graphik K.-D. Meyer / U. Böhner).

einem Querprofil (**Abb. 5**), so zeigt sich, dass die organogenen Ablagerungen bei prinzipiell ähnlicher Ausbildung in etwa gleicher Höhe liegen, ein unterschiedliches Alter nicht plausibel, eine eigenständige »Schöningen« Warmzeit somit fraglich ist.

Die letzte der vier Arbeiten (Tschee 1991) enthält 12 Schnitte im Südteil des Nordfeldes. Davon sind die Nr. 10/89 und 6/90 in **Abbildung 1** übernommen. In einem weiteren Schnitt (82/90) in der Nähe unweit des Lenhard'schen Profils wurde das »Schöningen« gefunden; da weder ein Pollenprofil noch Detailbeschreibungen vorliegen, braucht darauf nicht eingegangen werden. Bemerkenswert ist der bislang einzige Nachweis einer älteren Elster-Grundmoräne.

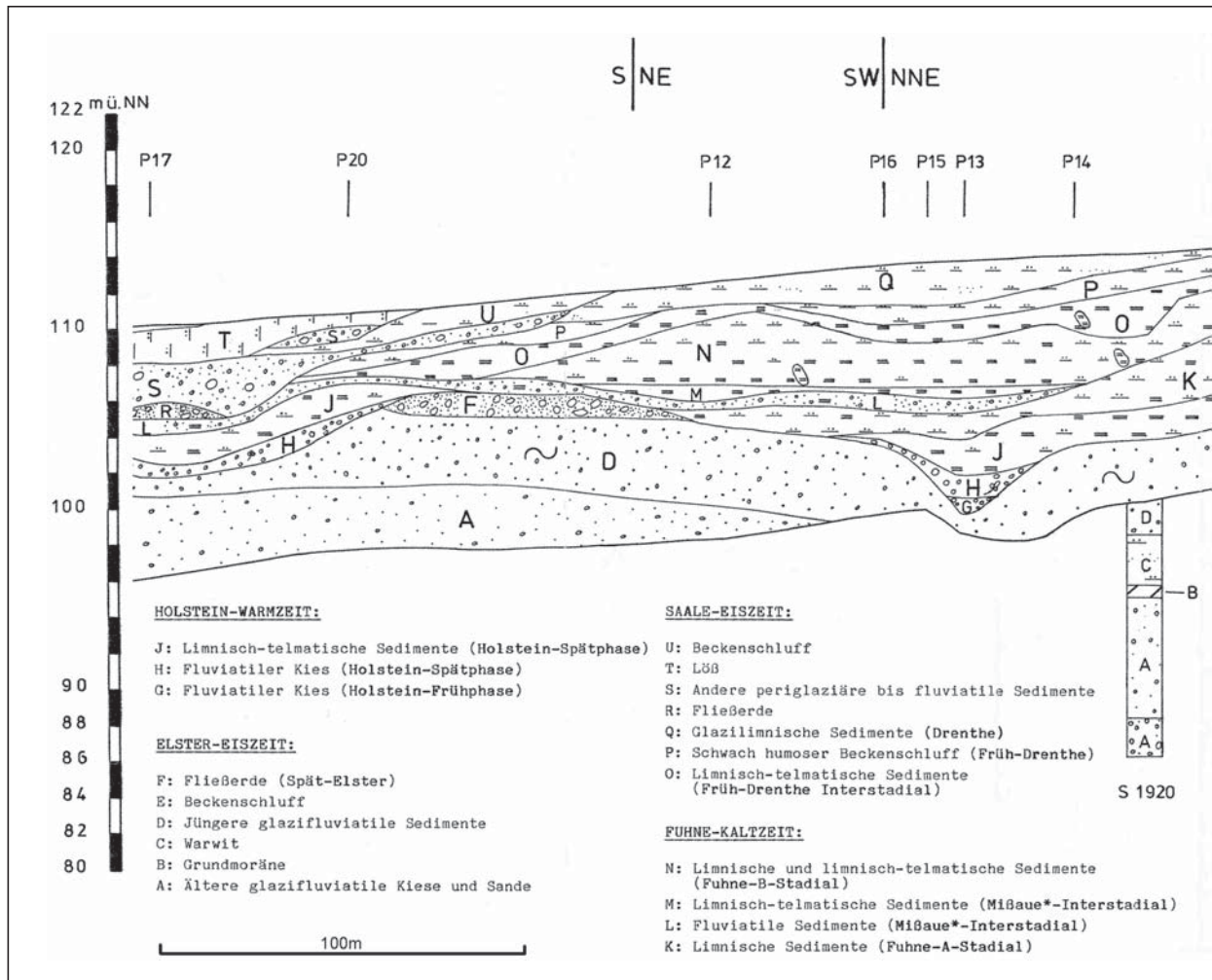


Abb. 2 Ausschnitt aus Hauptwandprofil A₁-A₂ (Hartmann 1988), P 13 Pollenprofil (Urban u. a. 1991).



Abb. 3 Tagebau Schöningen, Ostwand Nordfeld am 3. 9. 1987. – H. P. Groetzner auf Holstein-Mudde stehend, darüber kalkreiche Schotter der Fuhne-Kaltzeit, überlagert von limnisch-telmatischen Bildungen des »Mißaue-Interstadials«. – (Foto K.-D. Meyer).



Abb. 4 Tagebau Schöninge, Ostwand Nordfeld am 3. 9. 1987. – Fuhne-Schotter kryoturbat auf Holstein-Mudde. – (Foto K.-D. Meyer).

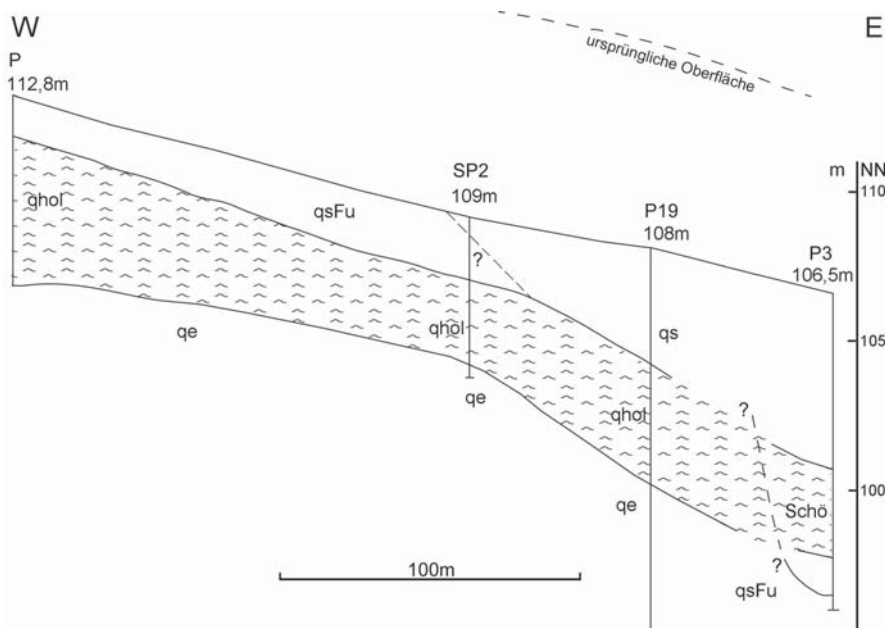


Abb. 5 Vereinfachtes Querprofil durch die Holstein-Interglazial-Vorkommen der Schnitte Elsner (P), Hartmann (SP 2 und P 19) sowie »Schöninge« Lenhard (P 3). Zwischen P 19 und P 3 müsste eine Diskordanz liegen. – Lage des Profils vgl. Abb. 1. – qe = Elster; qhol = Holstein; qsFu = Fuhne; Schö = »Schöninge«; qs = Saale. – (Graphik K.-D. Meyer).

Nach Abschluss der letzten Diplomarbeit war Verf. an der geologischen Untersuchung nicht mehr beteiligt. Erst ab Juni 2009 wurden die regelmäßigen Befahrungen auf Anregung von Karl-Ernst Behre wieder aufgenommen. Der Hauptgrund war, die geologische Position der Fundschicht der berühmten Speere im Südfeld zu prüfen, nachdem die palynologische Neubewertung durch Litt / Behre (in Litt u. a. 2007) statt des postulierten »Reinsdorf« ein holsteinzeitliches Alter wahrscheinlich gemacht hatte. Auch hatten archäologische (Jöris / Baales 2003) und geologische Gesichtspunkte (Meyer 2005) Zweifel am absoluten Alter der Speere aufkommen lassen. Inzwischen war das Südfeld ausgekohlt und das bis dahin stehen gebliebene bis 300 m breite und ca. 1 km lange Zwischenstück, von Landesstrasse und Bundesbahn genutzt, der sog. »Bahn-pfeiler«, war im Abbau.

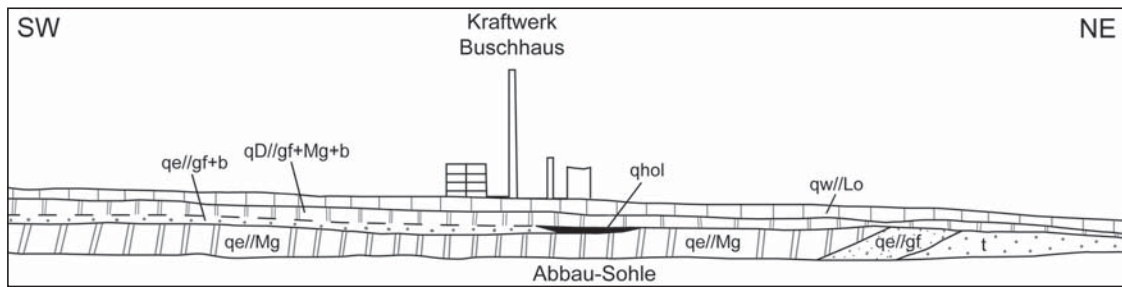


Abb. 6 Nordwest-Tagebau Schöningen, Südfeld (Bahn Pfeiler) nach einem Foto vom 17. 6. 2009. – Über Tertiär (t) Elster-Vorschüttsand mit Kies (qe//gf), ostwärts auskeilender Elster-Geschiebemergel (qe//Mg), darüber Elster-Nachschüttsand mit Beckenschluff (qe//gf + b), darin muldenförmig limnisch-telmatisches Holstein (qhol), diskordant darüber Drenthe-Vorschüttsand, Geschiebemergel und Beckenschluff (qD//gf + Mg + b), zuoberst Weichsel-Löß (qw/Lo). – Länge ca. 1 km, Höhe der Abbauwand ca. 30 m. – (Graphik K.-D. Meyer).

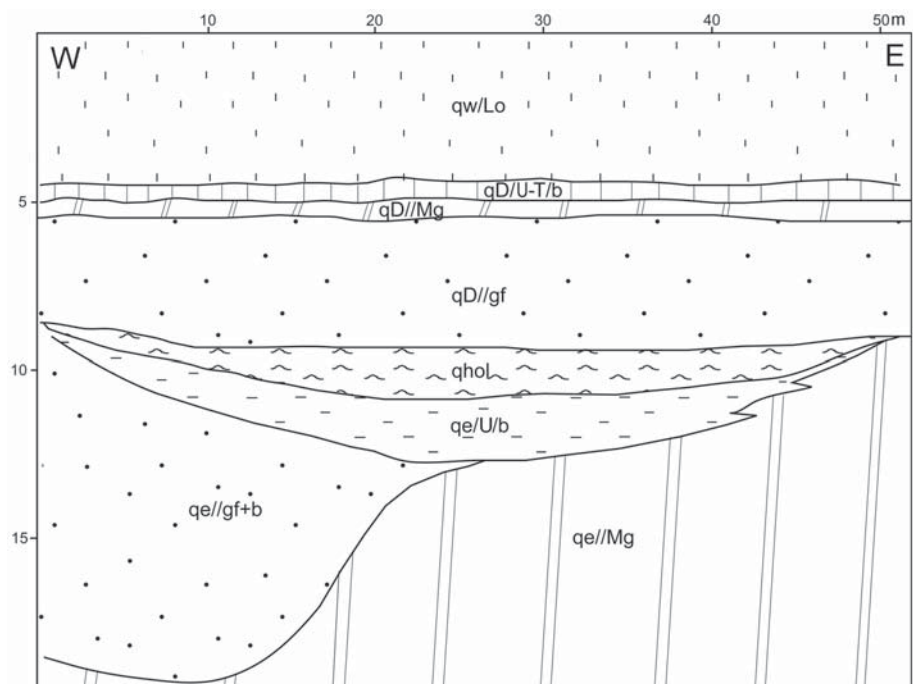


Abb. 7 Vereinfachtes Profil an Südwand Bahn Pfeiler am 29. 9. 2009. Legende wie Abb. 4. – (Graphik K.-D. Meyer).

DIE AUFSCHLÜSSE AM BAHNPFEILER

Im Jahre 2009 war die Südwand des Bahn Pfeilers prachtvoll aufgeschlossen, der stetig voranschreitende Bagger legte mit jedem neuen Schnitt etwas veränderte Profile frei, die kontinuierlich verfolgt wurden. Die nach einem Foto vom Forschungspfeiler aus ca. 1 km Entfernung angefertigte Übersichtsskizze (**Abb. 6**) zeigt vereinfacht den Aufbau. Wie im größten Teil des Tagebaus beginnt die quartäre Schichtenfolge über dem Tertiär (Eozän) mit elsterzeitlichem Vorschüttsand samt Kieslagen, gefolgt von 10 m mächtigem Geschiebemergel, der seinerseits von Nachschüttsedimenten (Sand mit Kies und Beckenschluff) überlagert wird. In die Elstermoräne bzw. die Nachschüttsande flach eingemuldet liegen die interglazialen limnisch-telmatischen Schichten, im Sommer 2009 in gut 2 m Mächtigkeit auf etwa 100 m Ausstrichsbreite. Diskordant übergreifen Saale-kaltzeitliche (Drenthe-Stadium) Vorschüttsande und Kiese, geringmächtiger Geschiebemergel und Beckenschluff. Den Abschluss bildet bis 5 m mächtiger Weichsel-Löß.



Abb. 8 Tagebau Schöningen, Südwand Bahnpfeiler am 11. 11. 2009. Eingemuldeter Elster-Geschiebemergel (qe//Mg) mit Scherfugen und Sandlagen, darüber konkordant 15° ostfallend Elster-Nachschüttsand, kiesig (qe/S, g/gf) mit Beckenschlufflagen, darüber Elster-Beckenschluff (qe/U/b), gut geschichtet, gleichsinnig einfallend. – (Foto K.-D. Meyer).

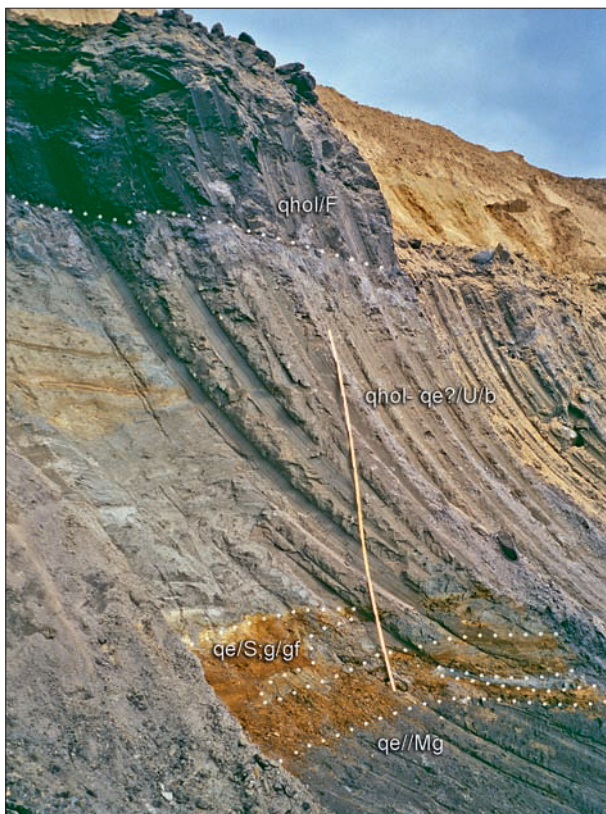


Abb. 9 Tagebau Schöningen, Südwand Bahnpfeiler am 23. 9. 2009. – Limnisch-telmatisches Holstein (qhol/F) und Beckenschluff (//b) über rostfarbenem elsterzeitlichen kiesigen Nachschüttsand (qe//gf) und Elster-Geschiebemergel (qe//Mg). – (Foto K.-D. Meyer).

Die Oberfläche des Elster-Geschiebemergels ist relativ eben, lokal aber greifen kolkartig auf wenige 10er Meter Breite und einige Meter Tiefe mit Nachschüttsedimenten gefüllte Taschen in die Moräne (Abb. 7). Es gab aber auch primäre, d. h. ausweislich von Scherfugen und Sand-Bändern schon bei der Ablagerung der Moräne entstandene Einmuldungen, konkordant von Nachschütt-Kiessand mit Schluffbändern und gut geschichtetem Beckenschluff gefüllt (Abb. 8). Solche Beckenschluffe leiten zu limnisch-telmatischen Ablagerungen der bisher als »Reinsdorf« bezeichneten Warmzeit über, ohne dass größere Erosionslücken erkennbar sind (Abb. 9). Es kann sich daher nur um das der Elster-Kaltzeit folgende Interglazial handeln, d. h. das Holstein. Da das Interglazialvorkommen am Bahnpfeiler sich nach Südwesten durch das ausgekohlte Südfeld bis zum Fundplatz der Speere (= Schöningen 13 II) in gleichartiger Ausbildung fortsetzte, gilt diese Schlussfolgerung auch für diese Lokation und damit die Position der Speere. Es wäre seltsam, wenn aus der elsterzeitlichen Niedertaulandschaft verbliebene Hohlformen die Holstein-Warmzeit samt der nachfolgenden Kaltzeit ohne Sedimentation bis zu einer 100 000 Jahre jüngeren Warmzeit überdauert hät-

Abb. 10 Tagebau Schöningen, Nordfeld Südwand (= Nordwand Bahnpfleiler) am 23. 9. 2009. – Mit ca. 10° Ost einfallendes Tertiär (Eozän): weißer Sand, Kohle, braune Sande mit humosem Schluff. Die ganze Schichtenfolge zeigt unter dem Holstein-Interglazial (rechts vom Bagger) keinerlei Einmuldung. – (Foto K.-D. Meyer).



ten. Jüngeres Alter der Hohlformen, z. B. durch fluviatile Erosion, scheidet ebenso aus wie eine Anlage durch Salzabwanderung, wie sie Dietrich Mania (zuletzt in: Thieme 2007) annimmt, da letzterer Prozess schon im Jungtertiär abgeschlossen war. Außerdem wird der Zechstein im Bereich der Helmstedter Westmulde durch gut 1000 m mächtige triadische Schichten überlagert, durch welche sich Absenkungen nicht in dieser Weise hätten durchpausen können. Auch zeigen weder die elsterzeitlichen noch die sehr klar aufgeschlossenen tertiären Schichten in den betreffenden Bereichen irgendwelche Durchbiegung (**Abb. 10**).

Das aus Lagerungsgründen gefolgerte holsteinische Alter des »Reinsdorf« wird durch mehrere Pollenanalysen von B. Urban an Profilen von Elsner (1987) und Hartmann (1988) bestätigt, die in der angeblichen Reinsdorf-Rinne (= Rinne II bei Mania in: Thieme 2007, Abb. 40) liegen (**Abb. 11**). Hier ist noch anzumerken, dass trotz dieser Befunde auf **Abbildung 11** im gesamten Nordfeld kein Holstein verzeichnet ist, stattdessen eine »Reinsdorf«-Rinne, für die es nicht den geringsten Beleg gibt.

Auch die randliche Überlagerung des »Reinsdorf« durch das »Schöningen«, wie es durch D. Mania (in: Thieme / Maier 1995, Abb. 20) dargestellt wurde (**Abb. 12**), ist nicht durch Fakten belegt. Auf der Südseite des Bahnpfleilers, wo diese Überlagerung dargestellt ist (**Abb. 13**) und das »Schöningen« auf ca. 250 m Breite ausstreichen sollte (Thieme 2007, Abb. 146) war absolut nichts von einem »Schöningen-Interglazial« zu sehen, obgleich die Baggerschnitte jeden Quadratmeter offen legten. Aufgeschlossenen war stattdessen (**Abb. 14**) ein in Drenthe-zeitliche Vorschütsande eingeschalteter gelblicher Beckenschluff ohne jegliche organische Beimengungen, keine warmzeitliche Rinnenfüllung, sondern eine glazialakustrine Einschaltung, wie im Glazifluviatil nicht selten anzutreffen. Im Juni 2009 war der Schluff 3 m mächtig und wurde direkt von der Drenthe-Moräne überlagert (**Abb. 15**). Ende August waren es noch 1,5 m, jetzt waren zwischen Schluff und hangender Moräne noch Schmelzwassersande eingeschaltet (**Abb. 14**). Einen Monat später lag die Mächtigkeit nur noch bei 1-3 dm, und beim nächsten Schnitt war der Schluff verschwunden.

Die Zusammensetzung dieses Schluffs zeigt Probe 3 (**Tab. 1**), typisch ist z. B. der hohe Grobschluff-Anteil (51%). Dieser Beckenschluff hat mit den palynologisch untersuchten limnisch-telmatischen Sedimenten Lenhard's nichts zu tun, die, wie bereits erläutert, niveaumäßig in gleicher Höhe liegen wie die gleichartigen holsteinzeitlichen Sedimente Hartmann's (**Abb. 12**), ohne dass eine Diskordanz dazwischen beobachtet wurde. Und auf keinen Fall liegt zwischen beiden auch noch ein »Reinsdorf«. Die Kiese im Liegenden des Beckenschluffs sind ausweislich ihrer Zusammensetzung (Probe 1; **Tab. 2**) nicht fluviatiler, sondern glazifluviatiler Entstehung, ebenso diejenigen im unmittelbaren Hangenden (Probe 2) und Liegenden (Probe 3) des Holstein.

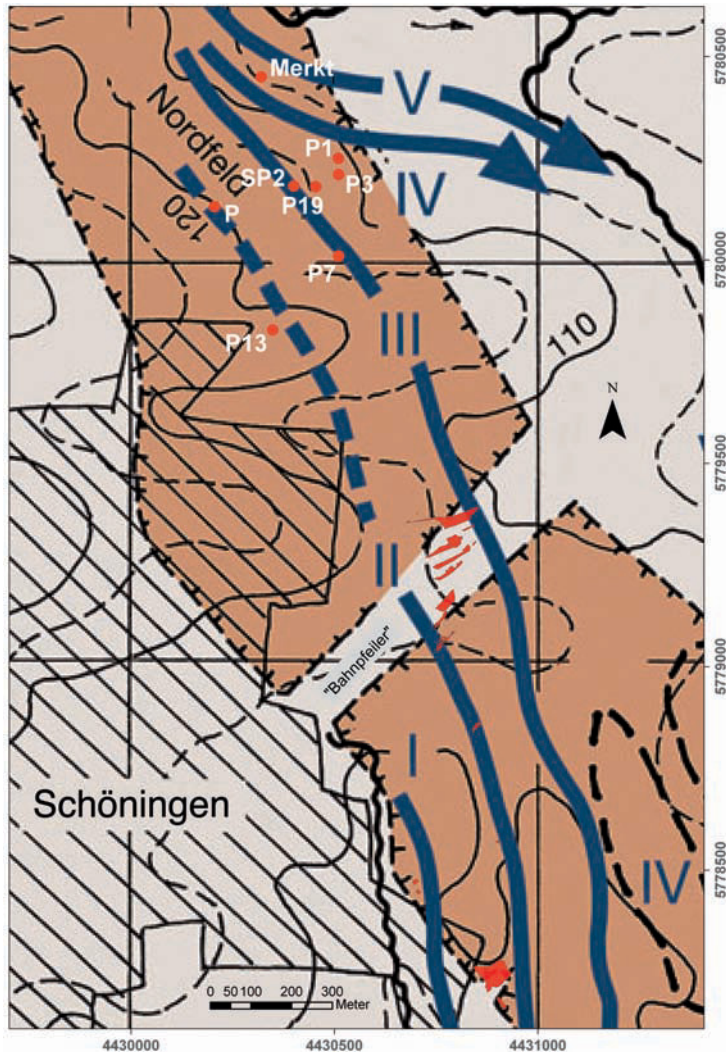


Abb. 11 Rinnenverläufe im Tagebau Schöningen. – I = Holstein, II = Reinsdorf, III = Schöningen, IV = Intra-Saale, V = Eem, VI = Holozän. – Pollenprofile: Holstein P, P 13, P 19; »Schöningen« P 1, P 3, P 7. – (Nach Mania in: Thieme 2007, Abb. 40).

Mitte Dezember 2009 war das Interglazial am Bahnpeiler gänzlich abgebaggert. Mit dem nach Süden voranschreitenden Abbau nahm die Ausstrichsbreite auf 70 m ab, ebenso die Mächtigkeit der Mudde auf ca. 1 m, und letzteres nur auf 10 m Länge wie in der Mitte von **Abbildung 16**. Nach Westen spaltete sich die Mudde in einzelne 1-2 dm starke Lagen auf (**Abb. 17**), getrennt durch sandstreifige, kalkhaltige Schluffe mit einigen weißgrauen Kalkmudde-Lagen von jeweils mehrere Zentimeter Stärke, manchmal direkt unter einer humosen Schlufflage. Diese Kalkmudde-Lagen fanden sich auch an der Nordseite des Pfeilers. Sie wurden von Frau Silke Clasen/Halle für Ostrakoden-Untersuchungen beprobt.

ZUR ALTERSSTELLUNG DES HOLSTEIN-INTERGLAZIALS

Die Existenz einer »Reinsdorf«-Warmzeit ist nicht nur im Bereich des Tagebaus Schöningen nicht belegt, sondern auch bislang an keiner anderen Stelle. In tiefen Sedimentfallen, wo Holstein durch Fuhne-zeitliche

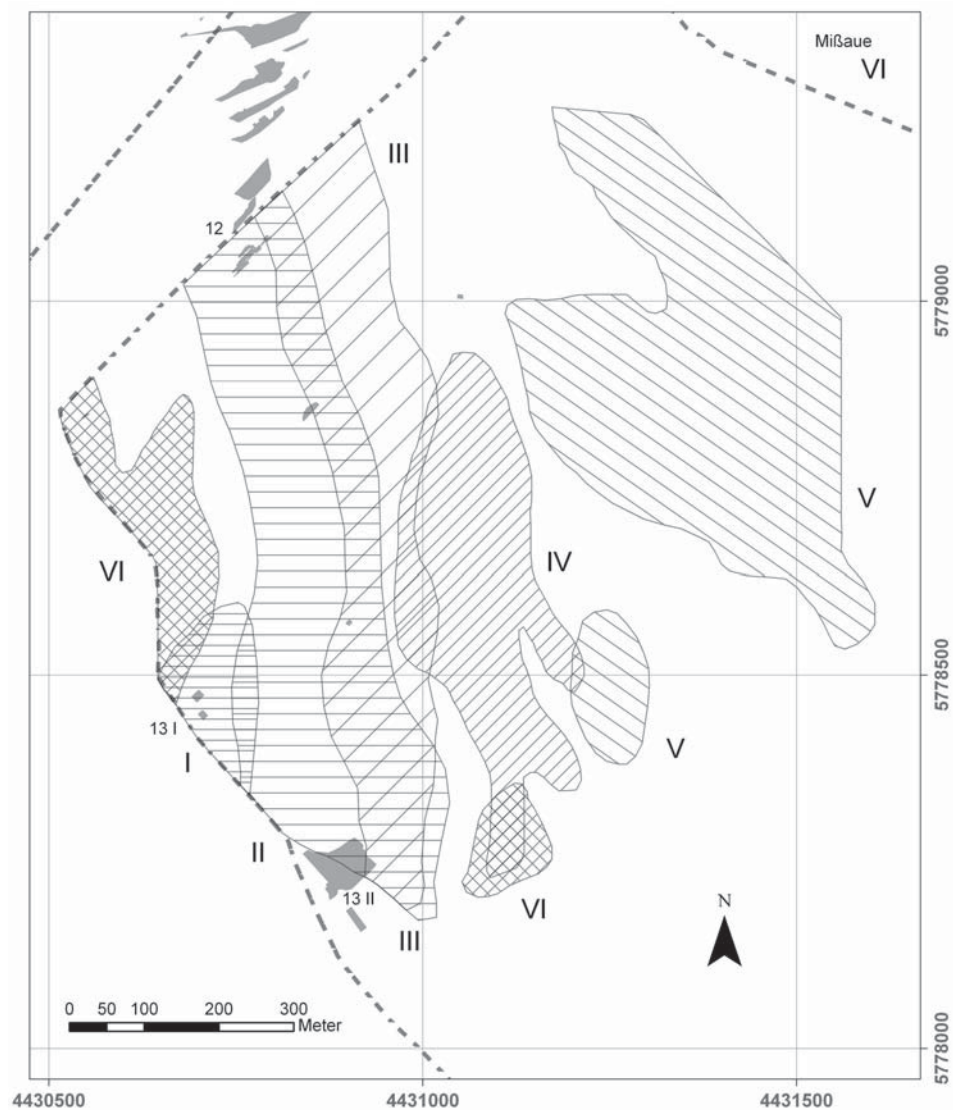


Abb. 12 Rinnen im Tagebau Schöningen, Südfeld. – NW-Begrenzung war die Südwand des Bahn Pfeilers, dort ausstreichendes »Schöningen« ist glazialakustriner Beckenschluff. – Legende wie Abb. 6. – (Nach Mania 1998, Abb. 8).

Sedimente mit hangendem Dömnitz überlagert wird, sollte auch das »Reinsdorf« zu finden sein, so auch im nur ca. 15 km östlich liegenden Ummendorfer Kessel im Allertalgraben (Strahl 1997). Unabhängig davon, ob ein eigenständiges »Schöningen« existiert und ob dieses dem Dömnitz entspricht: letzteres ist mit MIS 7 zu korrelieren und damit das Holstein mit MIS 9, entsprechend einem Alter von rund 300 000 Jahren – dem Alter der Schöninger Speere. Das steht im Einklang mit den Th/U-Datierungen (Geyh / Müller 1997) an Originalmaterial aus der Typlokalität-Bohrung Bossel bei Stade und korrespondiert auch mit dem von B. Urban (in: Thieme 2007, Abb. 55) angegebenen Wert von 320 000 Jahren für das »Reinsdorf«. Für letzteres wird dagegen im gleichen Werk von D. Mania (in: Thieme 2007, Abb. 181) ein Alter von 400 000 Jahren angegeben, was auf der Annahme einer weiteren Warmzeit im Saale-Komplex zwischen Drenthe und Warthe beruht.

Die jahrzehntelang diskutierte Frage (Meyer 2005) nach dem Charakter des Zeitabschnitts zwischen diesen beiden Stadien gilt heute in Norddeutschland als entschieden: es war ein kurzfristig eisfreier Zeitraum, ohne Bildung organogener Ablagerungen. Zwischen Eem und erster Saale-Grundmoräne (= Haupt-Drenthe) liegen, auch in den tiefsten Zungenbecken, ausschließlich minerogene Ablagerungen, exemplarisch im

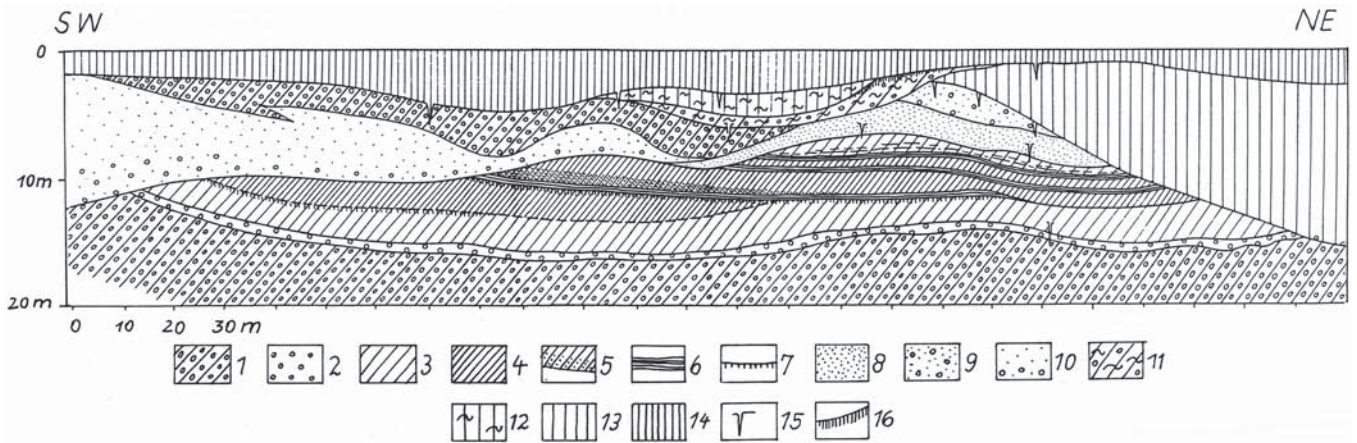


Abb. 13 Tagebau Schöningen. – Profil an Südwand Bahnpfleiler. – Überlagerung des »Reinsdorf« durch »Beckenschluff der Schöningen III«, letzterer ist jedoch drenthezeitlicher glazialakustriener Beckenschluff (qD/U/b) in drenthezeitlichen Schmelzwassersanden (qD/gf). – (Nach Mania in: Thieme / Maier 1995, Abb. 26). – **1** Grundmoränen. – **2** Kies, z. T. als Blockpackung. – **3** Beckenschluffe. – **4** Mudden. – **5** Sandiger Schwemmfächer (mit den altpaläolithischen Fundhorizonten 1 und 2, Schöningen FStNr. 12). – **6** Torfe. – **7** Anmoor. – **8** Feinsand. – **9** Sandige Kiese. – **10** Schmelzwassersande der Saalevereisung. – **11** Fließerde aus Grundmoräne. – **12** Fließlöss. – **13** Beckenschluff der Rinne Schöningen III. – **14** Löss. – **15** Eiskeile, Frostspalten. – **16** Parabraunerde.

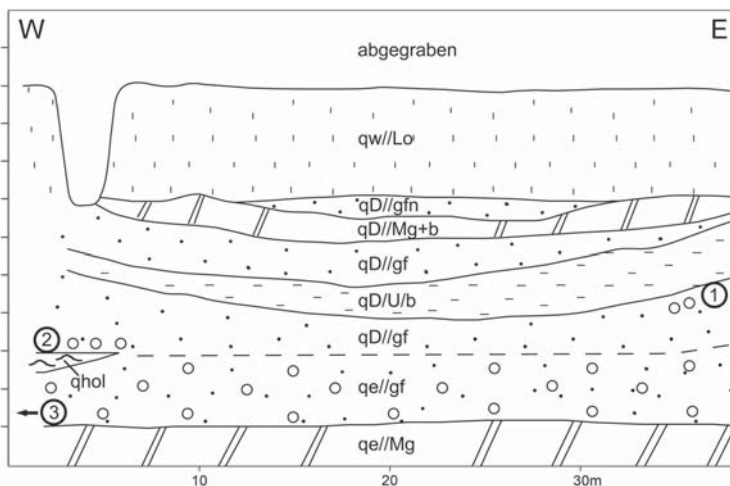


Abb. 14 Tagebau Schöningen. – Profil an Südwand Bahnpfleiler am 24. 8. 2009, Plateau 6. – Einschaltung von glazialakustriener Beckenschluff (qD/U/b) in drenthezeitliche Schmelzwassersande (qD//gf). – Legende wie **Abb. 6**. – **1-3** Entnahmestellen für Leitgeschiebezählungen (**Tab. 2**). Probe 3 ca. 70 m westlich unter Holstein entnommen. – (Graphik K.-D. Meyer).

Quakenbrücker Zungenbecken im südlichen Oldenburg. Auch in den über hunderte Kilometer aufgeschlossenen Profilen der Tagebaue Mitteldeutschlands und der Lausitz finden sich zwischen den saalezeitlichen Moränen und dem Eem keinerlei Hinweise auf die Existenz einer weiteren Warmzeit (Eissmann / Litt 1994). Jede noch so kleine Erwärmungsphase hätte in Sedimentfallen organogene Absätze hinterlassen wie es auch in den Weichsel-Interstadialen der Fall war. Ferner hätten längere Warmzeiten zu tiefgreifender Entkalkung und Verwitterung der Grundmoränen führen müssen; das ist nur dort geschehen, wo dieselben heute noch zu Tage liegen. Wo sie durch jüngere Sedimente geschützt sind, fehlt eine solche Entkalkungsrinde.

Auch im Tagebau Schöningen gab es Depressionen in der Drenthe-Moräne, wenn auch meist nur von wenigen 10er Meter Durchmesser und nur einige Meter tief; sie waren auch am Bahnpfleiler aufge-

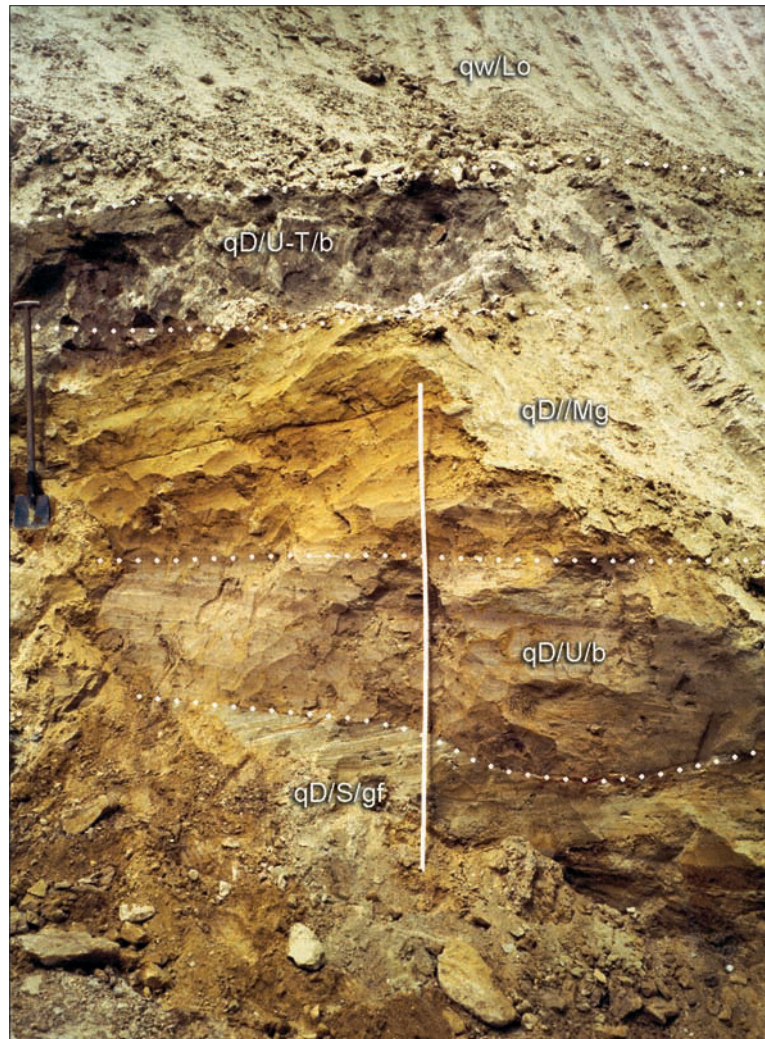


Abb. 15 Tagebau Schöningen. – Drenthe-zeitlicher glazialakustriner Beckenschluff (qD/U/b) zwischen Vorschüttsand (qD/S/gf) und Geschiebemergel (qD//Mg), überlagert von Brockenmergel (qD/U-T/b) und Weichsel-Löß (qw/Lo), Südwand Bahnpfeiler, 24. 6. 2009. – (Foto K.-D. Meyer).

schlossen. Dort wurde die in Schöningen generell nur geringmächtige Moräne flächenhaft von einem 2-3dm dicken, rötlich-braunem, sehr stark tonigem, kalkigen Beckenschluff (39,5% Ton, Probe 1, **Tab. 1**) überlagert, wegen seines Gefüges als Brockenmergel zu bezeichnen (**Abb. 19**). Der hohe Tongehalt verursachte schon bei leichtem Austrocknen Risse. Dieses charakteristische Sediment, genetisch ein Nachschütt-Beckenabsatz, zog sich auch in die Depressionen hinein, die deshalb primär und nicht spätere Erosionsformen sind. Aufgrund der bindigen Beschaffenheit der Sedimente hätten die Hohlformen als Sedimentfallen für organogene Sedimente dienen können, jedoch bestand die Füllung nur aus geringmächtigem weichselzeitlichen Schwemmsand und Löß. Auch intra-saalezeitliche Bodenbildungen fehlten.

An der Nordseite des Bahnpfeilers war (**Abb. 19**) auf ca. 50 m Breite eine mit olivgrauem Lößlehm gefüllte Mulde direkt in den Schmelzwassersand eingetieft, dessen Schichtung durch gleichsinniges Abtauchen auf beiden Flanken die Muldenform vorzeichnete, somit auch hier eine primäre Anlage vorlag. Nur im Zentrum der Mulde war an der Lößbasis bis 3 dm Schwemmsand zu finden. Aus all diesen Gründen ist eine Warmzeit innerhalb des saalezeitlichen Glazialkomplexes abzulehnen und derselbe in MIS 6 zu stellen, wie das Schöningen betreffend, auch B. Urban (in: Thieme 2007, Abb. 55) vertritt.

Proben-Nr.	1	2	3
SE-Nr.	923 769	923 770	923 771
Teufe in m	5,5	6	7
Korn-Ø in µm			
gS 1120-2000		2,2	
gS 630-1120	0,2	7,4	0,3
mS 355-630	1,3	16,8	0,7
mS 200-355	4,5	23,8	1,7
fS 112-200	6,5	23,0	2,1
fS 63-112	5,5	11,9	6,4
gU 20-63	6,4	4,7	51,0
mU 6,3-20	14,9	1,7	16,5
fU 2-6,3	21,2	1,6	6,5
T < 2	39,5	6,9	15,1
Ca CO ₃	16,2	1,8	10,0

Tab. 1 Korngrößen (µ) in Gewichts-Prozent von drenthezeitlichem Brockenmergel (Probe 1), Geschiebemergel (Probe 2) und Beckenschluff (Probe 3). Tagebau Schöningen, Südfeld-Nordwand (Bahnpfleiler), TK Schöningen 3731, R 44 30 820 H 57 79 280. – Analysen: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe/Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover, Dr. Reiner Dohrmann. Probenentnahme: K.-D. Meyer, 24.6.2009. – Legende: gS = Grobsand, mS = Mittelsand, fS = Feinsand, gU = Grobschluff, mU = Mittelschluff, fU = Feinschluff, T = Ton. Feinkornanalyse < 63 µ durchgeführt mit Sedigraph.

Proben-Nr.	1	2	3	4	5
R	30797	30784	30730	30683	30675
H	79312	79300	79266	79370	79359
Entnahme in m	102	105	100	88	77
Alter	qD	qD	qe	qe	qe
TGZ L	15,31	14,21	14,40	15,01	15,02
TGZ B	57,91	57,01	57,67	56,69	58,29
F : K	0,97	1,9	0,97	0,72	0,68
Gesamtsumme	552	621	470	322	331
N%	62	67	57	82	72
M%	33	27	38	12	17
P%	5	6	5	6	10

Tab. 2 Leitgeschiebeanalysen aus glazifluviatilen Kiesen, Tagebau Schöningen, Bahnpfleiler. – qD = Drenthe, qe = Elster, TGZ = Theoretisches Geschiebezentrum mit geogr. Länge = L und Breite = B; F : K = Flint zu Kristallin, N = nordisches, M = mesozoisches, P = paläozoisches Material. Ohne Gangquarz und Tertiär-Lokalgeschiebe. Probe 4 u. 5 kalkfrei.



Abb. 16 Tagebau Schöningen. – Nach Westen ausdünende Holstein-Mudde (Profilmitte). Südwand Bahnpfleiler 13. 11. 2009. – (Foto K.-D. Meyer).

Abb. 17 Tagebau Schöningen. – Auskeilende Holstein-Mudde über sandstreifigem kalkhaltigen Schluff mit Kalkmudde-Lagen (Spatenmitte). Südwand Bahnpfleiler, 26. 11. 2009. – (Foto K.-D. Meyer).



Entgegen der vorhergehend begründeten Datierung wird im Ausland jedoch vielfach ein höheres Alter (MIS 11) für das Holstein angenommen (z. B. Turner 1996). Ohne diese Frage hier im Einzelnen diskutieren zu können, sei nur auf einige Punkte hingewiesen. In vielen Fällen ist die Korrelation der betreffenden Interglaziale fraglich. Bei Annahme einer Korrelation des Holstein mit MIS 11 ist zu fragen, warum es in den vorhergehenden Warmzeiten MIS 7 und 9 keine relevanten Meereshochstände gab bzw. allenfalls schwache Hinweise (z. B. Roe u. a. 2009). Ebenso ist nach dem Verbleib von glaziären Ablagerungen von MIS 8 und 10 zu fragen – besonders in MIS 10 mit dem markanten Ausschlag in den Tiefsee-Kurven. Bemerkenswerter Weise zeigt z. B. die Tabelle bei Ehlers / Gibbard 2007 für MIS 10 nur »minor events«.

Die Warmzeit in MIS 11 war offenbar sehr ausgeprägt (Droxler u. a. 2003, EPICA community members 2004), besser zum Bilshausen mit seinen rund 25 000 Jahren passend als zum 15-16 000 Jahre dauernden Holstein (Bittmann / Müller 1996; Geyh / Müller 2007). Auch können isolierte Säugetierfaunen in Terrassenablagerungen wie z. B. der Themse (Schreve / Bridgland 2000) für den kontinentalen Bereich keine Maßstäbe setzen. Die ganze Diskussion erinnert an die Zeit, als weltweit



Abb. 18 Tagebau Schöningen. – Brockenmergel (qD/U-T/b) über Drenthe-Geschiebemergel, darunter Drenthe-Vorschütt sand (qD//gf) über Holstein-Mudde (qhol). Südwand Bahnpfleiler, 6. 8. 2009. – (Foto K.-D. Meyer).



Abb. 19 Tagebau Schöningen. – Lokale Rinne, mit Lößlehm (qw/Lo) gefüllt, über Drenthe-Schmelzwassersand (qD/gf). Nordwand Bahnfeiler, 22. 9. 2009. – (Foto K.-D. Meyer).

(basierend auf den Profilen von Grande Pile in den Vogesen) von drei Eem-Warmzeiten mit ähnlicher Pollenführung gesprochen wurde oder von ein bis zwei Warmzeiten innerhalb der saalezeitlichen Moränenabfolge (Ohe-, Rügen-, Treene-Warmzeit usw.), die sich allesamt als Fehldeutungen erwiesen. Man wollte aus jeder Grundmoräne oder manchem Schotterkörper eine eigene Vereisung machen, nicht realisierend, dass Vereisungen mehrphasig sind. Nur zögernd setzte sich die Erkenntnis durch, dass Interglaziale wie Eem und Holstein relativ kurz sind und die betr. Tiefsee-Stadien mehrgipflig. Die Einführung neuer Kalt- und Warmzeiten bedarf interdisziplinärer Zusammenarbeit, und nicht zuletzt sollten die geologischen Rahmenbedingungen geklärt sein, bevor neue stratigraphische Einheiten publik gemacht werden.

FAZIT

Im Tagebau Schöningen waren seit den 1980er Jahren Holstein- und Eem-Interglazial großflächig aufgeschlossen, eine eigenständige »Reinsdorf«-Warmzeit aber lässt sich nicht nachweisen, die fragwürdigen Sedimente gehören nach der Pollenanalyse, den Lagerungsverhältnissen und absoluten Datierungen in die Holstein-Warmzeit, die entsprechende Annahme von Litt / Behre (in Litt u. a. 2007, 38) bestätigend. Die postulierte »Rinnensituation« (nach D. Mania) mit unterschiedlich alten warmzeitlichen Sedimentfüllungen kann nicht aufrechterhalten werden. Vielmehr handelt es sich um Hohlformfüllungen in der elsterzeitlichen Eiszerfallandschaft mit Holstein-Warmzeit-Sedimenten, die sich kontinuierlich aus spät-elsterzeitlichen Bildungen (glazilimnisch, -fluvial) über Elstergrundmoräne entwickelten. Damit stehen die Befunde in klarer Übereinstimmung mit denjenigen benachbarter Gebiete (Lausitz, Mittel- und Norddeutschland). Bei Einordnung des »Reinsdorf« in die Holstein-Warmzeit und einer Einstufung desselben in MIS 9 ist das Alter der Schöninger Speere auf rund 300 000 Jahre zu veranschlagen.

Auch die Position und palynologische Charakterisierung der »Schöningen«-Warmzeit erscheint problematisch; worauf Litt / Behre (in: Litt u. a. 2007, 37) hinweisen, zumal die Frühphase des Interglazials fehlt. Es bedarf weiterer Untersuchungen in Schöningen, vor allem in den »Rinnen« an der Westwand des Südfeldes. Die herausragende Bedeutung der archäologischen Funde verdient eine zuverlässige zeitliche Einstufung.

DANKSAGUNG

Verfasser hat vielen Kollegen für Auskünfte und Diskussionen zu danken. Informationen zur Palynologie gaben E. Grüger/Göttingen und Ch. Turner/Cambridge, zur Vertebraten-Fauna T. van Kolfschoten/Leiden und U. Staesche/Hannover. Vor Ort war besonders die Diskussion mit L. Eissmann und F. Junge/Leipzig, S. Wansa/Halle, K.-E. Behre und F. Bittmann/Wilhelmshaven und L. Lippstreu/Berlin hilf-

reich, ferner mit zahlreichen Kollegen meiner früheren Dienststelle, dem jetzigen Niedersächsischen Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie/Hannover. Die Grabungsmannschaft des Landesamtes für Denkmalpflege mit J. Serangeli und »Vormann« W. Mertens leistete jede erdenkliche Hilfe bei der Freilegung der Profile, unersetzlich angesichts des sich heranarbeitenden Baggers.

LITERATUR

- Bittmann / Müller 1996: F. Bittmann / H. Müller, The Kärlich Interglacial site and its correlation with the Bilshausen sequence. In: Ch. Turner (Hrsg.), The early Middle Pleistocene in Europe. Proceedings INQUA Subcommission on European Quaternary Stratigraphy, Cromer-Symposium, Norwich 1990 (Rotterdam 1996) 187-193.
- Droxler u. a. 2003: A. W. Droxler / R. Z. Poore / L. H. Burckle (Hrsg.), Earth's Climate and Orbital Eccentricity. The Marine Isotope Stage 11 Question. Geophysical Monograph Series 137 (Washington 2003).
- Ehlers / Gibbard 2007: J. Ehlers / P. L. Gibbard, The extent and chronology of Cenozoic global glaciation. *Quaternary International* 164/165, 2007, 6-20.
- Eissmann / Litt 1994: L. Eissmann / T. Litt (Hrsg.), Das Quartär Mitteleuropas. *Altenburger Naturwissenschaftliche Forschungen* 7 (Altenburg 1994).
- Elsner 1987: H. Elsner, Das Quartär im Tagebau Schöningen der Braunschweigischen Kohlenbergwerke AG, Helmstedt [unpubl. Dipl.-Arbeit Univ. Hannover 1987].
- EPICA Community Members 2004: EPICA Community Members, Eight glacial cycles from an Antarctic ice core. *Nature* 429 (6992), 2004, 623-628.
- Geyh / Müller 2005: M. Geyh / H. Müller, Numerical $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating and a palynological review of the Holsteinian/Hoxnian. *Interglacial Quaternary Science Reviews* 24, 2005, 1861-1872.
- 2007: M. Geyh / H. Müller, Palynological and Geochronological Study of the Holsteinian/Hoxnian/Landos Interglacial. In: F. Sirocco / M. Claussen / M. F. Sánchez-Goni / Th. Litt (Hrsg.), The climate of Past Interglacials. *Developments in Quaternary Science* 7 (Amsterdam 2007) 387-396.
- Hartmann 1988: T. Hartmann, Elster- bis Saale-zeitliche Sedimente im Tagebau Schöningen der Braunschweigischen Kohlen-Bergwerke AG, Helmstedt [unpubl. Dipl.-Arbeit Univ. Hannover 1988].
- Jöris / Baales 2003: O. Jöris / M. Baales, Zur Altersstellung der Schöninger Speere. In: J. M. Burdukiewicz / L. Fiedler / W.-D. Heinrich / A. Justus / E. Brühl (Hrsg.), *Erkenntnisjäger. Kultur und Umwelt des frühen Menschen. Festschrift für Dietrich Mania*. Veröffentlichungen des Landesamtes für Archäologie Sachsen-Anhalt 57 (Halle/Saale 2003) 281-288.
- Lenhard 1989: R. Lenhard, Schichtlagerung und Zusammensetzung Elster- bis Saale-zeitlicher Sedimente im Baufeld Esbeck, Tagebau Schöningen, der Braunschweigischen Kohlen-Bergwerke AG, Helmstedt [Dipl.-Arbeit Univ. Hannover 1989].
- Litt u. a. 2007: T. Litt / K.-E. Behre / K.-D. Meyer / H.-J. Stephan / S. Wansa, Stratigraphische Begriffe für das Quartär des norddeutschen Vereisungsgebietes. *Eiszeitalter und Gegenwart* 56, 2007, 7-65.
- Mania 1998: D. Mania, Zum Ablauf der Klimazyklen seit der Elstervereisung im Elbe-Saalegebiet. *Præhistoria Thuringica* 2, 1998, 5-21.
- Meyer 2005: K.-D. Meyer, Zur Stratigraphie des Saale-Glazials in Niedersachsen und zu Korrelationsversuchen mit Nachbargebieten. *Eiszeitalter und Gegenwart* 55, 2005, 25-42.
- Müller / Höfle 1994: H. Müller / H.-C. Höfle, Die Holstein-Interglazialvorkommen bei Bossel westlich von Stade und Wanhöden nördlich Bremerhaven. *Geologisches Jahrbuch A* 134, 1994, 71-116.
- Roe u. a. 2009: H. M. Roe / G. R. Coope / R. J. N. Devoy / C. J. O. Harrison / K. E. H. Penkman / R. C. Preece / D. C. Schreve, Differentiation of MIS 9 and MIS 11 in the continental record: vegetational, faunal, aminostratigraphic and sea-level evidence from coastal sites in Essex, UK. *Quaternary Science Reviews* 28, 2009, 2342-2373.
- Schreve / Bridgland 2002: D. C. Schreve / D. R. Bridgland, Correlation of English and German Middle Pleistocene fluvial sequences based on mammalian biostratigraphy. *Geologie en Mijnbouw/Netherlands Journal of Geosciences* 81 (3/4), 2002, 357-373.
- Strahl 1997: J. Strahl, Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben. Zusammenfassender Bericht zur pollenanalytischen Untersuchung von 20 Bohrungen [unveröff. Bericht, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover 1997].
- Thieme 2007: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere. Mensch und Jagd vor 400 000 Jahren* (Stuttgart 2007).
- Thieme / Maier 1995: H. Thieme / R. Maier (Hrsg.), *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt* (Hannover 1995).
- Tschiee 1991: W. Tschiee, Die pleistozäne Schichtfolge im Tagebau Schöningen Baufeld Esbeck der Braunschweigischen Kohlen-Bergwerke AG [unpubl. Dipl.-Arbeit Univ. Hannover 1991].
- Turner 1996: Ch. Turner, A brief survey of the early Middle Pleistocene of Europe. In: Ch. Turner (Hrsg.), The early Middle Pleistocene in Europe (Rotterdam 1996) 295-317.
- Urban 2007: B. Urban, Interglacial pollen records from Schöningen, north Germany. In: F. Sirocco / M. Claussen / M. F. Sánchez-Goni / Th. Litt (Hrsg.), The Climate of Past Interglacials. *Developments in Quaternary Science* 7 (Amsterdam 2007) 417-444.
- Urban u. a. 1988: B. Urban / H. Thieme / H. Elsner, Biostratigraphische, quartärgeologische und urgeschichtliche Befunde aus dem Tagebau »Schöningen«, Lkr. Helmstedt. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 139, 1988, 123-154.
- Urban u. a. 1991: B. Urban / R. Lenhard / D. Mania / B. Albrecht, Mittelpleistozän im Tagebau Schöningen, Lkr. Helmstedt. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 142, 1991, 351-372.

ZUSAMMENFASSUNG / ABSTRACT

Stratigraphie des Saale-Komplexes in Niedersachsen und die Schöninger Profile

Von Juni bis Dezember 2009 wurden die archäologischen Ausgrabungen am »Bahnpfeiler« im Tagebau Schöningen vom Verfasser geologisch begleitet. Gegenüber der gegenwärtigen stratigraphischen Einstufung ergibt sich ein abweichendes Bild. Die quartäre Schichtenfolge beginnt mit elsterzeitlichem Vorschüttsand und Kies, gefolgt von mächtigem Geschiebemergel, der seinerseits von Nachschüttsedimenten (Sand mit Kies und Beckenschluffen) überlagert wird. Letztere leiten zu fossilführenden limnisch-telmatischen Ablagerungen der bislang als »Reinsdorf« bezeichneten Warmzeit über, bei welcher es sich somit aus Lagerungsgründen nur um das Holstein-Interglazial handeln kann. Diese Einstufung wird durch Pollenanalysen von B. Urban im Nordfeld des Tagebaus bestätigt, die in der vorgeblichen »Reinsdorf-Rinne« (= Schöningen II) liegen. Eine eigenständige »Reinsdorf-Rinne« ist dagegen im gesamten Nordfeld an keiner Stelle nachgewiesen, und auch sonst nirgendwo in Norddeutschland, auch nicht dort, wo in tiefen Sedimentfallen Holstein-Interglazial durch Fuhne sowie Dömnitz-zeitliche Sedimente überlagert wird. Auch die randliche Überlagerung des »Reinsdorf« durch eine »Schöningen«-Rinne ist am Bahnpfeiler nicht existent. Es hat generell keine rinnenförmige Anlage durch Salzabwanderung gegeben, da letztere schon im Tertiär beendet war und durch die über 1000 m mächtige triadische Schichtfolge sich ohnehin nicht in dieser Weise an der Oberfläche hätte auswirken können.

The stratigraphy of the Saalian deposits in Lower Saxony and the Schöningen section

Between June and December 2009, the author worked on the geology of the archaeological section in the (now obsolete) railway embankment of unmined ground which ran across the Schöningen opencast lignite mine, during the archaeological excavations there. The results, however, do not agree with the current stratigraphic subdivisions. The Quaternary succession begins with Elsterian outwash sand and gravel, followed by thick boulder clay, which in turn is overlain by late-outwash sediments – sand, gravel and glacio-lacustrine silt. These are followed upwards by fossiliferous lacustrine and telmatic deposits belonging to the so-called Reinsdorf warm phase, which, on the basis of field stratigraphy, can only be interpreted as the Holstein Interglacial. This conclusion is corroborated by pollen analyses carried out by B. Urban on material from profiles in the northern part of the mine, which is said to lie within the alleged Reinsdorf channel (Schöningen II channel). In fact, no identifiable Reinsdorf channel has been demonstrated to exist in the whole of the northern part of the mine, nor has this channel been identified anywhere in northern Germany, even where Holstein Interglacial deposits in sediment traps are overlain by sediments belonging to the Fuhne cold phase and the Dömnitz warm phase. The sections studied in the disused railway embankment provide no evidence to support the theory that the Reinsdorf channel is marginally overlain by the Schöningen III channel. It is clear that no general formation of channels due to salt tectonics has taken place since salt movement ceased during the Tertiary. In any case, the salt is overlain by at least 1000 m of Triassic sediments and thus salt movement, if any, could not have influenced surface features in this way.

NEW PALYNOLOGICAL EVIDENCE AND CORRELATION OF EARLY PALAEOLITHIC SITES SCHÖNINGEN 12 B AND 13 II, SCHÖNINGEN OPEN LIGNITE MINE

The Pleistocene sequence of open mine Schöningen (Niedersachsen, Germany; **fig. 1**) is of significance for the subdivision of the glaciated upper Middle Pleistocene of western Central Europe (Thieme et al. 1987; Urban et al. 1988; 1991a; 1991b; Urban 1995a; 1995b; 1996a; 1996b; 1999; 2002) and for the provision of archaeological evidence for the early appearance of *Homo erectus* in Northern Germany (Thieme et al. 1987; 1992; 1993; Thieme / Maier 1995).

The Pleistocene and Holocene are composed of various types of sediment including peat, muddy and silty layers from former swamps, lakes, peat bogs, and river flood plains that contain characteristic pollen assemblages. Fossil remains of molluscs, small and large mammals, fishes, reptiles and plant macro fossils are fairly abundant in some layers (Böhme 2000; 2007; Jechorek 2000; Jechorek et al. 2007; van Kolfschoten 1995; van Kolfschoten et al. 2007; Mania / Mai 2001; Mania 2007; Urban 2007).

Classical Holsteinian interglacial and Mißbaue 1, Mißbaue 2 and SU A interstadial deposits are underlain by Elsterian glacial and Late Elsterian interstadial sediments (Urban et al. 1991b) in the northern mining area.

D. Mania (1998) introduced a schematic simplified cross section (**fig. 2**) indicating six superimposed sequences of significant channel fillings/cycles which have been subject to debate by several authors. He termed the Holsteinian deposits found in the northern mining field channel I/cycle I. Channel II representing the Reinsdorf interglacial sequence exposed in the southern mining area and the Schöningen Interglacial (channel III) peat deposits from the northern mining field represent warm climatic periods older than the Saalian ice advance. Channel III deposits have been found only in the northern mining area with organic facies. The climatostratigraphic significance of a pedosequence of pseudogleyic, alluvial loess (channel IV, Altermann / Mania 2007), overlying the older Saalian till (Drenthe stadium) in the southern mining area still remains unknown. The sediment sequence of travertine, silts and peat (channel V) has been correlated with the Eemian and to stage 5e of the marine isotope record (Urban et al. 1991a; Heijnis 1992; Heijnis / Urban 1995). Those sediments are overlain by Early Weichselian silts composed of loess and organic soil horizons.

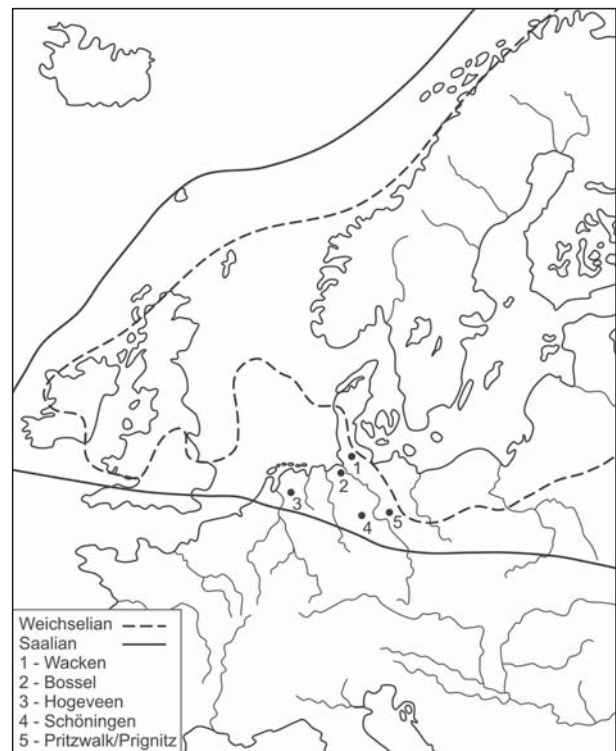


Fig. 1 Location of sites Schöningen (Lkr. Helmstedt), Wacken (Kr. Steinburg), Bossel (Lkr. Stade), Hogeveen (prov. Drenthe/NL) and Pritzwalk (Lkr. Prignitz) and maximum extension of Weichselian and Saalian ice sheets.

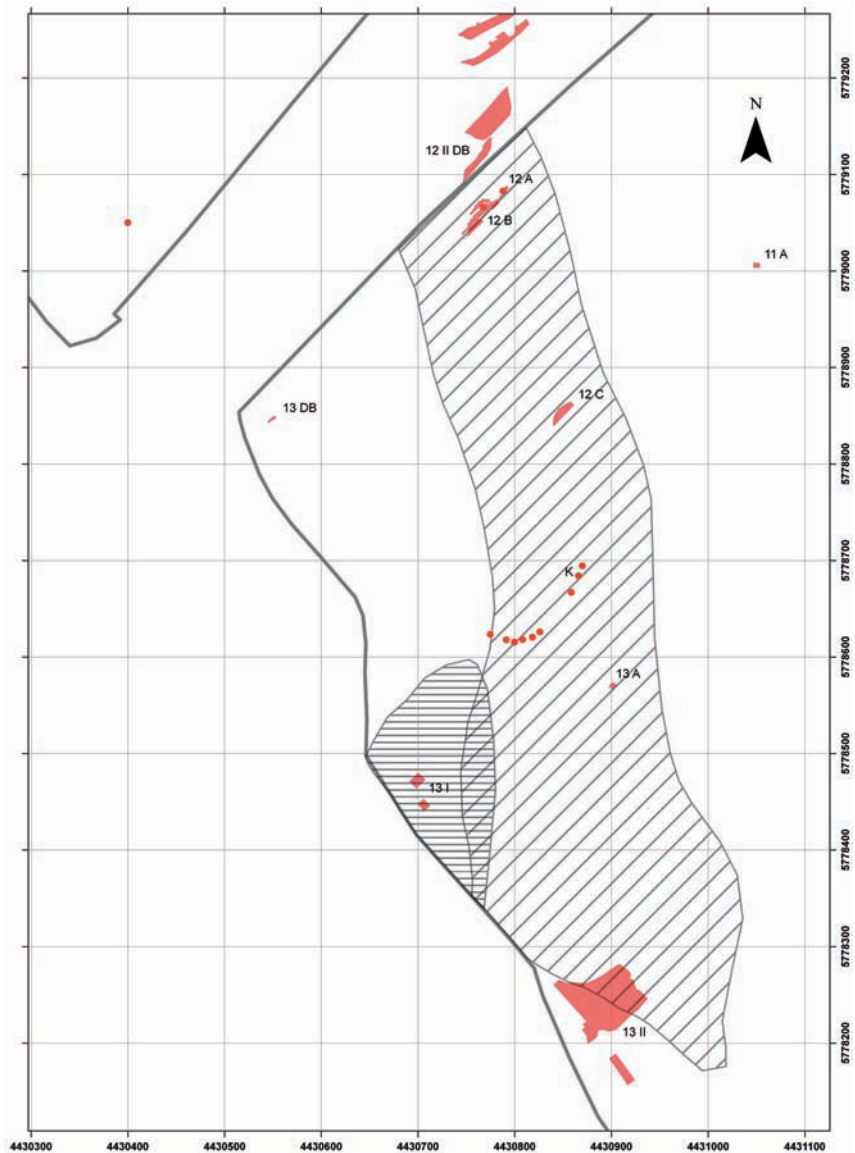


Fig. 3 Map of the Southern Mining Field showing the position of archaeological sites Schöningen, Schö 12 B (position of profiles 12 A, 12 B, first archaeological horizon and sample 12 A1, second archaeological horizon) and Schö 13 II (position of profile 13 II K). – (Map compiled by U. Böhner, Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege).

fig. 3). For comparison with the Schöningen 13 II (96) lithology, we refer to Thieme (1998). The palynological data will be presented in relation to archaeological horizons and new dating approaches will be referred to briefly. An evaluation of older Th/U ages on the Schöningen sequence will be discussed using new $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating results of sequence 13 II (2003) in the corresponding article (Sierralta et al., this volume).

MATERIALS AND METHODS: SEDIMENTOLOGY AND PALYNOLOGY

Describing the biostratigraphical position and environmental character of particular horizons within the interglacial hitherto only briefly depicted in Thieme et al. (1993) should lead to a better understanding of the relation between archaeological features, palaeoenvironmental conditions and bio- and chronostratigraphy.

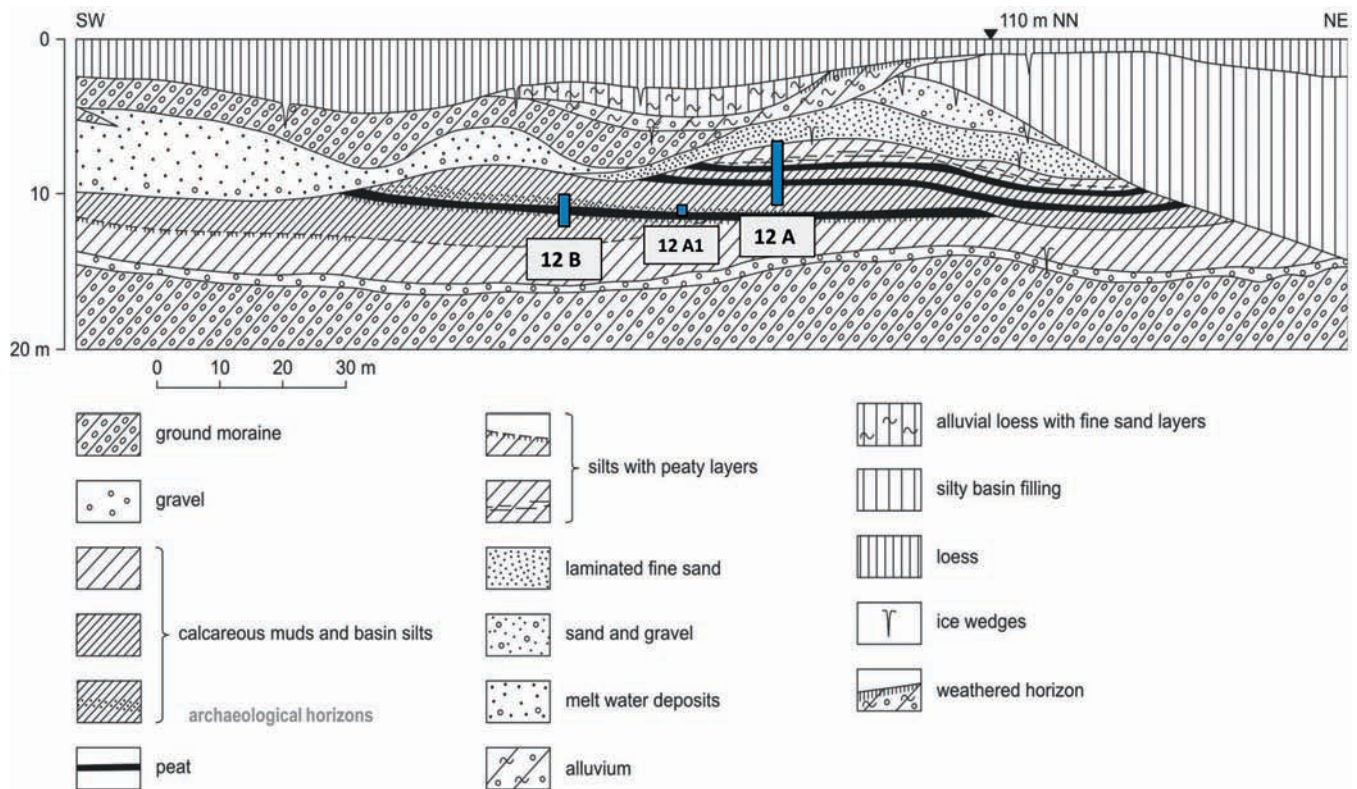


Fig. 4 Geological setting of the sequence Schöningen 12 II. Bars are schematically marking the sampling position of profile 12 A (92) and 12 B (92). The position of sample 12 A1 of the second archaeological horizon is at the base of profile 12 A (92). – (After Mania 1995).

Samples were taken from the archaeological site Schöningen 12 containing the first archaeological horizon (profile and pollen sequence 12 B) and the second archaeological horizon (profile and pollen sequence 12 A), during the first Palaeolithic archaeological campaign in the north-west part of the southern mining area (fig. 4). Samples from sequence 13 II K were taken from the southern margin of this mining field during the same field campaign in 1992. A sequence of profiles C, D, E, F, G, H, K, L, M, N, has been mapped by Mania (map of detailed cross section of H. Thieme and D. Mania 22.8.1992, unpublished; compare fig. 3). Profiles F and G were sampled for sedimentological studies only while, profile K, spanning 8 meters, was also sampled for palynological study.

Sampling of fine grained and organic deposits at archaeological site Schöningen 12 and site 13 II, profile 13 K, described here was carried out from exposures using 25 x 7 x 5 cm sized steel boxes (fig. 5) or by taking 10x10cm samples. Additional depth related samples, including soil monoliths, were taken for botanical and geochemical analysis (figs 6-7).

The texture of the horizons was determined by the hydrometer method (van Reeuwijk 1992). The same samples were analyzed for their pH in a 1:2.5 0.01 M CaCl₂-suspension, for their carbonate content following gasometric determination with the Scheibler apparatus and for soluble salts (Electrical Conductivity, EC) according to VDLUFA (1991). Organic carbon (OC) was determined using the Walkley-Black procedure (Page et al. 1982) which detects pedogenic carbon. For palynological analysis, including charcoal particles, 10-20g samples were treated by standard palynological methods. These procedures included dispersion



Fig. 5 Sediment profile and sampling for sedimentological and palynological investigations in metal boxes at profile Schöningen 12 A (92) during the excavation period. – (Photo P. Pfarr).



Fig. 6 Soil monolith sampling at profile Schöningen 12 B (92) containing the first archaeological horizon. – (Photo B. Urban).

with 10% NaOH, carbonate removal by 10% HCl, flotation to separate organics from the inorganic matrix using sodium metatungstate ($3\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 5\text{WO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) and acetolysis (Faegri / Iversen 1989; Moore et al. 1991). Prepared residues were embedded in glycerine on microscope slides. Pollen and spores were identified with the aid of the atlases of Moore et al. (1991), Beug (2004) and Faegri / Iversen (1989) and a reference collection of the Laboratory of the Institute of Ecology, Subject Area Landscape Change at Leuphana University of Lüneburg. Counts were made to a pollen sum (100%) of, on average, 400-500 arboreal (AP) and non-arboreal pollen (NAP) per sample excluding aquatic taxa, Cyperaceae and Ericaceae as well as fern and moss spores and reworked palynomorphs. Pollen calculations and diagram construction were performed with the software package TILIA, TILIA GRAPH and TILIA VIEW (Grimm 1990).

RESULTS

Sedimentology and palynology of profiles of the Reinsdorf sequence

Profile Schöningen 12 B containing the first archaeological horizon

Profile 12 B spans 155 cm, starting at the bottom of the sequence (155-130cm) with a green, strong calcareous silt (40-80%) which is low in organic carbon (ca. 1.2%) (fig. 8). Between 130 and 80cm the



Fig. 7 Photo taken from soil monolith of the upper parts of profile Schöningen 12 B (92) in organic richer facies. – (Photo B. Urban).

sandy, lower carbonate containing (13-20%) silt with mollusc shells and pieces of wood, shows varying organic carbon contents (2-ca. 8%). The sequence shows, especially in this part of the profile, fine laminations of silty layers alternating with sandy horizons, partly rich in well preserved plant remains; these being characteristic for bank sediments of a shallow water body. Between ca. 80 and 70 cm (figs 7-8), a decomposed fen peat layer is intercalated having a carbon content of about 19%. It is poor in carbonate and contains slightly higher amounts of soluble salts. The peat layer is overlain by a sandy, slightly organic silt containing wood (70-55 cm). The first archaeological horizon (50-30 cm) was found in a carbonate rich (14%), pebbly to coarse sand characteristic of fluvial activity at the margin of a former shoreline of a shallow lake; it has an organic carbon content of about 2% (figs 8-9). This layer is rich in wood, bones and artefacts indicative of human activity. The top of the profile between 30 and 0 cm is made up of a dark brownish organic silt (OC 5%), rich in plant macro remains. The pH of almost all the profile is alkaline to slightly acid due to the carbonate content.

The pollen diagram (fig. 9; tab. 1) can be divided into five zones/subzones which could be directly correlated with local pollen assemblage zones (LPAZ) of site 13 II (Urban 1995a; 2007) and were, therefore, given the same main notations. The pollen zones and subzones are described from bottom to top.

LPAZ R1 b (150-130 cm): *Quercetum mixtum*, 1st *Tilia maximum*, *Quercus*, *Pinus*, *Picea*.: Subzone R1 b is characterized by very high values of *Tilia*, high amounts of *Cyperaceae* and *Polypodiaceae*, some

Pinus and small amounts of other tree and herb pollen. This basal part of the profile shows evidence of oxidation, probably the result of exposure to the atmosphere for a substantial period of time. Consequently, the assemblage may be biased towards grains that are most resistant to erosion.

LPAZ R 2 (130-100 cm): *Corylus*, *Alnus* (*Picea*, *Quercetum mixtum*, few *Taxus*): Zone R2 is characterized by a strong increase in *Alnus* accompanied by an expansion of *Corylus*. *Picea* has increased slightly, whereas *Tilia* shows the decline which has been observed during the *Corylus* expansion in other Reinsdorf profiles (Urban 1995a; 2007).

LPAZ R 3a (100-67 cm): 2nd *Tilia maximum*, *Picea-Carpinus* (*Alnus*, *Corylus*, very few *Abies*): During pollen subzone R 3a, *Tilia* recovers slightly and reaches a second maximum. This feature is observed in comparative profiles of Reinsdorf pollen diagrams from site 13 II.

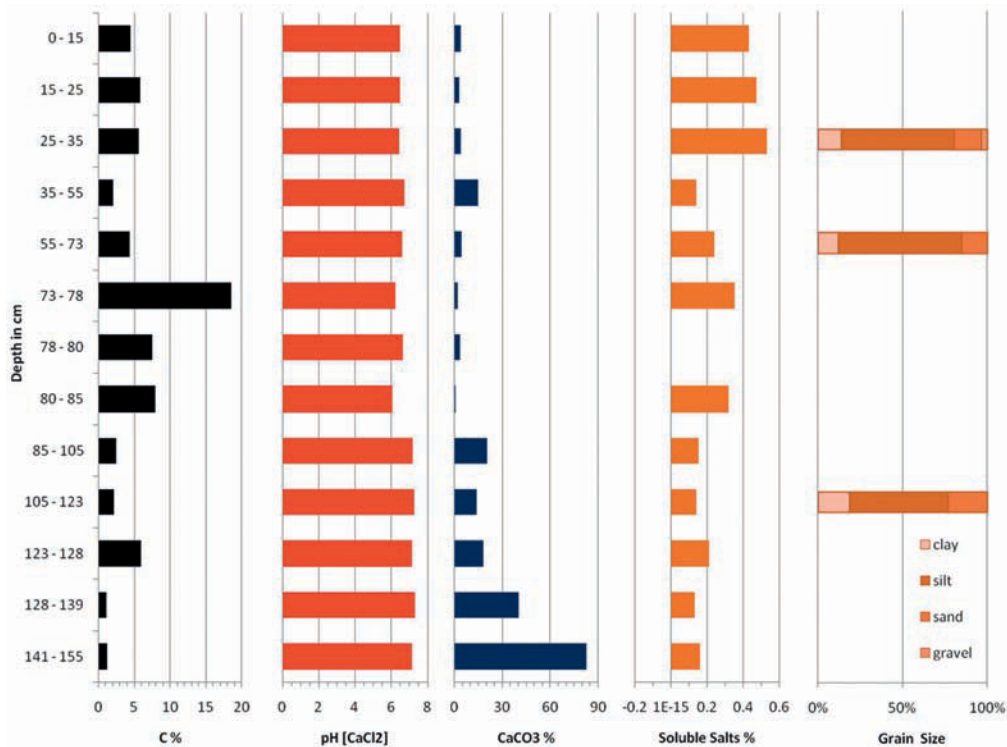


Fig. 8 Sedimentology of profile Schöningen 12 B, 1st archaeological horizon (92).

Subzone R 3a has been further divided into sub-subzones R 3a₁ (100-82.5 cm) which is characterized by a decrease in *Alnus* und increasing *Pinus* and R 3a₂ (82.5-67 cm) with a decline in *Tilia* but increases in *Abies*, Cyperaceae, Poaceae and other terrestrial herbs as well as Polypodiaceae.

LPAZ R 3b (67-0 cm): *Carpinus*, *Abies*, *Picea* (*Alnus*): Topmost subzone R 3b is dominated by *Carpinus* (to 11%), *Abies* (up to 8%) and *Picea* (around 7%) and contains occasional grains of *Pterocarya* and *Fagus*, the latter not shown in the diagram. *Alnus* is of minor importance whereas Ericaceae, Cyperaceae and *Sphagnum* as well as heliophilous terrestrial herbs are conspicuous and indicate a change in the local hydrological and light conditions. Massulae of *Azolla filiculoides* have been found in pollen subzone R3b as well as in all pollen zones of profile 12 B. It can be concluded that vegetation cover opened during that period of time. The first archaeological horizon situated between 50 cm and 30 cm can be assigned to the middle part of pollen subzone R 3b (fig. 9).

In summary, it can be stated that even though the lithology of profile B 12 varies between sandy, silty more or less organic, and carbonate rich silt and mud, no greater hiatuses have been observed, as the main characteristic pollen zones were detected. It is assumed that sedimentation rate was relatively low and might have varied, as seen in rapid taxa expansion during transitions. The profile spans part of the thermal optimum till the terminal *Carpinus-Abies-Picea* phase which is also recorded from profiles 13 A and 13 B (Urban 1995a) and recently investigated sequences from site Schöningen 13 II (Urban et al. 2011). Human occupation represented by the first archaeological horizon took place during the middle to late part of the terminal interglacial phase R 3b (fig. 9). Thieme et al. (1993) assigned this part of the Reinsdorf sequence to level II-1.

Urban 1995; Schöningen 13 II (96); Urban 2007, modified; Urban unpubl.	Schöningen 13 II (03), Urban et al. 2011, Urban unpubl.	Profile 12 A (92), sample A1, profile 12 B (92); figs 9. 11	Profile 13 II K (92); fig. 14	Archaeological horizons at sites and profiles 12 A, (92) 12 B (92), 13 II	²³⁰ Th/U dated pollen zone/level Urban et al. 2011 Sierralta et al., this volume
LPAZ/ local subdivision	LPAZ/ local subdivision	LPAZ/ local subdivision	LPAZ/ local subdivision	13 II – levels	age [ka]
Poaceae, NAP, Betula,	RS II, in prep.			Level 13 II-5	
RI B: Pinus (Picea, Betula, Larix), Poaceae, NAP	RI 1d	level 12 A4	level 13 II K4 ?	hunting spears, level 13 II-4(c)	
(RS B)?: Juniperus, Poaceae, NAP	RI 1c (RS II ?)	?	?	?	
RI A: Pinus (Poaceae, Larix)	RI 1: (RI 1a-RI 1b)	level 12 A1-A2 A3	level 13 II K3 level 13 II K2	level 13 II-3	
RS A RS 11, 12: Poaceae,	RS 11, 12	A1	13 II K 1	level 13 II-2/3 2 nd horizon 12 II-2	
R4/5: Pinus, Betula,(Alnus, Larix), Poaceae, Ericaceae	R 4/5	Hiatus?	Hiatus? R4/5		
R3b: Carpinus, Abies, Picea (Alnus) (Pterocarya, Fagus, cf. Celtis)	R3 b	R3 b	R3 b	1 st horizon 12 II-1	290 ± 5
R3a: 2.Tilia phase, Picea, Carpinus (Alnus), Corylus, few Abies	R3a	R3a2 R3a1			
R2: Corylus, Quercus, (QM), Alnus (very few Taxus)	R2	R2			
R1b: QM, 1.Tilia phase, Quercus (Pinus, Picea)		R1b			
R1a: QM, Fraxinus, Tilia, Quercus, Pinus					
initial phases not recorded					

Tab. 1 Correlation of profiles Schöningen 12 B (92) and 12 A (92), Schöningen 13 II K (92), Schöningen 13-II (96) (Urban 2007) and Schöningen 13 II (03) reference profile (Urban et al. 2011) of the Reinsdorf sequence (Urban 1995) and position of archaeological horizons.

Profile Schöningen 12 A and sample 12 A1 of second archaeological horizon

From field observations it was visible that sequence 12 A discordantly overlay section 12 B (**fig. 4**). Section 12 A was assigned to level II-2 and II-3 of the Reinsdorf sequence. Sample A1 of archaeological horizon 2 was taken from basal organic rich (OC 12%), muddy calcareous (12% CaCO₃) silts of level II-2 of section 12 A (**fig. 4**).

The 460 cm long profile 12 A taken from above the second archaeological horizon starts at 0 cm defined as the top. It is generally characterised by alternations of strongly calcareous organic rich and organic poor silty, sandy mud containing molluscs and, at its base, small wood fragments. Sediments are nearly carbonate free at the bottom of the profile between 460 and 435 cm and the carbonate content increases

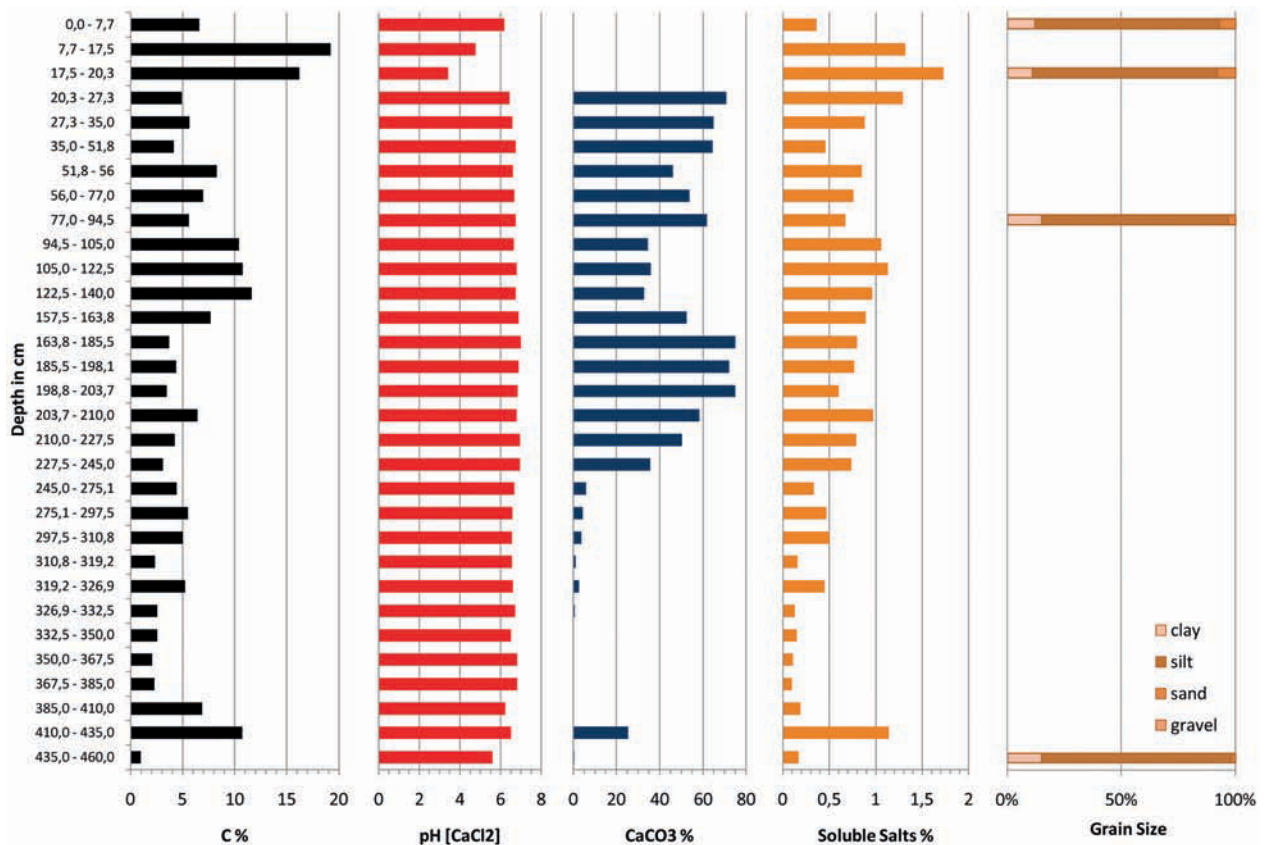


Fig. 10 Sedimentology of profile Schöningen 12 A (92).

up to 25% between 435 and 410 cm (fig. 10). The carbonate content drops again and then continuously increases up to ca. 6% from 410 to 245 cm (unclear). Organic carbon values range between 7% und 2.5%. From 245 up to 25 cm the sediment is extremely rich in carbonates (max. 75%) characteristic of the Characeae gyttja types described by Thieme / Mania (1993). Organic carbon varies at these depths between 3 and 11%. The top of the profile is then characterised by a peaty layer, which is carbonate free, consisting of ca. 19% organic carbon and enriched in soluble salts and acidified (fig. 11). Higher salt contents have frequently been found to occur in organic-rich peat and gyttja layers of the Pleistocene sequences in the Schöningen mine and are caused by post sedimentary processes of infiltration of saline groundwater under higher groundwater level.

Sample A1 (fig. 11, bottom) taken at the second archaeological horizon at the fire place is characterised by a complete lack of interglacial thermophilous tree pollen and is dominated (around 50%) by non arboreal pollen and by *Pinus* and *Betula*.

The succeeding profile 12 A has been subdivided into four major pollen zones 12 A1, 12 A2, 12 A3 and 12 A4 (fig. 11, top).

Zone 12 A1 (450-320 cm) shows slightly increased values for *Pinus* in comparison with sample A1 from the underlying horizon and the presence of *Alnus*, *Salix* and *Picea*. *Ericaceae*, *Sphagnum* and *Polypodiaceae* played a major role in the local swamp vegetation. Heliophilous terrestrial herbs including *Artemisia* and grasses reach in total between 15 and 35%. The swampy fen conditions are reflected by high amounts of *Sphagnum* and *Ericaceae*. The high amount of reworked mainly Tertiary palynomorphs indicates substantial erosional activity.

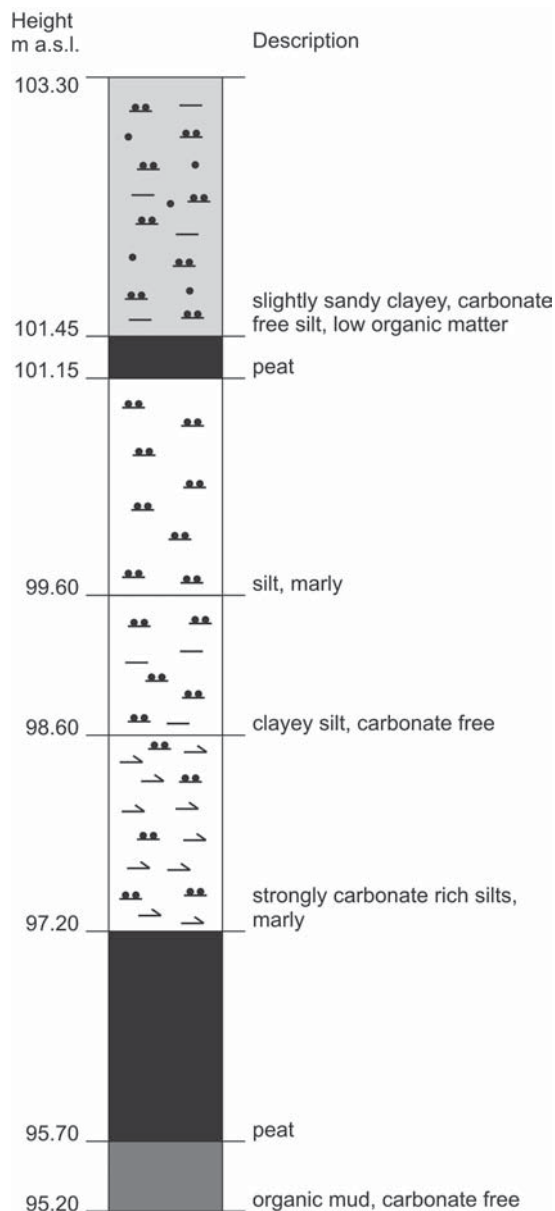


Fig. 12 Scheme of lithological setting of profile Schönningen 13 II K (92).

Zone 12 A2 (320-190 cm) is characterised by a strong increase of Poaceae (up to 25%) and heliophilous herbs and a temporary dominance of *Betula* over *Pinus*. The still swampy fen conditions are indicated by the occurrence of *Sphagnum* and Ericaceae in the lower to middle part of that pollen zone.

During Zone 12 A3 (190-20 cm) another small oscillation is recorded again by decreasing *Betula* (around 20%) and Poaceae (around 10%) and increasing *Pinus* values (to about 50%) between 190 cm and 130 cm. Increasing abundances of aquatic plant pollen like *Myriophyllum spec.*, *Potamogeton spec.* and *Typha/Sparganium* in the lower part the zone, as well as the Characeae rich sediment type, point to spacious open water surface areas. The high amounts of pollen of Ranunculaceae in the upper part of Zone 12 A2 might predominantly derive from *Ranunculus aquatilis*, *Ranunculus acris* and from *Ranunculus sceleratus*. Seeds of those species, typical of aquatic and riverine vegetation respectively have been found to occur frequently in levels II-2 and II-3 at sites Schönningen 12 and 13 (Jechorek 1997; 2000; Jechorek et al. 2007).

The upper part of pollen zone 12 A3 is characterized by a rise in Cyperaceae and two peaks in the Ranunculaceae (*Ranunculus acris* type) curve pointing to increasing terrestrialisation of the lake shore. Among the NAP, grasses are predominant with maximum values up to 23%, while the heliophilous terrestrial herb pollen sum (e.g. *Artemisia*, *Cerealia* type) oscillates around 20%.

Zone 12 A4 (20-0 cm) pollen assemblage, derived from the topmost peat layer, shows a strong increase in *Pinus* and a collapse of *Betula*. Terrestrialisation of the lake-shore is indicated in the uppermost part of the zone by reed species e.g. *Typha latifolia* and the strong increase

in the Cyperaceae curve. As the peat is truncated, the further development of pollen zone 12A4 cannot be determined.

In summary it can be concluded that the landscape had turned into a more open woodland at the time of human occupation evidenced by the second archaeological horizon (sample A1). After pollen zone 12 A1, *Picea* and *Abies* disappeared and forest-steppes of boreal type with *Pinus* and *Betula* as the main woody taxa and *Larix*, *Juniperus*, grasses and heliophilous herbal taxa are indicative of zones 12 A2 and 12 A3. During the youngest recorded pollen zone 12 A4, the expansion of a denser pine forest is recorded.

Profile Schönningen 13 II K (92)

Sequence 13 II K discordantly overlaying Elsterian sediments has a comparable stratigraphic position to published profiles 13 A (13 II) and 13 B (13 II) (Urban 1995a).

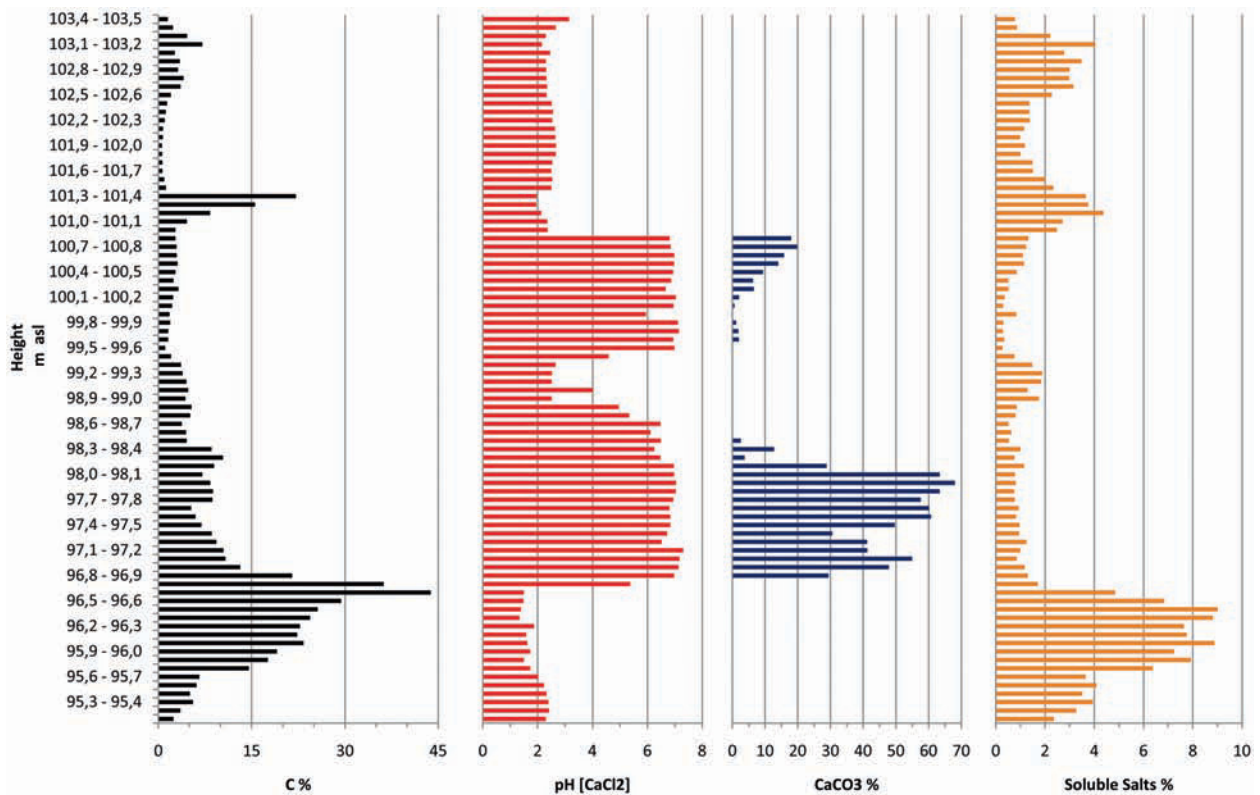


Fig. 13 Sedimentology of profile Schöningen 13 II K (92).

Profile Schöningen 13 II K (92) has the following sedimentological features (figs 12-13). Between 95.20 and 95.70 m asl, organic silty mud (max. 6% OC), which is carbonate free and contains up to 4% of soluble salts underlies peaty layers between 95.70-97.20 m asl. The peat itself is overlain by strongly carbonate rich (88% CaCO_3) travertine like silts consisting of 5% to 13% organic carbon from 97.20-98.60 m asl. Sediment layers at 98.60-99.60 m asl, are composed of carbonate free clayey silts with medium organic carbon contents ranging between 2 and 5%. From 99.60 to 101.15 m asl, the OC content of the slightly marly silts is decreasing. A decomposed peaty layer is intercalated between 101.15 and 101.45 m asl, which is again carbonate free and consists of up to about 20% organic carbon. The top of the profile is made up of slightly sandy clayey, carbonate free silt with marginally higher organic contents between 101.45 and 103.30 m asl.

The pollen diagram has been divided into five pollen zones (fig. 14):

The lower most pollen zone Zone R 3b 4/5 (95.25-95.70 m asl) is characterised by *Pinus*, *Alnus* and *Betula*. The values of the taxa *Picea*, *Ulmus*, *Tilia*, *Carpinus* and *Abies*, which are all present with low amounts at the base, are approaching zero percentage towards the upper boundary of the zone. Cyperaceae and Ericaceae as well as Sphagnum spp. indicate a swampy environment. Beside the autochthonous sporomorphs, high amounts of reworked pollen and spores have been found in the uppermost samples. The late interglacial pollen composition can be correlated with zone R4/5 in other Reinsdorf pollen diagrams.

The subsequent Zone 13 II K1 (95.70-96.25 m asl) is characterized by a strong increase of Poaceae (60%), *Artemisia* and other heliophilous herbs. The *Pinus* curve has decreased to 12-24%, whereas the curve of *Betula* oscillates around 15-20%. High amounts of Polypodiaceae point to increasing humidity. This zone,

which is developed in organic peat facies, indicates increasing terrestriation of the local environment. Similar features have been observed in other pollen diagrams of the Reinsdorf sequence and allow correlation with Reinsdorf Local Pollen Assemblage Zone (LPAZ) RS I (Urban 2007; Urban et al. 2011). Zone 13 II K2 (96.25-98.15 m asl) is still developed in organic telmatic facies up to 97.20 m asl whereas the upper most part is characterized by a marly, strong calcareous sediment. It displays new expansions of *Betula* and *Pinus* and decreases of grasses and herbaceous taxa. The curves of *Betula* and *Pinus* alternate throughout this zone while *Alnus* and *Picea* pollen are restricted to the upper part of the zone. The curves of Cyperaceae and Poaceae have dropped while amounts of *Potamogeton* and of probable aquatic Ranunculaceae increase in the upper part of the zone pointing to local open water conditions. During Zone 13 II K 3 (98.15-100.55 m asl) *Pinus* achieves values of between 30 and <50%, *Betula* oscillates around 15%, while values for Poaceae and Cyperaceae as well as those of *Sphagnum spp.* and Ericaceae have strongly increased. The spectrum of heliophilous taxa becomes more diverse. Towards the upper part of Zone 13 II K4 (100.55-101.25 m) the curve of *Pinus* declines whereas NAP taxa, including Poaceae, *Artemisia*, *Galium*, Asteraceae, Cichoriaceae and Ranunculaceae, increase up to 50%. In summary, the diagram represents later parts of the Reinsdorf interglacial; the terminal *Pinus*, *Betula*, *Alnus* and *Picea* phase can be correlated with pollen Zone R 4/5 of reference diagrams e. g. Schöningen 13 II (96) (Urban 2007; Urban et al. 2011) and a climatic deterioration reflected by zone 13 K2, which most probably can be correlated with the LPAZ RS I (tab. 1). The subsequent zones are characterized by higher values of *Betula* and *Pinus* and an almost total lack of thermophilous tree taxa, only *Alnus* and *Picea* occurring occasionally with low values.

DISCUSSION

The palynological findings and age determinations are discussed below with emphasis on the nature and correlation of the Reinsdorf sequence.

Schöningen (Cycle III), northern mining area

The sequence later termed channel, respectively cycle III (Mania 1995; 1998) is composed of silty muds and peats and represents the Schöningen Interglacial (Urban et al. 1991b; Urban 1992; 1995a). The pollen assemblages indicate a warm climate and are generally characterised by high percentages of *Pinus* and *Tilia* with some *Quercus*. High amounts of *Alnus* were found almost throughout the entire profile. A *Carpinus* phase with *Picea* occurs near the end of the warm period, while *Abies* is absent, apart from an occasional grain. Massulae of the water fern *Azolla filiculoides* are abundant in the *Alnus*-rich parts of the sequence. The Schöningen Interglacial is succeeded by the Elm A Stadial which is followed by two temperate periods, the Büddenstedt I and II Interstadials, revealing *Pinus-Betula* forests. The interglacial and stadial-interstadial sequence of channel III (cycle III) is overlain by glaciofluvial sands and till of the first Saalian ice advance (Drenthe Stadium). Based on the pollen record, correlation has been made with the Wacken (Menke 1968; 1980) and Dömnitz (Erd 1970; 1973) Interglacials and Hogeveen Interstadial (Zagwijn 1973) (fig. 1) by Urban et al. (1991b) and Urban (1995a; 2007). A review of age determinations of peat of the Schöningen Interglacial, which gave uncorrected $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ ages of 180 and 227 ka (Heijnis 1992), is presented in detail in Sierralta et al. (this volume).

Holsteinian (Cycle I)

During the initial phase of the brown coal excavations, limnic and telmatic deposits of a broad channel (later termed Cycle I; **fig. 2**) overlying the Elsterian sequence have been exposed. Based on its characteristic pollen assemblages with *Abies* reaching up to nearly 50% and *Pinus*, *Picea* and *Pterocarya* well represented (Urban 1997), Cycle I layers have been assigned to late parts of the Holsteinian Interglacial and correlated with other sites in North western Germany (amongst others Munster-Breloh, Heidekreis: Müller 1974; Hamburg-Dockenhuden: Linke / Hallik 1993; Bossel, Lkr. Stade: Müller / Höfle 1994), by Urban et al. (1991b; Urban et al. 2011) and Urban (2007). A strong cooling is recorded by a significant increase in herbaceous pollen including grasses during the following Buschhaus A Stadial, which is considered to mark the onset of the Saalian Complex *sensu lato* (penultimate glacial-complex) (INQUA SEQS, 1992). That stadial period is followed by a twofold temperate boreal phase, the Missaue I and II Interstadials, while Buschhaus B Stadial had a steppic character. It is followed by another temperate phase, Interstadial SU A, with *Pinus* being the dominant tree genus.

Cycle I sediments from the southern mining area of the Schöningen open-cut mine (**fig. 3**) underlie gravel and channel II (Cycle II) sediments revealing evidence for a boreal type of open landscape vegetation (Urban, unpublished) where another fire place of *Homo erectus* (Thieme 1995; 2007) was excavated. As the pollen spectra contain pollen of warm loving interglacial taxa (*Abies*, *Carpinus*, *Taxus*, *Fagus*) with low amounts and reworked pollen and other microfossils (e.g. *Symplocos*, Dinoflagellates), a correlation with other sequences remains open so far. The mammalian fauna of the excavated site (van Kolfschoten 1995; van Kolfschoten et al. 2007) is mainly composed of elephant, (cf. *M. trogontherii*) bison, horse and red deer. Richter (1998) dated a burned flint of the fire-place of those Cycle I sediments by thermoluminescence (TL) to 450 ± 40 ka. Recent palynological results of the Cycle I deposits (Schöningen 13 I) of the southern mining field and those of site 13 I DB show great similarities with the Holsteinian deposits of the northern mining field (Urban, unpublished).

Reinsdorf (cycle II) interglacial pollen assemblages of the southern mining area, though having certain similarities, differ in many aspects from those of comparable pollen zones of Holsteinian sediments of the northern mining field. As an example, *Abies* is present with high values between 30% and 50%, *Picea* with 10-15%, while *Carpinus* ranges between 1% and 5% in both mere peat and limnic-telmatic deposits of the Holsteinian in the northern mining field. In the Reinsdorf sequence of the southern mining field the *Carpinus-Abies* phase is generally characterised by *Abies* values below 10% (max. 15%), whereas *Carpinus* can reach up to 30% (Urban 1996a). The joint appearance of single grains of cf. *Pterocarya* and very scattered occurrences of *Fagus* in late phases of both interglacials seems a significant tool for correlation as the occurrence of *Pterocarya* is often taken as a marker for the Holsteinian (see above). Hence it has to be noted that the occurrence of *Pterocarya* in the Schöningen profiles is not restricted to a distinctive pollen zone, either to the Reinsdorf or to Holsteinian deposits of the northern mining area only. *Pterocarya* pollen has also been found in Pleistocene horizons of different stratigraphic positions in mine Schöningen, which often consist of reworked Tertiary and Early Pleistocene fossils, including pollen and dinoflagellates. The stratigraphic value of this marker for deposits of the manifold glaciated North European lowland, where sediments often consist of considerable amounts of reworked sporomorphs, is therefore questioned by Meijer / Cleveringa (2009). This is supported by our observations of the occurrences of *Pterocarya* pollen in Pleistocene sequences of mine Schöningen, each of which demands careful interpretation. Other co-occurring marker species of Middle Pleistocene Central European interglacials are *Fagus*, *Taxus*, *Celtis* and *Azolla filiculoides*. Grüger et al. (1994) found evidence of those taxa in forest phase 3 of drill core sediments of Göttingen-Ottostraße. Correlation of this *Carpinus* und *Abies* rich interglacial phase with sequences of pit

Nachtigall, which has recently been Uranium/Thorium dated, suggest a MIS 7 age of those warm temperate forest phases (Waas et al. 2011).

Reinsdorf (Cycle II)

The sediment sequence of Cycle II contains a series of five levels (levels 1-5, cycle II-1 to cycle II-5) represented by peat and organic, silty and calcareous muds, in places extremely rich in molluscs (Mania 1998; 2007). These lacustrine sediments have been found to occur at archaeological sites Schöningen 12 and 13 (Thieme et al. 1993; Thieme / Mania 1993; Thieme 1996; 1997; 1999; Urban 1999). Urban (2007) has described at least 13 local pollen assemblage zones. The vegetation succession of the Reinsdorf sequence described by LPAZ (see as well Urban 1995a) is described as a two-folded Quercetum mixtum-phase LPAZ R1a with *Tilia*, *Fraxinus* predominant, and by LPAZ R1b with a first *Tilia* phase, which is followed by LPAZ R2, the *Corylus-Quercus*-(QM)-*Alnus* (few *Taxus*) zone. A second *Tilia* maximum is characteristic for the *Picea-Carpinus*-(*Alnus*, *Corylus*) phase of LPAZ 3a and followed by the *Carpinus-Abies-Picea* (*Alnus*) LPAZ R3b and a *Pinus-Betula*-(*Alnus*, *Larix*)-Ericaceae-Zone, LPAZ R4/5. The water fern *Azolla filiculoides* occurs frequently during the Quercetum-mixtum-phase though also in younger zones. Occasional grains of *Fagus* and *Pterocarya*, though occurring with single grains in other layers of Schöningen sequences (Urban et al. 2011), have been found in LPAZ 3b/4. The interglacial ends with an opening of the boreal woodland and a strong increase of grasses, terrestrial herbs and local expansion of Ericales during LPAZ RS I1 and RS I2, followed by open forest- steppes of boreal type (RI A and B after Urban 2007) represented mainly in peat sediments.

Correlation of pollen zones of the analysed profiles Schöningen 12 B, 12 A, and single sample A1 and of profile 13 II K to other sections of the Reinsdorf sequence are presented in **table 1**.

The first archaeological horizon of site 12 B (level II-1, base of II-2 respectively) (Thieme 1996; 1997; 1999), can be assigned to the *Carpinus-Picea-Abies* zone (**fig. 9; tab. 1**) and correlated with LPAZ R3b after Urban (1995a; 2007). Level II-1 is characterised by elements of slightly open deciduous and mesophilous mixed deciduous forests as demonstrated by karpological findings (Jechorek 2000; Mania / Mai 2001; Jechorek et al. 2007).

Pollen zone R3b, which contains occasional grains of *Pterocarya* and *Fagus* significant for Holsteinian pollen zones 6 after Erd et al. (1987) and pollenzone XIII (Müller 1974), has recently been ²³⁰Th/U dated (Sierralta et al. this volume). More results of this 16m reference profile of the Reinsdorf sequence in comparison to other interglacial pollen spectra of mine Schöningen are discussed at length in Urban et al. (2011).

The second archaeological horizon (**fig. 11; tab. 1**) at the fire place is characterized by an open pine, birch woodland rich in grasses and further heliophilous herbs. The pollen spectrum might at best be placed at the base of local zones RS I1, I2 which is dominated by Poaceae, NAP and among the 50% tree pollen by *Betula*, *Pinus* and *Salix* accompanied by *Juniperus*.

The Schöningen 13 II K profile consists of late interglacial pollen spectra (13 II K1) and the transition to an open environment evidenced by a strong increase of grasses, terrestrial herbs and Ericales and a pronounced decrease of arboreal pollen (pollen zone 13 II K2), which most probably correlates with Reinsdorf LPAZ RS I (Urban 2007) (**fig. 14; tab. 1**). The subsequent pollen zones 13 II K 3-K 4, sample A1 of the second archaeological horizon and following zones 12 A1-A3 of profile 12 A show great similarities with respect to the palaeoenvironmental conditions and seem to reflect a climatic amelioration though of minor intensity following the thermal decline. Cool boreal conditions are confirmed by malacozoological analyses (Thieme et al. 1993, Mania in: Thieme / Maier 1995). The entire 12 A sequence has been attributed to level

II-2, II-3 respectively by Thieme et al. (1993), which would most probably imply that the peat of pollen zone 12 A4, which is not reproduced in profile 13 II K, is reflecting parts of levels II-3 and II-4 of the Reinsdorf sequence RI A and B (Urban 1995; 2007).

Heijnis (1992) and Heijnis / Urban (1995) published the first $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ uncorrected age of approx. 320 ka from peat of the Reinsdorf sequence (peat samples of profiles 12 A, 12 B, 13A II were dated). A 16 m profile covering the biostratigraphic units of the Reinsdorf sequence at the hunting spear excavation site Schöningen 13 II (2003) still under detailed investigation has recently been dated and palynologically investigated in a preliminary fashion. The first thermal ionisation mass spectrometry (TIMS) $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating of peat taken from this profile has provided new evidence for the age of the Reinsdorf sequence (Urban et al. 2011), (tab. 1). The ages range from 280-343 ka with a mean isochron age of 290 ± 5 ka. Details are given by Sierralta et al. (this volume).

CONCLUSION

Palynological analysis of profiles from the archaeological site Schöningen 12 (92) and 13 II K (92) reflect full and late interglacial phases of the Reinsdorf interglacial and the beginning of the subsequent climatic deterioration. New $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating results (Sierralta et al., this volume) ranging from 280-343 ka initially suggest a correlation of Reinsdorf pollen subzone LPAZ 3b, which is the corresponding level of the first archaeological horizon, with MIS 9 substages. Though the palynological investigations of those profiles are still ongoing, based on the $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating a correlation of the Reinsdorf sequence with Holsteinian deposits dated at the type site of Bossel (Geyh / Müller 2005; 2007) has to be taken into consideration. Such a correlation would imply that the Reinsdorf interglacial represents a regionally highly variable form of the Holsteinian sensu strictu (Urban et al. 2011) and leads to some reconsiderations of previous attempts at correlation, which need to take into account the results of the multidisciplinary research in the open mine Schöningen.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are very indebted to Dr. Hartmut Thieme, the archaeological excavator of the Schöningen sites, for his sampling and provision of sediments as well as for his support during field work, fruitful and stimulating discussions, advice and financial support. We thank Christiane Hilmer for valuable help with laboratory treat-

ment of the samples and soil analyses and Barbara Albrecht for her assistance with the palynological work. We are very thankful to Mario Tucci and Alexander Kunz who helped to draw the graphs and figures. We finally thank Peter Kershaw for critically reading the manuscript and the two reviewers for their valuable advice.

REFERENCES

- Altermann / Mania 2007: M. Altermann / D. Mania, Gliederung und Ablauf der Klimazyklen von Schöningen. In: Thieme 2007, 58-59.
- Beug 2004: H.-J. Beug, Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete (München 2004).
- Böhme 2000: G. Böhme, Reste von Fischen, Amphibien und Reptilien aus der Fundstelle Schöningen 12 bei Helmstedt (Niedersachsen) – Erste Ergebnisse. *Praehistoria Thuringica* 4, 2000, 18-27.
- 2007: G. Böhme, Fisch-, Amphibien- und Reptilienreste aus der Schichtenfolge des Reinsdorf-Interglazials von Schöningen. In: Thieme 2007, 105-111.
- Erd 1970: K. Erd, Pollen-analytical classification of the Middle Pleistocene in the German Democratic Republic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 8, 1970, 119-132.
- 1973: K. Erd, Vegetationsentwicklung und Biostratigraphie der Dömnitz-Warmzeit (Fuhne/Saale 1) im Profil von Pritzwalk/Prignitz. *Abhandlungen des Zentralen Geologischen Instituts* 18, 1973, 9-48.
- Erd et al. 1987: K. Erd / H. Palme / F. Präger, Holsteininterglaziale Ablagerungen von Rossendorf bei Dresden. *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften* 15, 1987, 281-295.

- Faegri / Iversen 1989: K. Faegri / I. Iversen, Textbook of pollen analysis (4th edn by K. Faegri / P. E. Kaland / K. Krzywinski) (New York 1989).
- Geyh / Müller 2005: M. A. Geyh / H. Müller, Numerical ²³⁰Th/U dating and a palynological review of the Holsteinian/Hoxnian interglacial. *Quaternary Science Reviews* 24, 2005, 1861-1872.
- 2007: M. A. Geyh / H. Müller, Palynological and Geochronological Study of the Holsteinian/Hoxnian/Landos Interglacial. In: F. Sirocco / M. Claussen / M. F. Sánchez Goni / T. Litt (eds), *The climate of past interglacials* (Amsterdam 2007) 387-396.
- Grimm 1990: E. Grimm, TILIA, TILIAGRAPH & TILIAVIEW. PC spreadsheet and graphics software for pollen data. Illinois State Museum, IL, USA. www.geo.arizona.edu/palynology/geos581/tiliaview.html (1.6.2012).
- Grüger et al. 1994: E. Grüger / H. Jordan / D. Meischner / P. Schlie, Mittelpleistozäne Warmzeiten in Göttingen, Bohrungen Ottostraße und Akazienweg. *Geologisches Jahrbuch A* 134, 1994, 167-210.
- Heijnis 1992: H. Heijnis, Uranium/Thorium dating of Late Pleistocene peat deposits in N.W. Europe [unpubl. diss. Univ. Groningen 1992] <http://dissertations.ub.rug.nl/faculties/science/1992/h.heijnis/> (13.9.2012).
- Heijnis / Urban 1995: H. Heijnis / B. Urban, ²³⁰Th/²³⁴U Dating of the Middle and Late Pleistocene organic deposits from the Schöningen/Helmstedt area, Lower Saxony, Germany. *Terra Nostra, Schriften der Alfred Wegener Stiftung* 1995/2 [INQUA, XIV Congress, Berlin], 109.
- INQUA SEQS: Subcommission on European Quaternary Stratigraphy. The Saalian sequence in the type region (Central Germany) (Halle 1992).
- Jechorek 1997: H. Jechorek, Die fossile Flora des Reinsdorf-Interglazials. Paläokarpologische Untersuchungen an mittelpleistozänen Ablagerungen im Braunkohlentagebau Schöningen [unpubl. diploma thesis Humboldt-Univ. Berlin 1997].
- 2000: H. Jechorek, Die fossile Flora des Reinsdorf-Interglazials. Paläokarpologische Untersuchungen an mittelpleistozänen Ablagerungen im Braunkohlentagebau Schöningen. *Præhistoria Thuringica* 4, 2000, 7-17.
- Jechorek et al. 2007: H. Jechorek / A. Czaja / D.-H. Mai, Die Vegetation des Reinsdorf-Interglazials, Rekonstruktion durch eine fossile Frucht- und Samenflora. In: Thieme 2007, 93-98.
- Linke / Hallik 1993: G. Linke / R. Hallik, Die pollenanalytischen Ergebnisse der Bohrungen Hamburg-Dockenhuden (qho 4), Wedel (qho 2) und Hamburg Billbrook. *Geologisches Jahrbuch A* 138, 1993, 169-184.
- Mania 1995: D. Mania, Die geologischen Verhältnisse im Gebiet von Schöningen. In: H. Thieme / R. Maier (eds), *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen* (Hannover 1995) 33-43.
- 1998: D. Mania, Zum Ablauf der Klimazyklen seit der Elstervereisung im Elbe-Saalegebiet. *Præhistoria Thuringica* 2, 1998, 5-21.
- 2007: D. Mania, Die fossilen Weichtiere (Mollusken) aus den Beckensedimenten des Zyklus Schöningen II (Reinsdorf-Warmzeit). In: Thieme 2007, 100-104.
- Mania / Mai 2001: D. Mania / D.-H. Mai, Molluskenfaunen und Floren im Elbe-Saalegebiet während des mittleren Eiszeitalters. *Præhistoria Thuringica* 6/7, 2001, 46-92.
- Meijer / Cleveringa 2009: T. Meijer / P. Cleveringa, Aminostratigraphie of Late and Middle Pleistocene deposits in the Netherlands and in the southern part of the North Sea Basin. *Global and Planetary Change* 68, 2009, 326-345.
- Menke 1968: B. Menke, Beiträge zur Biostratigraphie des Mittelpleistozäns in Norddeutschland. *Meyniana* 18, 1968, 35-42.
- 1980: B. Menke, Wacken, Elster-Glazial, marines Holstein-Interglazial und Wacken-Warmzeit. In: H. E. Stremme / B. Menke (eds), *Quartär-Exkursionen in Schleswig-Holstein* 5 (Kiel 1980) 26-35.
- Moore et al. 1991: P. D. Moore / J. A. Webb / M. E. Collins, *Pollen analysis* (Oxford 1991).
- Müller 1974: H. Müller, Pollenanalytische Untersuchungen und Jahresschichtenzählungen an der holstein-zeitlichen Kieselgur von Munster-Breloh. *Geologisches Jahrbuch A* 21, 1974, 107-140.
- Müller / Höfle 1994: H. Müller / H.-C. Höfle, Das Holstein-Interglazialvorkommen bei Bossel westlich von Stade und Wanhöden nördlich Bremerhaven. *Geologisches Jahrbuch A* 134, 1994, 71-116.
- Page et al. 1982: A. L. Page / R. H. Miller / D. R. Kennedy 1982. *Methods of Soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Agronomy Series 9* (Madison, Wis. 1992).
- Richter 1998: D. Richter, Thermolumineszenzdatierungen erhitzter Silices aus mittel- und jungpaläolithischen Fundstellen. Anwendung und methodische Untersuchungen [unpubl. diss. Univ. Tübingen 1998].
- Thieme 1995: H. Thieme, Der altpaläolithische Fundplatz Schöningen 13 I (Holstein-Interglazial). In: Thieme / Maier 1995, 57-61.
- 1996: H. Thieme, Altpaläolithische Wurfspere aus Schöningen, Niedersachsen – Ein Vorbericht. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 26, 1996, 377-393.
- 1997: H. Thieme, Lower Paleolithic hunting spears from Germany. *Nature* 385, 1997, 807-810.
- 1998: H. Thieme, Altpaläolithische Wurfspere von Schöningen, Niedersachsen. *Præhistoria Thuringica* 2, 1998, 22-31.
- 1999: H. Thieme, Altpaläolithische Holzgeräte aus Schöningen, Lkr. Helmstedt. Bedeutsame Funde zur Kulturentwicklung des frühen Menschen. *Germania* 77, 1999, 451-487.
- 2007: H. Thieme, Die Fundschicht Schöningen 13 II-4: Zehn Meter unter unseren Füßen. In: Thieme 2007, 128-135.
- Thieme / Maier 1995: H. Thieme / R. Maier (eds), *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt* (Hannover 1995).
- Thieme / Mania 1993: H. Thieme / D. Mania: »Schöningen 12« – ein mittelpleistozänes Interglazialvorkommen im Nordharzvorland mit paläolithischen Funden, *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 1993, 610-619.
- Thieme et al. 1987: H. Thieme / R. Maier / B. Urban, Archäologische Schwerpunktuntersuchungen im Helmstedter Braunkohlenrevier (ASHB) – zum Stand der Arbeiten 1983-1986. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 17, 1987, 445-462.
- 1992: H. Thieme / R. Maier / B. Urban, Neue Erkenntnisse zum urgeschichtlichen Siedlungsgeschehen. *Archäologie in Deutschland* 1992/2, 26-30.
- Thieme et al. 1993: H. Thieme / D. Mania / B. Urban / T. van Kolfschoten, Schöningen (Nordharzvorland) eine altpaläolithische Fundstelle aus dem mittleren Eiszeitalter, *Archäologisches Korrespondenzblatt* 23, 1993, 147-163.
- Urban 1992: B. Urban, Interglacial/Glacial transitions recorded from middle and young Pleistocene sections of eastern Lower Saxony/Germany. In: G. J. Kukla / E. Went (eds), *Start of a Glacial. NATO ASI Series, Vol. I 3* (Berlin 1992) 37-50.

- 1995a: B. Urban, Palynological evidence of younger Middle Pleistocene Interglacials (Holsteinian, Reinsdorf, Schöningen) in the Schöningen open cast lignite mine (eastern Lower Saxony/Germany). *Mededelingen Rijks Geologische Dienst (Amsterdam)* 52, 1995, 175-186.
- 1995b: B. Urban, Vegetations- und Klimaentwicklung des Quartärs im Tagebau Schöningen. In: Thieme / Maier 1995, 44-56.
- 1996a: B. Urban, Mittelpleistozäne Waldzeiten im Tagebau Schöningen: Spektren aus dem Holstein-Interglazial und dem Harbke-Interstadial. In: *Spuren der Jagd – Die Jagd nach Spuren. Tübinger Monographien zur Urgeschichte 11* (Tübingen 1996) 487-495.
- 1996b: B. Urban, Zur Paläoökologie und Stratigraphie des Mittelpleistozäns im Tagebau Schöningen/NO Niedersachsen. In: *Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (ed.), Böden als Zeugen der Landschaftsentwicklung* (Kiel 1996) 127-140.
- 1997: B. Urban, Grundzüge der eiszeitlichen Klima- und Vegetationsgeschichte in Mitteleuropa. In: G. A. Wagner / K. W. Beinbauer (eds), *Homo heidelbergensis von Mauer – Das Auftreten des Menschen in Mitteleuropa* (Heidelberg 1997) 241-265.
- 1999: B. Urban, Middle and Late Pleistocene biostratigraphy and paleoclimate of an open-pit coal mine Schöningen: Germany. *Chinese Science Bulletin (Beijing)* 44 Suppl., 1999, 30-37.
- 2002: B. Urban, Rekonstruktion pleistozäner und holozäner Landschafts- und Klimageschichte im nördlichen Mitteleuropa mit Hilfe limnisch-telmatischer und terrestrischer Sediment- und Bodenabfolgen. In: *Geo 2002 – Planet Erde: Vergangenheit, Entwicklung, Zukunft. Deutsche Geologische Gesellschaft* 21, 2002, 336-337.
- 2007: B. Urban, Quartäre Vegetations- und Klimaentwicklung im Tagebau Schöningen. In: Thieme 2007, 66-75.
- Urban et al. 1988: B. Urban / H. Thieme / H. Elsner, Biostratigraphische, quartärgeologische und urgeschichtliche Befunde aus dem Tagebau »Schöningen«, Lkr. Helmstedt. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 139, 1988, 123-154.
- Urban et al. 1991a: B. Urban / H. Elsner / A. Hölzer / D. Mania / B. Albrecht, Eine eem- und frühweichselzeitliche Abfolge im Tagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt. *Eiszeitalter und Gegenwart* 41, 1991, 85-99.
- Urban et al. 1991b: B. Urban / R. Lenhard / D. Mania / B. Albrecht, Mittelpleistozän im Tagebau Schöningen, Lkr. Helmstedt. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 142, 1991, 351-372.
- Urban et al. 2011: B. Urban / M. Sierralta / M. Frechen, New evidence for vegetation development and timing of Upper Middle Pleistocene interglacials in Northern Germany and tentative correlations. *Quaternary International* 241, 2011, 125-142.
- van Kolfschoten 1995: T. van Kolfschoten, Faunenreste des altpaläolithischen Fundplatzes Schöningen 12 (Reinsdorf-Interglazial). In: Thieme / Maier 1995, 85-94.
- van Kolfschoten et al. 2007: T. van Kolfschoten / E. van Asperen / B. Voormolen, Die Großsäugerfauna von Schöningen. In: Thieme 2007, 76-86.
- van Reeuwijk 1992: L. P. van Reeuwijk, Procedures for Soil Analysis. Technical Paper 9 (Wageningen ³1992).
- VDLUFA 1991: VDLUFA Methodenbuch I Böden, Methode A 4.3.1, Methode A 5.3.1. VDLUFA-Verlag (Speyer 1991).
- Waas et al. 2011: D. Waas / A. Kleinmann / J. Lepper, Uranium-series dating of fen peat horizons from pit Nachtigall in northern Germany. *Quaternary International* 241, 2011, 97-110.
- Zagwijn 1973: W. H. Zagwijn, Pollenanalytic studies of Holsteinian and Saalian beds in the northern Netherlands. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 24, 1973, 139-156.

ABSTRACT / ZUSAMMENFASSUNG

Neue palynologische Befunde und Korrelation der altpaläolithischen Fundstellen Schöningen 12 B und 13 II, Tagebau Schöningen

Das Pleistozän im Tagebau Schöningen baut sich aus einer Vielzahl interstadialer und interglazialer limnisch-telmatischer, travertinartiger, glazigener und äolischer Ablagerungen und Böden auf. In diesem Beitrag stellen wir insbesondere palynologische Untersuchungsergebnisse der Reinsdorf Sequenz (Zyklus II) aus Profilen paläolithischer Fundhorizonte unter Berücksichtigung neuer ²³⁰Th/U-Datierungen vor. Die vorliegenden Befunde lassen eine klare Korrelation der Profile der archäologischen Seeufer Vorkommen 12 II und 13 II zu. Die ²³⁰Th/U-Alter spätinterglazialer organischer Sedimente mit einer Spannbreite von 280-350 ka legen eine Korrelation der Reinsdorf Sedimentabfolge mit der Marinen Sauerstoffisotopenstufe 9 nahe.

New palynological evidence and correlation of Early Palaeolithic sites Schöningen 12 B and 13 II, Schöningen open lignite mine

The Pleistocene of the Schöningen lignite mine is represented by various interglacial and interstadial peat and limnic sediments, travertine tuff, soils, tills and fluvioglacial and loess deposits. This paper discusses palynological investigations of sections of the Middle Pleistocene Reinsdorf sequence in relation to Lower Palaeolithic archaeological horizons and new ²³⁰Th/U ages. There is significant evidence for a correlation of the archaeological lake margin sites 12 B and 13 II. The ²³⁰Th/U ages of late interglacial organic layers range from 280-350 ka suggesting a correlation of the Reinsdorf sediment succession with Marine Isotope Stage (MIS) 9.

DIE SCHÖNINGER POLLENDIAGRAMME UND IHRE STELLUNG IM MITTELEUROPÄISCHEN MITTELPLEISTOZÄN

Seit 1982 finden im Tagebau Schöningen im Rahmen des Projektes »Archäologische Schwerpunktuntersuchungen im Helmstedter Braunkohlenrevier« des Niedersächsischen Landesamtes für Denkmalpflege Ausgrabungen im Vorfeld des Braunkohleabbaus statt. Neben für Niedersachsen einzigartigen Befunden des Holozäns, erlangten vor allem die Speerfunde aus dem Paläolithikum weltweite Beachtung. In zwei Baufeldern, Nord und Süd, waren und sind während verschiedener Abbaustände warmzeitliche Schichten unterschiedlicher Zeitstellung in Depressionen angeschnitten, deren stratigraphische Einordnung von großer Bedeutung für die Quartärstratigraphie ist. Insgesamt konnten fünf Schichtpakete pollenanalytisch untersucht und als warmzeitlich charakterisiert werden. Daneben fanden sich weitere Horizonte, die kurze Phasen mit günstigerem Klima repräsentieren können. Die Basis der quartären Ablagerungen bilden glazigene Sedimente der Elster-Kaltzeit. Drei der beschriebenen warmzeitlichen Bildungen liegen zwischen Sedimenten der Elster-Kaltzeit und dem ersten Eisvorstoß (Drenthe-Stadium) der folgenden Saale-Kaltzeit und können damit lithostratigraphisch eindeutig eingegrenzt werden. Der paläolithische Fundhorizont mit den erhaltenen Speeren aus Fichtenholz wurde der Endphase der mittleren Warmzeit zugeordnet, die als eigenständige, bis dahin unbekannte Warmzeit, das Reinsdorf-Interglazial, beschrieben wurde (Urban 1993; 1995). Dass während dieser Warmzeit voll interglaziale Klimabedingungen herrschten, wird neben dem Pollen vor allem auch durch eine umfangreiche wärmeliebende Makroflora belegt (Jechorek 2000; Jechorek u. a. 2007). Keine der warmzeitlichen Ablagerungen repräsentiert jedoch ein vollständiges Interglazial und an keiner Stelle liegen zwei oder mehr dieser warmzeitlichen Bildungen in Superposition, wodurch die Rekonstruktion des Ablagerungsgeschehens im Wechsel von Kalt- und Warmzeiten außerordentlich schwierig ist. Die beiden jüngsten dokumentierten Warmzeiten über den Saale-glaziären Ablagerungen, das Eem und das Holozän, sind unumstritten und nicht Gegenstand dieser Arbeit.

Das Alter des Speerhorizonts, ca. 400 000 Jahre (Thieme u. a. 1993; Thieme 1996), und die stratigraphische Einordnung zwischen Elster und Saale-Kaltzeit hat erhebliche Bedeutung für die terrestrische Quartärstratigraphie Mitteleuropas. Seit Bekanntwerden des Alters von 400 000 Jahren wurde und wird dieses kontrovers diskutiert (Jöris / Baales 2003; Litt u. a. 2007; Mania 2007; Mania / Thieme 2007; Thieme 2007; Urban 2007a; 2007b), wobei neben den absoluten Datierungen (TL, U/Th, ESR) vor allem der biostratigraphischen Einordnung (paläontologisch, paläobotanisch) eine große Rolle zukommt. Brigitte Urban (2007a; 2007b) korrelierte das Reinsdorf Interglazial entweder mit Sauerstoffisotopenstadium 7 oder 9 und das vorhergehende Holstein-Interglazial (die Holstein-Warmzeit, das Holstein) mit Stadium 9 oder 11 (vgl. auch Litt u. a. 2007; Jöris / Baales 2003). Dietrich Mania und Hartmut Thieme dagegen argumentieren, dass das Reinsdorf Interglazial mit Stadium 11 (und damit um 400 000 Jahre alt) korreliert und das liegende Holstein folglich in das Stadium 13 (ca. 500 000 Jahre) gestellt werden müsste. Damit wird für den Speerhorizont aktuell der Zeitraum zwischen etwa 250 000 und 400 000 Jahren diskutiert. In der vorliegenden Arbeit sollen die Schöninger Pollendiagramme zwischen Elster und Saale in überregionalem Kontext betrachtet und bewertet werden, um herauszuarbeiten, ob die durch die Bearbeiter vorgenommene stratigraphische und chronologische Einordnung belastbar ist oder ob auch eine andere Interpretation möglich bzw. gar wahrscheinlicher ist. Dazu werden im Folgenden die in Frage kommenden Warmzeiten kurz charakterisiert.

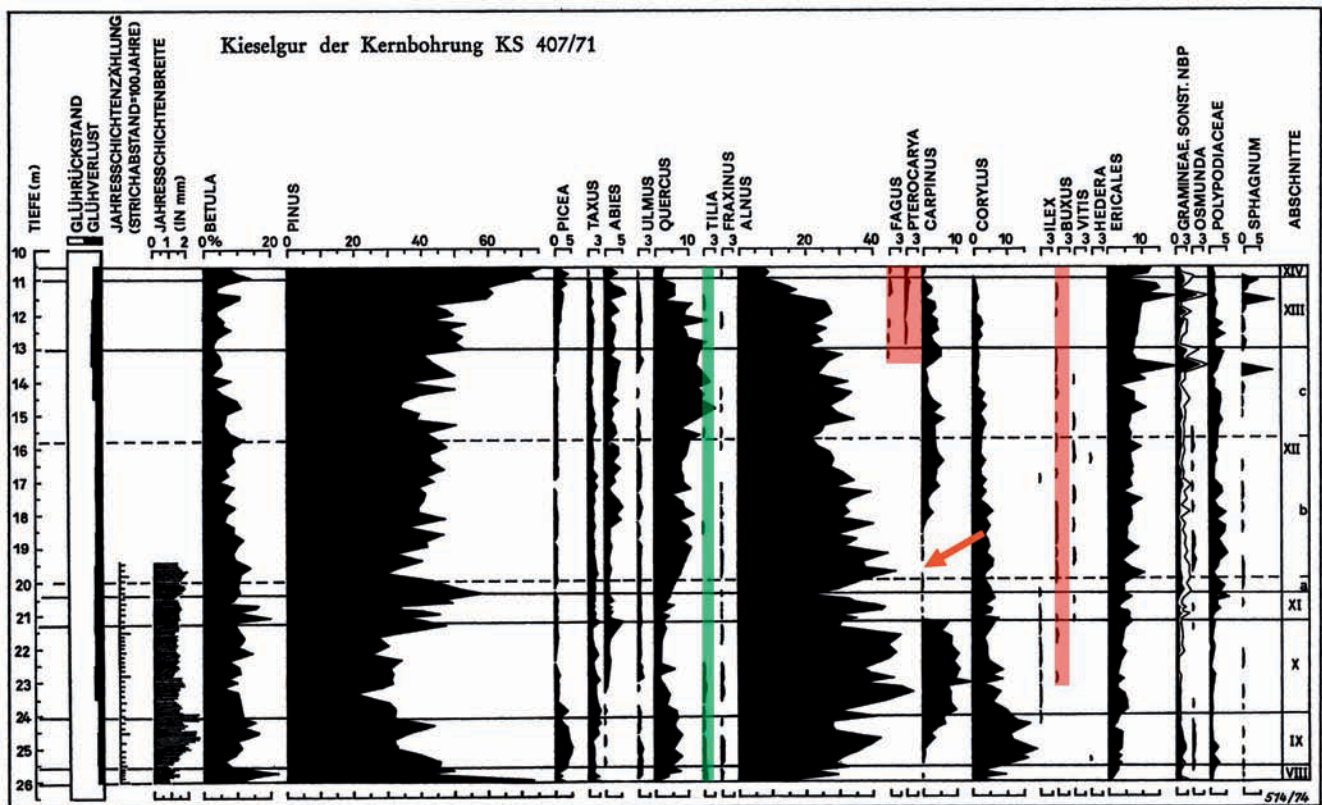


Abb. 1 Pollendiagramm der Holstein-Warmzeit, Bohrung KS 407/71 von Munster-Breloh (Heidekreis). – (*Tilia* ist grün, stratigraphisch wichtige Elemente sind rot markiert, der Pfeil weist auf den *Carpinus*-Rückschlag hin). – (Verändert nach Müller 1974, Abb. 3).

DIE HOLSTEIN-WARMZEIT

Die Holstein-Warmzeit ist an mittlerweile zahlreichen Lokalitäten pollenanalytisch untersucht und die Vegetationsentwicklung bekannt. Stratigraphisch liegen die entsprechenden Sedimente in der Regel in elster-glaziär angelegten Rinnen und Depressionen konkordant über spätelsterzeitlichen Ablagerungen. Bereits von Geikie (1894) wurde der Begriff »Holstein« für interglaziale marine Ablagerungen verwendet. Hallik (1960) hat durch die Bearbeitung des Profils Hamburg-Hummelsbüttel marine holsteinzeitliche Ablagerungen pollenanalytisch definiert und mit zeitgleichen terrestrischen Ablagerungen korreliert. Als Typregion des Holstein gilt das Unterelbe-Gebiet (Jerz / Linke 1987). Für die vorliegende Arbeit wichtige, mehr oder weniger vollständige Pollen-Profile liegen u. a. aus Munster-Breloh (Heidekreis; Müller 1974, **Abb. 1**) und neu aus Dethlingen (Heidekreis; Koutsodendris u.a. 2010), beide in der Lüneburger Heide gelegen, in Sachsen aus Gröbern-Schmerz (Lkr. Meißen; Eißmann u. a. 1995, **Abb. 2**) und aus Rossendorf (Lkr. Dresden; Erd u. a. 1987) sowie in Brandenburg aus Pritzwalk (Lkr. Prignitz; Erd 1973) vor. Aber auch aus Osówka in Ostpolen (woj. podlaskie; Nitychoruk u. a. 2005; 2006), aus Döttingen in der Eifel (Lkr. Mayen-Koblenz; Diehl / Sirocko 2007, **Abb. 3**) und dem Alpenraum (Grüger 1983; Welten 1982) sind vollständige Profile weit außerhalb der Typ-Region bekannt, die ebenfalls die typische Vegetationsentwicklung der Holstein-Warmzeit aufweisen und damit belegen, dass holsteinzeitliche Ablagerungen in Mitteleuropa anhand ihres Pollengehalts identifiziert werden können. Der Holstein-Warmzeit in England entspricht das dortige Hoxnian (Turner 1970), allerdings mit etwas deutlicheren klimatisch und biogeographisch bedingten Unterschieden (**Abb. 4**). Lokale und regionale Faktoren wie Topographie und Geologie können ein-

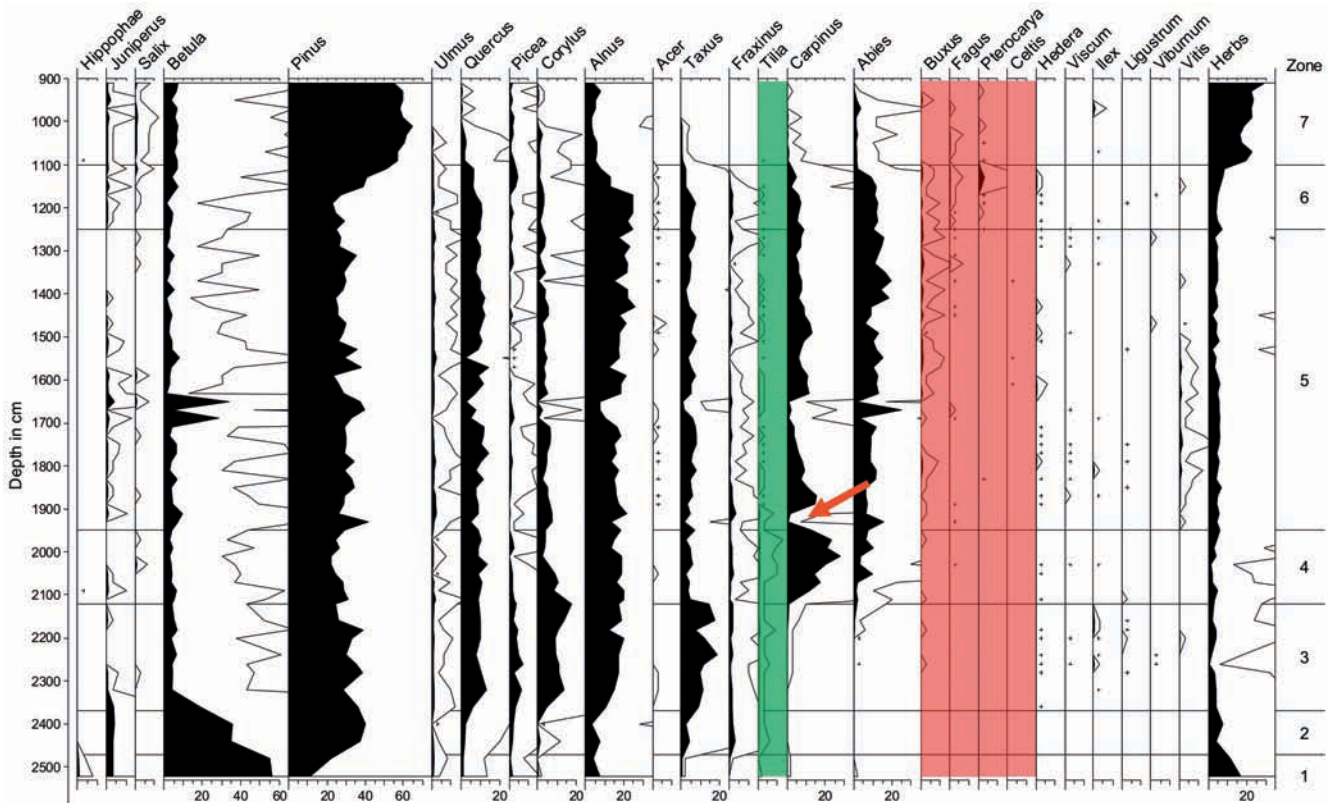


Abb. 2 Pollendiagramm der Holstein-Warmzeit, Gröbern-Schmerz (Lkr. Meißen). – Weitere Erläuterungen s. Abb. 1. – (Verändert nach Kühl / Litt 2007, Abb. 16, 3).

zelle Arten an den jeweiligen Lokalitäten stärker oder schwächer hervortreten lassen, die großräumige Vegetationsentwicklung aber insgesamt nicht entscheidend beeinflussen.

Typische Kennzeichen der Holstein-Warmzeit sind danach: Auf eine frühe *Pinus-Betula*-Phase (Kiefern-Birken), in der bereits *Picea* (Fichte) eine deutliche Rolle spielt und auch *Alnus* (Erle) beteiligt ist, folgt eine durch *Pinus* und *Alnus* dominierte Phase, in der sich anspruchsvolle Laubmischwalelemente wie *Quercus* (Eiche), *Ulmus* (Ulme), *Tilia* (Linde) und *Fraxinus* (Esche) etwas ausbreiten können, in der Regel aber keine sehr hohen Werte erreichen (*Quercus* erreicht kaum einen Anteil von 20%, meist sogar weniger als 10%; *Ulmus*, *Fraxinus* und *Tilia* kommen in Spuren vor, letztere hat vor allem in der Frühphase der Warmzeit etwas höhere Werte). Dazu kommen noch höhere Anteile von *Taxus* (Eibe) und *Corylus* (Hasel). Im fortgeschrittenen Stadium treten dann *Abies* (Tanne) und *Carpinus* (Hainbuche) hinzu (mit Pollenanteilen bis 20% und mehr). Mit geringen Werten, teilweise nur Einzel-Pollenkörnern, können *Buxus* (Buchsbaum), *Celtis* (Zürgelbaum), *Fagus* (Buche), *Ilex* (Stechpalme), *Pterocarya* (Flügelnuß) und *Azolla* (Algenfarn) registriert werden. Durch eine erneute *Pinus-Betula*-Phase teilweise mit *Larix* (Lärche), die vereinzelt schon während der Hainbuchen- und Tannen-reichen Phase auftritt, leitet die Holstein-Warmzeit zur folgenden Kaltzeit über.

Vor allem *Pterocarya*, teilweise in größerer Menge im jüngsten Holstein (bis 8,5% im Profil von Granzin in Südwestmecklenburg (Lkr. Ludwigslust-Parchim; Erd 1969), wobei *Carpinus* dort nur max. 10% erreicht), wird als kennzeichnend für dieses Interglazial angesehen und für die Telekonnektion zwischen Norddeutschland und dem Massif Central in Frankreich herangezogen. In den dortigen Maaren konnten lange Bohrkerne gewonnen werden mit mehreren Warmzeiten in Superposition (de Beaulieu / Reille 1995;

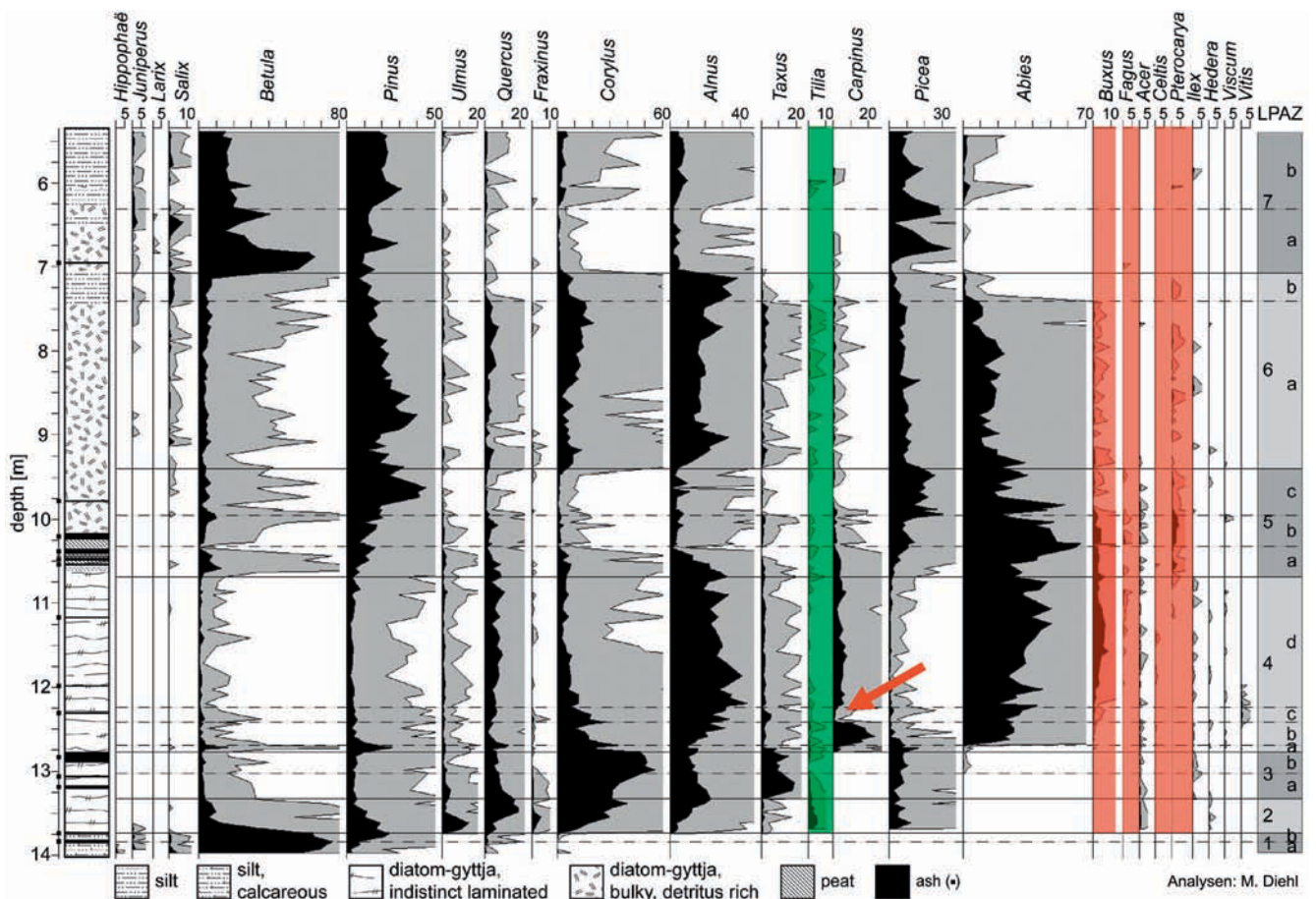


Abb. 3 Pollendiagramm der Holstein-Warmzeit, Döttingen (Lkr. Mayen-Koblenz). – (Verändert nach Diehl / Sirocko 2007, Abb. 27, 6).

de Beaulieu u. a. 2001), die sich relativ gut mit der Sauerstoffisotopenstratigraphie der Tiefsee parallelieren lassen (Abb. 5).

Mit dem Profil Döttingen in der Eifel (Diehl / Sirocko 2007, Abb. 3) wurde jüngst eine sowohl vollständige als auch nicht innerhalb des klassischen Gebietes holsteinzeitlicher Fundstellen im norddeutschen Tiefland positionierte Holstein-Sequenz aus dem deutschen Mittelgebirgsraum dokumentiert und hochauflösend analysiert. Das Pollendiagramm bestätigt die aus den norddeutschen Profilen bekannte holsteintypische Vegetationsabfolge, durch die das Holstein sowohl gegenüber jüngeren (Holozän, Eem) als auch älteren Interglazialen wie der Rhume-Warmzeit (Müller 1965) oder auch der nur 30 km von Döttingen entfernt liegenden Kärlicher Warmzeit (Urban 1983; Bittmann 1992), die sehr wahrscheinlich einem Teil der Rhume-Warmzeit entspricht (Bittmann 1991; Bittmann / Müller 1996), palynologisch unterschieden ist. Neben der grundsätzlichen Übereinstimmung der Pollensequenz unterscheidet sich das Profil Döttingen aber deutlich im prozentualen Aufkommen der beteiligten Taxa von den norddeutschen Profilen. So wird eine hohe *Alnus*-Präsenz als Merkmal deutscher Holsteinprofile bestätigt, jedoch ist die in den norddeutschen Lokalisationen durchgehend hohe oder dominante Beteiligung von *Pinus* in Döttingen weniger ausgeprägt und muss daher auf die unterschiedlichen Standortbedingungen im Vergleich zu Norddeutschland zurückgeführt werden. *Abies* als montane Art dagegen ist im Holstein der Mittelgebirge wesentlich präsenter als im norddeutschen Flachland. Darüber hinaus haben mehrere Aschenlagen des Eifelvulkanismus die Vegetationsentwicklung

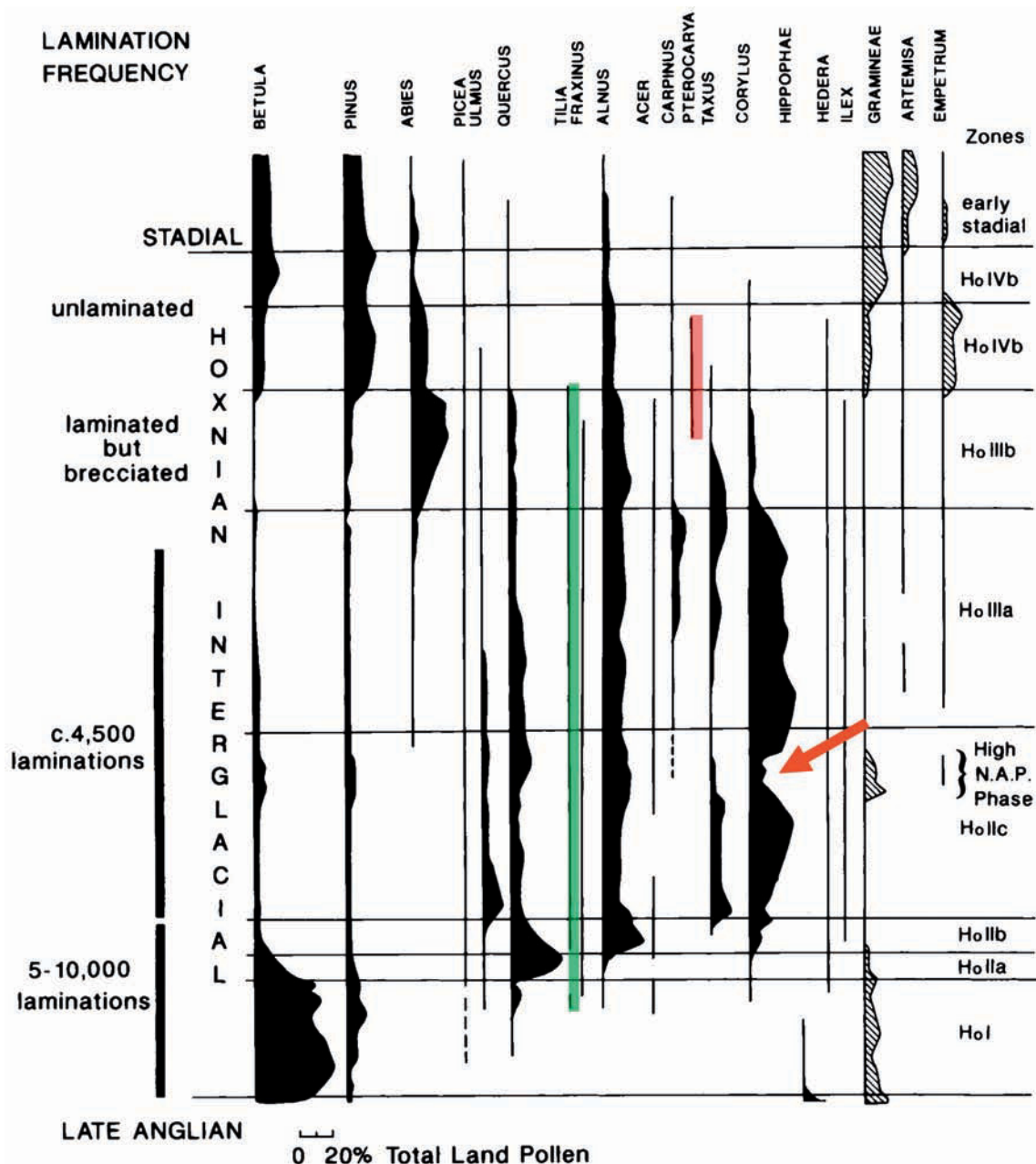


Abb. 4 Pollendiagramm der Hoxne-Warmzeit von Marks Tey (Essex/GB). – Weitere Erläuterungen s. Abb. 1. – (Verändert nach Turner 1970, Abb. 15 in Rowe u. a. 1999, Abb. 2).

beeinflusst. So führten sie z.B. in Zone 5 (Abb. 3) zu einer vorübergehenden Reduktion der Laubwald-elemente (vor allem *Quercus*, *Corylus* und *Alnus*) zugunsten der Nadelgehölze *Pinus*, *Picea* und *Abies*. Als Kennzeichen des Holsteins kann das in den Profilen Döttingen, Munster-Breloh, Gröbern und Pritzwalk (sowie weiteren Vorkommen) vorhandene intra-holsteinzeitliche *Carpinus*-Minimum verstanden werden, für das durch Jahresschichtenzählungen in Döttingen eine Dauer von etwa 1500 ± 100 Jahre bestimmt werden konnte (Diehl / Sirocko 2007). Diesem entspricht wahrscheinlich die Phase mit hohen Nichtbaumpollenwerten in Ho II des Hoxnian (Turner 1970; Rowe u. a. 1999).

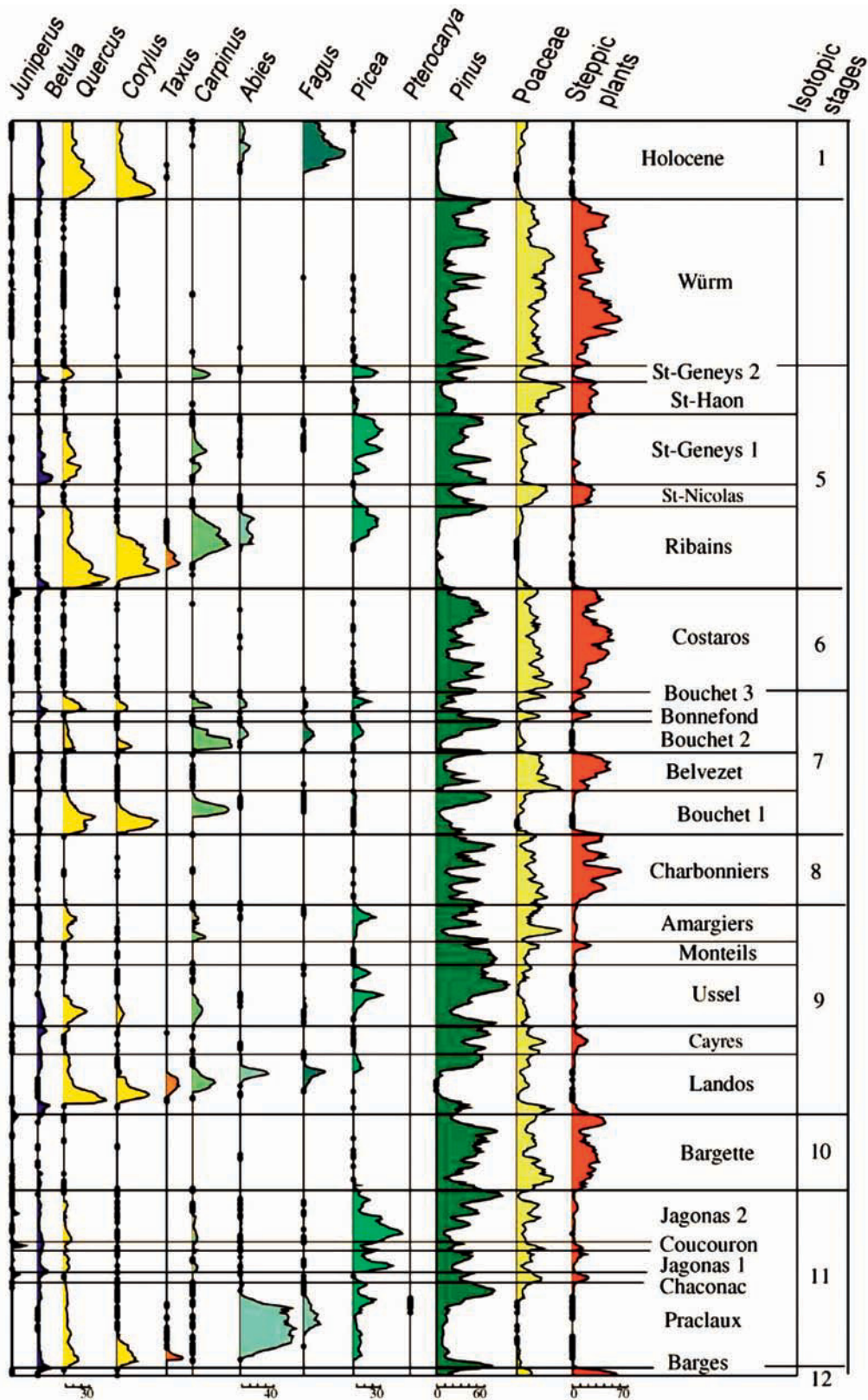


Abb. 5 Schematische Darstellung eines aus zwei Bohrungen (Lac du Bouchet und Praclaux, dép. Haute-Loire/F) zusammengesetzten Profils aus dem Massif Central. – Überlappung im oberen Bereich von Isotopenstadium 9. – (Verändert nach de Beaulieu u. a. 2001, Abb. 2).

Betrachtet man Holstein-Vorkommen weiter nördlich in Dänemark, z. B. in Tornskov (Sønderjyllands Amt; Andersen 1963), so finden sich auch dort durchgehend hohe *Pinus*- und *Alnus*-Werte; *Picea*, *Quercus*, *Corylus* und *Taxus* bleiben deutlich unter 10%, *Ulmus* tritt nur in Spuren auf, *Tilia* fehlt, *Carpinus* kommt nach *Taxus* und erreicht ebenfalls nur geringe Werte. Als letzte Art und sehr spät eingewandert ist *Abies* nachgewiesen. Im Profil von Vejlby (Aarhus/DK; Andersen 1965) folgt darauf noch *Pterocarya* bei gleichzeitigem Rückgang der übrigen thermophilen Gehölzarten. Im Hangenden folgen zwei Interstadiale.

WACKEN-/DÖMNITZ-WARMZEIT

Getrennt durch teilweise 30-40 m mächtige kaltzeitliche Sedimente (lakustrine Sande und Silte mit arktischen Steppenelementen), folgen an einigen Lokalitäten im Hangenden der Holstein-Warmzeit erneut warmzeitliche Sedimente, so z. B. in Wacken (Kr. Steinburg; Menke 1968, Wacken-Warmzeit) oder in Pritzwalk (Erd 1965; 1973; Dömnitz-Warmzeit). Beide Vorkommen sind in ihrer Vegetationsentwicklung der Holstein-Warmzeit sehr ähnlich: *Alnus-Pinus*-Dominanz, *Quercus* um 10%, *Picea*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Tilia* in Spuren, *Corylus*, *Carpinus* sind vorhanden, *Taxus* tritt zeitlich etwas verzögert auf (zusammen mit dem stratigraphisch wichtigen Wasserfarn *Azolla*, der in den folgenden Warmzeiten nicht mehr vorkommt). Durch Einzelfunde wurden *Acer*, *Hedera*, *Ilex*, *Ligustrum*, *Osmunda* und *Viscum* belegt; selbst *Celtis* und *Pterocarya* werden durch Cepek u. a. 1981 für die Dömnitz-Warmzeit in einer Bohrung bei Erkner (Lkr. Oder-Spree) in Brandenburg südöstlich von Berlin angegeben, vorausgesetzt die stratigraphische Einordnung ist richtig und Kontaminationen können ausgeschlossen werden. Als diagnostische Merkmale werden der insgesamt geringere Anteil der thermophilen Arten sowie das Fehlen von *Abies* angesehen, allerdings sind beide Profile in Wacken und Pritzwalk unvollständig, d. h. sie werden diskordant von Moränenablagerungen der Drenthe (Saale) überlagert. Es kann also nicht ganz ausgeschlossen werden, dass *Abies* noch eingewandert ist und die entsprechenden Sedimente mit der *Abies*-Phase fehlen oder auch Verbreitungsgrenzen von *Abies* eine Rolle spielen, wonach die Tanne nicht weiter in den Norden vorgezogen ist. Daher lässt sich diese Warmphase, zumal nur unvollständig überliefert, pollenanalytisch eindeutig nur in Superposition zum Holstein ansprechen.

Auch im Alpenraum lassen sich zwei übereinanderliegende Warmzeiten vom Holstein-Typ differenzieren. So hat Welten 1982 im Profil Meikirch (Kt. Bern) ein Holstein I und II unterschieden, überlagert von einer dritten Warmzeit, die er mit der Eem-Warmzeit korreliert hat. Allerdings wurde diese Abfolge auf Grund einer Neuaufnahme der Sedimentologie, einer Neu-Bewertung der Pollendiagramme und absoluter Datierungen (Lumineszenz: IRSL, post IR-OSL) re-interpretiert und insgesamt mit dem Sauerstoffisotopenstadium 7, alternativ Stadium 9 bis 7, korreliert (Preusser u. a. 2005).

»INTRA-SAALE-WARMZEITEN«

Mehrfach wurden als warmzeitlich angesprochene Sedimente, die stratigraphisch zwischen den Saalevorstößen I-III liegen sollen, beschrieben, z. B. Treene-Warmzeit, Uecker-Warmzeit, Rügen-Warmzeit (Cepek 1965; 1967; 1968; Erd 1987). Eindeutige Belege sowie Datierungen dafür fehlen jedoch. Vielmehr muss damit gerechnet werden, dass es sich dabei um umgelagerte oder durch Überschiebungen und Glazialtektonik oder auch Kohlediapirismus verstellte Schichten prä- oder post-saalezeitlicher Ablagerungen

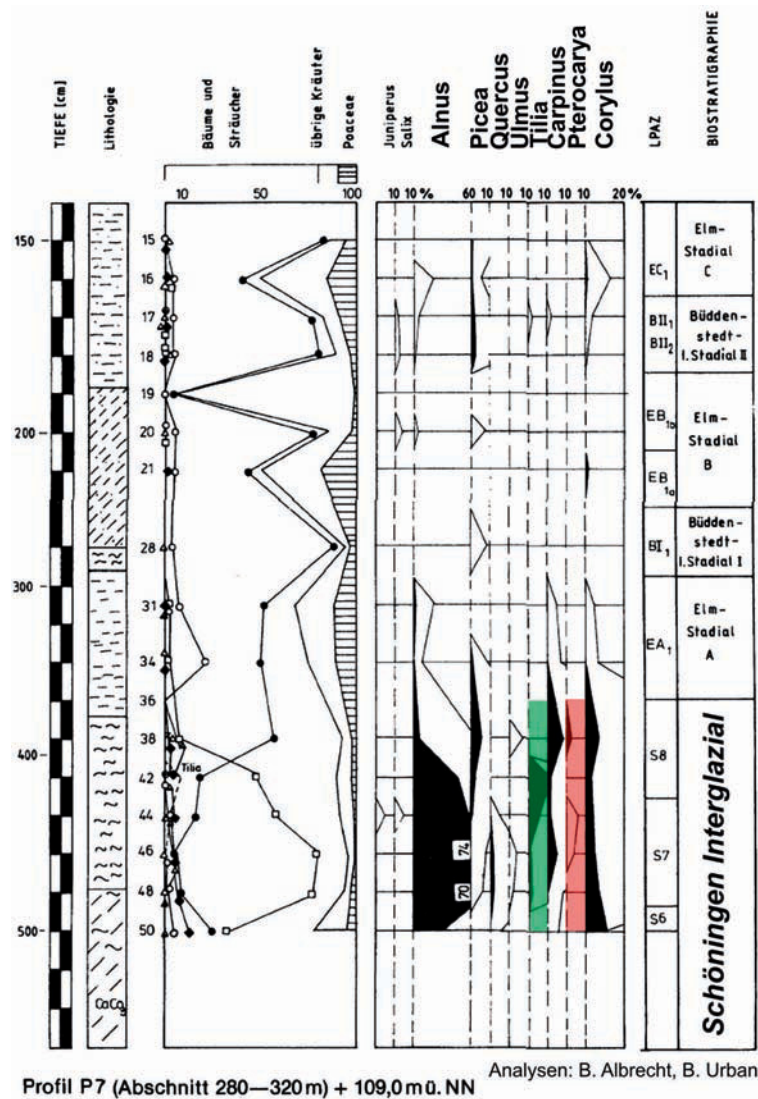
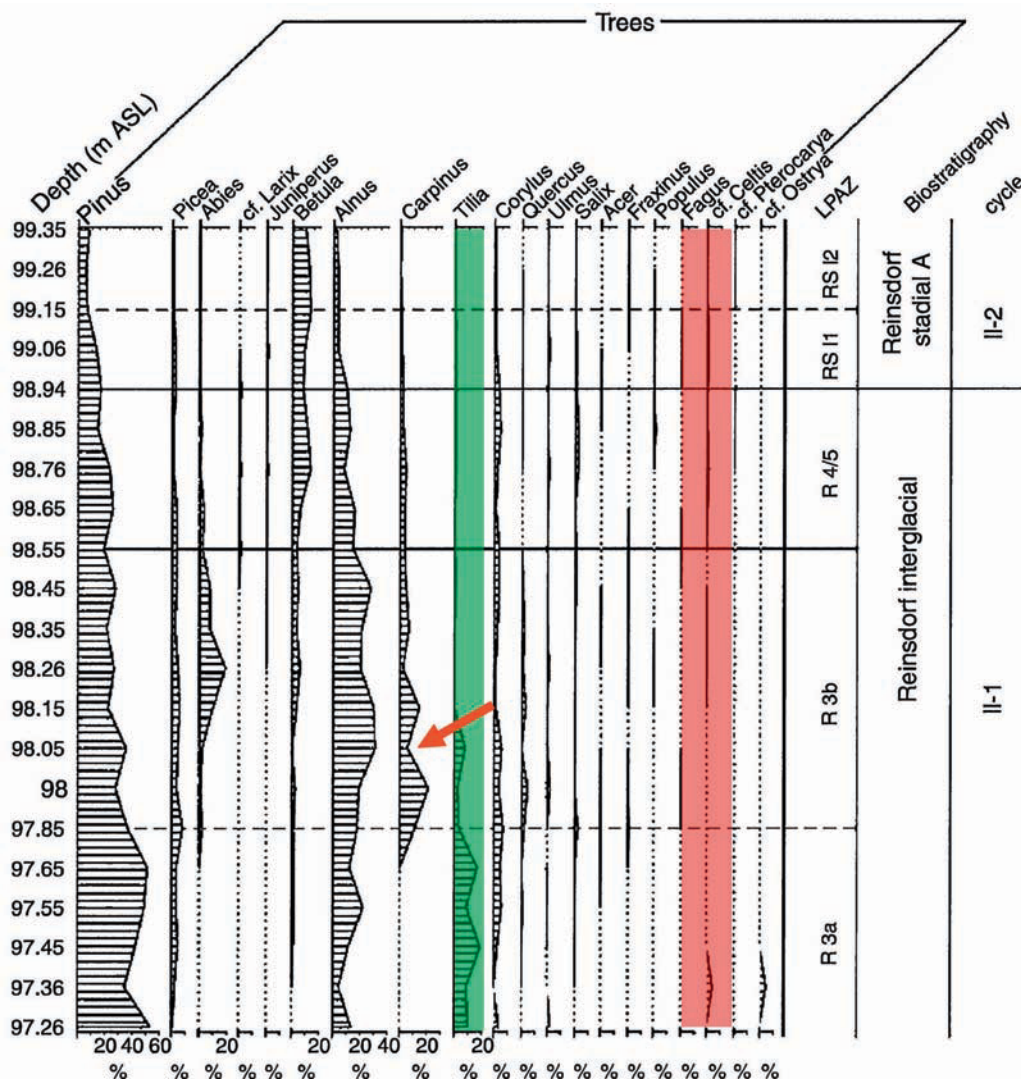


Abb. 7 Pollendiagramm der Schöningen Warmzeit (Wacken-Dömnitz, Kr. Steinburg). – Weitere Erläuterungen s. **Abb. 1**. – (Verändert nach Urban u. a. 1991, Taf. 1 Abb. 5).

sind durch eine Diskordanz voneinander getrennt (**Abb. 6**). SU1 enthält weitgehend umgelagerten Pollen in relativ niedriger Konzentration, so dass eine eindeutige Zuordnung nicht möglich ist. Die im Hangenden folgenden Zonen SU2-SU6 weisen die typischen Merkmale der Holstein-Warmzeit bis zur beginnenden Kaltzeit auf. Ein Vergleich mit den nächstgelegenen gut untersuchten Holstein-Vorkommen von Munster-Breloh (Müller 1974, **Abb. 1**), Pritzwalk (Erd 1973), Rossendorf (Erd u. a. 1987) und Gröbern-Schmerz (Eißmann u. a. 1995; neu berechnet und korrigiert durch Kühl / Litt 2007, **Abb. 2**) zeigt, dass es sich dabei lediglich um den jüngsten Teil, das ausgehende Interglazial, handelt – PZ XIII nach Müller bzw. Pollenzone (6)7 nach Erd. Eine besonders gute Übereinstimmung besteht mit dem entsprechenden Bereich im Profil Gröbern-Schmerz (**Abb. 2**).

Weitere Ablagerungen eines ausgehenden Interglazials aus dem Tagebau Schöningen mit großer Ähnlichkeit zur ausgehenden Holstein-Warmzeit werden auf Grund des Fehlens von *Abies* mit der Wacken/Dömnitz-Warmzeit korreliert (Urban u. a. 1991). Hohe *Alnus*-Werte, die am Übergang zur anschließenden Kaltphase rapide abnehmen und schließlich aussetzen, werden in holsteinzeitlichen Ablagerungen von höheren *Abies*-Werten begleitet (z. B. Schöningen SU 13, Gröbern-Schmerz, Döttingen). Darüber hinaus geht *Abies* typischerweise etwas später zurück als *Alnus*, so dass es sich in diesem Fall auf Grund des



Reinsdorf interglacial, Reinsdorf stadial A, profile 1, Schöningen 13/96,

Abb. 8 Pollendiagramm Schöningen 13 II (96) der Reinsdorf-Warmzeit. – Weitere Erläuterungen s. Abb. 1. – (Verändert nach Urban 2007b, Abb. 28, 9).

Fehlens von *Abies* nicht um holsteinzeitliche Ablagerungen handeln kann (Abb. 7). Die anschließende kühle Phase mit *Pinus*-Dominanz weist einzelne Spektren mit geringen Anteilen von thermophilen Arten auf, die als Büddenstedt Interstadial I und II angesprochen wurden. Auf Grund der Tatsache, dass diese nur durch 1 bzw. 2 Pollenspektren repräsentiert sind, keine Entwicklung erkennbar und eine Abgrenzung von den Elm-Stadialen A, B und C nach pollenanalytischen Kriterien kaum nachvollziehbar ist, können diese nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht als stratigraphische Einheiten akzeptiert werden.

B. Urban (1995) führte mit dem Reinsdorf-Interglazial eine neue Warmzeit für den Zeitraum zwischen Elster und Saale ein, die stratigraphisch zwischen der Holstein- und der Wacken/Dömnitz-Warmzeit liegen soll. In den 1995 publizierten Diagrammen fehlt der Beginn der Warmzeit und auch das Ende ist nicht überliefert, die Profile Schöningen 13 A und B brechen mitten in der *Carpinus*-Phase ab. Auffällig sind die mit rund 20% relativ hohen *Tilia*-Werte noch vor der Hauptausbreitung von *Alnus*.

Ein neues Pollenprofil des Reinsdorf Interglazials (Urban 2007b; Abb. 8) zeigt im Wesentlichen die gleichen Merkmale wie die früheren Profile, jedoch ist in diesem der Übergang in die anschließende Kaltzeit erfasst,

es bricht nicht während der *Carpinus*-Phase ab. Auch hier erreicht *Tilia* noch vor der Hauptausbreitung von *Alnus* und *Carpinus*, gefolgt von *Abies*, relativ hohe Werte. Dafür ist der *Quercus*-Anteil vergleichsweise gering. In der Spätphase treten mit *Fagus*, (cf.) *Celtis* und (cf.) *Pterocarya* sowie dem Wasserfarn *Azolla* jene Elemente auf, die das Holstein, aber auch ältere Interglaziale kennzeichnen. Auffällig ist das Fehlen von *Taxus* – in dem neuen Diagramm eventuell nicht dargestellt(?). Die Eibe ist ein charakteristisches Element und wurde in geringen Anteilen bei den früheren Untersuchungen auch belegt.

Von großer Bedeutung sind die teilweise sehr mächtigen, überwiegend limnischen Ablagerungen dieser Warmzeit, da in einer Serie von Verlandungsfolgen der ausgehenden Warmzeit die »Schöninger Speere« gefunden wurden, die nach ersten Einschätzungen und Datierungen auf 400 000 Jahre vor heute (Thieme u. a. 1993; Thieme 1996) als die ältesten Speere der Welt in die Literatur eingegangen sind.

DISKUSSION

Auf Grund der durch zahlreiche Bohrungen in Nordwestdeutschland und auch den großen Tagebaugebieten Ostdeutschlands, sozusagen in der erweiterten Typusregion des Holstein, gut bekannten stratigraphischen Verhältnisse (Eißmann 2008), besteht aus geologischer Sicht wenig Grund für die Einführung einer neuen, bis dahin anderenorts unbekanntes Warmzeit. Eine gut ausgeprägte Warmzeit wie das Reinsdorf Interglazial, repräsentiert durch mächtige Ablagerungen und anspruchsvolle Florenelemente, die teilweise auf höhere Temperaturen als im Verlauf unserer Warmzeit hindeuten, stratigraphisch zwischen der Holstein-Warmzeit und der an mehreren Orten in Superposition dazu gefundenen Wacken/Dömnitz-Warmzeit gelegen, muss daher sehr kritisch geprüft werden.

Zunächst ist festzustellen, dass an keiner Stelle des Tagebaus Ablagerungen unterschiedlicher Warmzeiten in Superposition angetroffen wurden. Ein System sich überlagernder Rinnen, von denen jede eine Warmzeit repräsentieren soll, wurde lediglich konstruiert, wodurch drei Warmzeiten in den Zeitraum zwischen Elster- und Saale-Kaltzeit zu liegen kommen (Thieme 1996; Mania 2007).

Vergleicht man die Pollensequenzen der Holstein-Warmzeit in Schöningen, von der wie dargelegt nur die Endphase erfasst werden konnte, und der Reinsdorf-Warmzeit, die im Vergleich dazu etwas früher einsetzt, so lassen sich keine auffälligen Unterschiede feststellen, die eine Unterscheidung rechtfertigen. Beide zeigen die typische Vegetationsentwicklung des ausgehenden Holsteins mit einer deutlichen *Abies*-Phase (siehe auch Litt u. a. 2007, 38). Unterschiede zu Beginn der Reinsdorf-Sequenz im Vergleich zu den entsprechenden Phasen in weiter entfernt liegenden Holstein-Vorkommen sind edaphisch und biogeographisch zu erklären. So ist neben den allgemeinen Grundzügen, die immer zu erkennen sind, mit lokalen Unterschieden zu rechnen, wie sie auch in unserer Warmzeit typisch sind. Das betrifft z. B. die hohen Anteile von *Tilia*. Hier ist zu berücksichtigen, dass Lindenpollen nicht sehr weit transportiert wird und die Pollenproduktion weniger hoch ist, da Linden weitgehend insektenblütig sind und nur ein Teil durch den Wind verbreitet wird. Außerdem benötigt *Tilia* gute Böden, wie sie z. B. in einem Lößgebiet typisch sind. Auch auf elsterzeitlichem Lauenburger Ton, der bessere Böden als die armen pleistozänen Sande hervorbringt, findet *Tilia* gute Standorte. Geeignete Archive in solchen Regionen können bei lokaler Anwesenheit von *Tilia* beträchtliche Pollenanteile aufweisen, während nur wenig außerhalb die Werte stark absinken. In den Reinsdorf-Profilen 13A (Urban 1995) und Schöningen 13 II (96) (Urban 2007b) ist auch der holsteintypische Rückgang bzw. Rückschlag der *Carpinus*-Kurve vorhanden. Die in der Spätphase des Holsteins typischerweise auftretenden Elemente wie *Celtis* und *Pterocarya* sowie *Azolla* legen ebenfalls nahe, dass es sich bei den in das Reinsdorf gestellten Profilen um Ausschnitte des Holsteins handelt, das einige lokal bedingte

Züge aufweist, die es aber nicht rechtfertigen, eine neue stratigraphische Einheit oder einen Stratotyp zu definieren (zumal der Anfang nicht vorhanden ist). Stattdessen sollte eher von einem Reinsdorf-Typ des Holsteins gesprochen werden.

Obwohl die Anzahl gut untersuchter Holstein-Vorkommen nur allmählich zunimmt, zeichnet sich ab, dass regional differenzierte »Holstein-Typen« abgegrenzt werden können, die als zeitgleich angesehen werden müssen, solange es keine belastbaren lithostratigraphischen und biostratigraphischen Kriterien sowie absoluten Datierungen gibt, die gesichert eine zeitliche Aufeinanderfolge belegen.

Wenn das Reinsdorf also in das Holstein zu stellen ist, stellt sich die Frage nach der Datierung sowie der Korrelierung des Holsteins mit einer der durch die Sauerstoffisotopenstratigraphie der Tiefseekerne belegten Stadien – wodurch auch das Alter der Speere festgelegt würde.

Die Holstein-Warmzeit wird gegenwärtig in der Literatur mit den Isotopenstadien 7, 9, 11 und 13 in Verbindung gebracht. Die Korrelierung mit Stadium 7 erfolgte durch verschiedene Autoren und auf Grund verschiedener Methoden, z. B. Aminosäurenstratigraphie: Miller / Mangerud (1986, Stadium 7c, »[...] the Holsteinian is most likely substage 7c, possibly stage 9 but certainly younger than stage 11«); Sejrup / Knudsen (1993); ESR: Bombien (1987); Linke u. a. (1985); ESR, U-series: Schwarcz / Grün (1988). Andere korrelierten das Holstein mit Stadium 9: z. B. Zagwijn 1989; 1992 (Geologie, Biostratigraphie/Pollen); Stadium 11: Sarnthein u. a. 1986 (ESR, U-series); de Beaulieu / Reille 1995 (Biostratigraphie/Pollen) oder mit Stadium 13: Mania / Thieme 2007 (Geologie). Nach D. Mania (1993) korreliert Bilzingsleben II mit Stadium 11 und sollte zeitlich dem neu beschriebenen Reinsdorf entsprechen, somit ein Alter um 400 000 Jahre aufweisen. Aber bereits B. Urban (1993; 1995) diskutierte Stadium 7c oder 9 für das Reinsdorf Interglazial. Nach morphologischen Untersuchungen an nordwesteuropäischen mittelpleistozänen Pferdeknochen und Zähnen sind die Populationen von Bilzingsleben II sowie Schöningen 12II und 13II (Reinsdorf) verschiedenen Warmzeiten zugehörig (van Asperen 2012).

Nach Roe u. a. (2009) überwiegt in Großbritannien die Ansicht bzw. besteht Konsens, dass das Anglian (=Elster) mit Stadium 12 korreliert und das anschließende Hoxnian mit Stadium 11 während auf dem Kontinent die Korrelierung Elster und Holstein mit anderen kontinentalen und marinen Stadien diskutiert wird (siehe oben). Dennoch favorisieren viele Beiträge auch hier eine Korrelierung des Holsteins mit Stadium 11 (de Beaulieu u. a. 2001; Sarnthein u. a. 1986; Nitychhoruk u. a. 2005; 2006; Reille u. a. 2000).

G. N. Thomas (2001) kommt zu dem Schluss, dass mit Hilfe von Pollenanalysen oftmals verschiedene spätmittelpleistozäne Interglaziale nicht unterschieden werden können, besonders in fluviatilem Milieu, wo sie oft nur fragmentarisch vorliegen und nicht aussagekräftig sind. D. H. Keen (2001) vertritt die Ansicht, dass anhand des Pollen lediglich zwei Warmzeiten unterschieden werden können, das Ipswichian (Eem) und das Hoxnian, so dass der »Ipswichian-Pollen« die Stadien 5 und 7 und der »Hoxnian-Pollen« die Stadien 9 und 11 kennzeichnen. Nur mit Hilfe von Säugerknochen, Mollusken, Insekten und Aminosäuren-Stratigraphie soll eine weitergehende Differenzierung in vier temperate Phasen möglich sein (Keen 2001; Penkman 2010; Preece 1995; Preece u. a. 2006; 2007; 2009; Schreve 2001a; 2001b; Schreve u. a. 2002). Roe u. a. (2009) sehen zunehmende Belege für ein zweites Interglazial im späten Mittel-Pleistozän mit Elementen des Hoxnian, das mit Stadium 9 korreliert wird unter der Voraussetzung der weit verbreiteten Annahme, dass das Anglian (Elster) in das Stadium 12 fällt und das Hoxnian selbst mit einem Teil von Stadium 11 gleichzusetzen ist. Neue Untersuchungen in Hoxne belegen eine gemäßigte Phase mit borealen Wäldern – von den Ablagerungen des Hoxnian durch kaltzeitliche Sedimente getrennt und mit einer jüngeren Phase von Stadium 11 zu korrelieren (Ashton u. a. 2008). Eine Unterbrechung der Vegetationsentwicklung durch einen Klimarückschlag ist jedoch auch in dem prä-elsterzeitlichen Rhume-Interglazial (Müller 1965) belegt, das ebenfalls mit Stadium 11 parallelisiert wird (Bittmann 1992; Bittmann / Müller 1996).

Auf Grund neuer TIMS $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Datierungen an Holstein-Ablagerungen in der Typusregion, u. a. auch in Bossel, der Typlokalität für den Beginn des Holsteins im terrestrischen Bereich (Müller / Höfle 1994) sowie den Hoxnian-Lokalitäten Tottenhill Quarry (nach C. Turner kein Hoxnian, pers. Mitteil.) und Marks Tey (Neuberechnung der Daten), korrelierten Geyh / Müller (2005; 2006) das Holstein mit Stadium 9 und lehnten die Existenz von zwei pollenanalytisch nicht unterscheidbaren Warmzeiten vom Holstein/Hoxnian-Typ ab. Die früheren U/Th-Datierungen in Marks Tey an Karbonaten hatten diese noch in Stadium 11 gestellt (Rowe u. a. 1999).

Nach Geyh / Müller (2005; 2006) ist das mit Stadium 9 korrelierte Landos Interglazial aus dem Massif Central mit der Holstein-Warmzeit zu parallelisieren und nicht das mit Stadium 11 korrelierte Praclaux Interglazial (**Abb. 5**); die Elster-Kaltzeit entspricht danach dem Stadium 10. Ein wichtiges Argument dafür ist die deutlich kürzere Dauer des Holsteins von 15 000-16 000 Jahren im Vergleich zu Stadium 11 (25 000 Jahre), was weitgehend der Dauer des Rhume-Interglazials entspricht. Zur selben Einstufung kommen Meijer / Cleveringa (2009) auf Grund einer neuen Aminosäure-Stratigraphie, die fünf den Stadien 11, 9, 7, 5e und 1 (Holozän) entsprechenden Aminoazonen unterscheidet. Interessanterweise korreliert danach das dem Cromer-Komplex zugehörige Noordbergum-Interglazial mit Stadium 11, während die klassische Holstein-Lokalität Hollands, Neede (prov. Gelderland), ebenfalls in Stadium 11 fällt. Der Stratotyp des Holsteins, Hummelsbüttel, dagegen datiert in Stadium 9, ebenso wie die Belvédère-Warmzeit, die damit dem Holstein gleichzusetzen wäre. Die Wacken-Warmzeit entspricht Stadium 7 und würde damit die Datierung der Schöningen-Warmzeit (Wacken/Dömnitz) durch U/Th auf 180 und 227 ka BP (unkorrigierte Werte, Heijnis 1992; Urban 1995) bestätigen. Allerdings sind diese Daten aus methodischen Gründen nur unter Vorbehalt zu verwenden. Neueste $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Datierungen an zwei Torflagen des Reinsdorf ergaben einen Altersbereich von 280-350 ka BP (294 ± 5 , LPAZ R4/5 und 298 ± 6 ka, Reinsdorf Interstadial A/B; Urban 2007b; Urban u. a. 2011; Sierralta / Frechen / Urban, in diesem Band). Ähnlich schlecht definiert wie die Büddenstedt-Interstadiale mit den Elm-Stadialen sind die Reinsdorf-Stadiale und Interstadiale. Die mehrfachen Verlandungsphasen mit zwischengeschalteten stärker minerogen geprägten Phasen belegen eine stark wechselnde Dynamik im Ablagerungsgeschehen. Eine deutliche Zunahme kaltzeitlicher Elemente in diesem Bereich ist nicht zu beobachten, so dass höhere Poaceen- bzw. Ranunculaceen-Werte eher diese Dynamik mit einem Wechsel von Röhricht und schwimmenden Hahnenfuß-Decken widerspiegeln dürfte. Diese Stadal-Interstadial-Folge stellt vielmehr die typische Endphase des Reinsdorf-Interglazials dar. Dafür sprechen auch die beiden praktisch identischen Datierungen der interglazialen und »interstadialen« Schichten (soweit die Datierungsmethode eine zeitliche Auflösung überhaupt erlaubt).

Auf Grund dieser Datierungen fällt das Reinsdorf in Stadium 9 und ist zeitgleich mit Hummelsbüttel und Bossel, beides Typlokalitäten des Holsteins.

Neue Datierungen an der Typ-Lokalität der Wacken-Warmzeit mit Infrarot-Radiofluoreszenz (IR-RF, Krbechtsek und Stephan 2010) erbrachten für das Holstein eine Stellung in Stadium 9e, für die Wacken-Warmzeit in 7e oder 7c und bestätigen damit die Datierungen von Geyh / Müller (2005). Somit stellen alle neueren Altersbestimmungen an den Typ-Lokalitäten des Holsteins diese in das Stadium 9.

Die zuvor dargestellte pollenstratigraphische Einordnung der prä-Saale-zeitlichen Pollensequenzen, absolute Datierungen (in Schöningen und an Typ-Lokalitäten der Holstein-Warmzeit) sowie neue geologische Geländeaufnahmen in Schöningen (K.-D. Meyer, pers. Mitteilung) kommen alle zu dem gleichen Ergebnis: die Reinsdorf-Warmzeit stellt einen Teil des Holstein-Interglazials dar und korreliert mit dem Sauerstoffisotopenstadium 9. Damit sollte der Speerhorizont rund 100 000 Jahre (ein Glazial-Interglazial-Zyklus) jünger sein als bislang postuliert.

LITERATUR

- Andersen 1963: S. T. Andersen, Pollen analysis of the quaternary marin deposits of Tornskov in South Jutland. *Danmarks Geologiske Undersøgelse* 4, 1963, 1-23.
- 1965: S. T. Andersen, Interglaciale og interstadiale i Danmarks Kvartaer. *Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening* 15, 1965, 486-506.
- Ashton u. a. 2008: N. Ashton / S. G. Lewis / S. A. Parfitt / K. E. H. Penkman / G. R. Coope, New evidence for complex climate change in MIS 11 from Hoxne, Suffolk, UK. *Quaternary Science Reviews* 27, 2008, 652-668.
- Bittmann 1991: F. Bittmann, Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an mittel- und jungpleistozänen Ablagerungen des Neuwieder Beckens (Mittelrhein) [Diss. Univ. Göttingen 1991].
- 1992: F. Bittmann, The Kärlich Interglacial, Middle Rhine region, Germany: vegetation history and stratigraphic position. *Vegetation History and Archaeobotany* 1, 1992, 243-258.
- Bittmann / Müller 1996: F. Bittmann / H. Müller, The Kärlich Interglacial site and its correlation with the Bilshausen sequence. In: C. Turner (Hrsg.), *The early Middle Pleistocene in Europe. Proceedings INQUA Subcommission on European Quaternary Stratigraphy, Cromer- Symposium, Norwich 1990* (Rotterdam 1996) 187-194.
- Bombien 1987: H. Bombien, Geologisch-petrographische Untersuchungen zur quartären (früh-Saale-zeitlichen) Flußgeschichte im nördlichen Harzvorland. *Mitteilungen des geologischen Instituts der Universität Hannover* 26 (Hannover 1987).
- Cepek 1965: A. G. Cepek, Zur Gliederung des Mittelpleistozäns im nordostdeutschen Flachland. (Zusammenfassung). *Eiszeitalter und Gegenwart* 16, 1965, 255.
- 1967: A. G. Cepek, Stand und Probleme der Quartärstratigraphie im Nordteil der DDR. *Berichte der Deutschen Gesellschaft für Geologische Wissenschaften, Reihe A Geologie und Paläontologie* 12, 1967, 375-404.
- 1968: A. G. Cepek, Quaternary stratigraphy of the German Democratic Republic. *Quaternary Science Reviews* 5, 1968, 359-364.
- Cepek u. a. 1981: A. G. Cepek / K. Erd / R. Zwirner, Drei Interglaziale in einer mittel- bis jungpleistozänen Schichtenfolge östlich von Berlin. *Zeitschrift für angewandte Geologie* 27, 1981, 397-405.
- De Beaulieu / Reille 1995: J.-L. de Beaulieu / M. Reille, Pollen records from the Velay craters: A review and correlation of the Holsteinian Interglacial with isotopic stage 11. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 52, 1995, 59-70.
- De Beaulieu u. a. 2001: J.-L. de Beaulieu / V. Andrieu-Ponel / M. Reille / E. Gröger / C. Tzedakis / H. Svobodova, An attempt at correlation between the Velay pollen sequence and the Middle Pleistocene stratigraphy from central Europe. *Quaternary Science Reviews* 20, 2001, 1593-1602.
- Diehl / Sirocko 2007: M. Diehl / F. Sirocko, A new Holsteinian pollen record from the dry maar at Döttingen (Eifel). In: F. Sirocko / M. Claussen / M. F. Sanchez-Goni / T. Litt (Hrsg.), *The climate of past interglacials. Developments in Quaternary Science* 7, 2007, 397-416.
- Eißmann 2008: L. Eißmann, Die Erde hat Gedächtnis. 50 Millionen Jahre mitteleuropäische Erd- und Klimageschichte (Markkleeberg ²2008).
- Eißmann u. a. 1995: L. Eißmann / T. Litt / S. Wansa, Elsterian and Saalian deposits in their type area in central Germany. In: J. Ehlers / S. Kozarski / P. Gibbard (Hrsg.), *Glacial deposits in North West Europe* (Rotterdam 1995) 439-464.
- Erd 1965: K. Erd, K, Pollenanalytische Gliederung des mittelpleistozänen Richtprofils Pritzwalk/Prignitz. *Eiszeitalter und Gegenwart* 16, 1965, 252-253 (Zusammenfassung).
- 1969: K. Erd, Das Holstein-Interglazial von Granzin bei Hagenow (Südwestmecklenburg). *Geologie* 18, 1969, 590-599.
- 1973: K. Erd, Vegetationsentwicklung und Biostratigraphie der Dömnitz-Warmzeit (Fuhne/Saale 1) im Profil von Pritzwalk/Prignitz. *Abhandlungen des Zentralen geologischen Instituts* 18, 1973, 9-48.
- 1987: K. Erd, Die Uecker-Warmzeit von Röpersdorf bei Prenzlau als neuer Interglazialtyp im Saale-Komplex der DDR. *Zeitschrift für geologische Wissenschaften* 15, 1987, 297-313.
- Erd u. a. 1987: K. Erd / H. Palme / J. Präger, Holsteininterglaziale Ablagerungen von Rossendorf bei Dresden. *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften* (Berlin) 15, 1987, 281-295.
- Geikie 1894: J. Geikie, *The Great Ice Age and its relationship to the antiquity of man* (London ³1894).
- Geyh / Müller 2005: M. A. Geyh / H. Müller, Numerical ²³⁰Th/U dating and a palynological review of the Holsteinian/Hoxnian Interglacial. *Quaternary Science Reviews* 24, 2005, 1861-1872.
- 2006: M. A. Geyh / H. Müller, Missing evidence for two Holstein-like Interglacials. Reply to the comments by J. D. Scourse on: numerical ²³⁰Th/U dating and a palynological review of the Holsteinian/Hoxnian Interglacial. *Quaternary Science Reviews* 25, 2006, 3072-3073.
- Gröger 1983: E. Gröger, Untersuchungen zur Gliederung und Vegetationsgeschichte des Mittelpleistozäns in Oberbayern. *Geologica Bavarica* 84, 1983, 21-40.
- Hallik 1960: R. Hallik, Die Vegetationsentwicklung der Holstein-Warmzeit in Nordwest-Deutschland und die Altersstellung der Kieselgur lager der südlichen Lüneburger Heide. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 112, 1960, 326-333.
- Heijnis 1992: H. Heijnis, Uranium/thorium dating of Late Pleistocene peat deposits in N.W. Europe [unpubl. Diss. Univ. Groningen 1992] <http://dissertations.ub.rug.nl/faculties/science/1992/h.heijnis/> (13.09.2012).
- Jechorek 2000: H. Jechorek, Die fossile Flora des Reinsdorf-Interglazials. *Paläokarpologische Untersuchungen an mittelpleistozänen Ablagerungen im Braunkohlentagebau Schöningen. Praehistoria Thuringica* 4, 2000, 7-17.
- Jechorek u. a. 2007: H. Jechorek / A. Czaja / D. H. Mai, Die Vegetation des Reinsdorf-Interglazials, Rekonstruktion durch eine fossile Frucht- und Samenflora. In: Thieme 2007, 93-98.
- Jerz / Linke 1987: H. Jerz / G. Linke, Arbeitsergebnisse der Subkommission für europäische Quartärstratigraphie: Typusregion des Holstein-Interglazials (Berichte der SEQS 8). *Eiszeitalter und Gegenwart* 37, 1987, 148-165.
- Jöris / Baales 2003: O. Jöris / M. Baales, Zur Altersstellung der Schöninger Speere. In: J. M. Burdukiewicz / L. Fiedler / W.-D. Heinrich / A. Justus / E. Brühl (Hrsg.), *Erkenntnisjäger. Kultur und Umwelt des frühen Menschen. Festschrift für Dietrich Mania. Veröffentlichungen des Landesamtes für Archäologie Sachsen-Anhalt. Landesmuseum für Vorgeschichte* 57 (Halle/Saale 2003) 281-288.
- Keen 2001: D. H. Keen, Towards a late Middle Pleistocene non-marine molluscan biostratigraphy for the British Isles. *Quaternary Science Reviews* 20, 2001, 1657-1665.

- Koutsodendris u.a. 2010: A. Koutsodendris / U. C. Müller / J. Pross / A. Brauer / U. Kotthoff / A. F. Lotter, Vegetation dynamics and climate variability during the Holsteinian interglacial based on a pollen record from Dethlingen (northern Germany). *Quaternary Science Reviews* 29, 2010, 3298-3307.
- Kühl / Litt 2007: N. Kühl / T. Litt, Quantitative time-series reconstructions of Holsteinian and Eemian temperatures using botanical data. In: F. Sirocko / M. Claussen / M. F. Sánchez-Goni / T. Litt (Hrsg.) *The climate of past interglacials. Developments in Quaternary Science* 7, 2007, 239-254.
- Krbetschek / Stephan 2010: M. Krbetschek / H.-J. Stephan, Dating of sediments (Infrared-Radiofluorescence (IR-RF) method) at the type locality of the Wacken peat. In: *DEUQUA 2010 Conference abstracts (Greifswald 2010)* 117-118.
- Linke / Katzenberger / Grün 1985: G. Linke / O. Katzenberger / R. Grün, Description and ESR-dating of the Holsteinian interglaciation. *Quaternary Science Reviews* 4, 1985, 319-331.
- Litt u.a. 2007: T. Litt / K.-E. Behre / K.-D. Meyer / H.-J. Stephan / S. Wansa, Stratigraphische Begriffe für das Quartär des norddeutschen Vereisungsgebietes. *Eiszeitalter und Gegenwart* 56, 2007, 7-65.
- Mania 1993: D. Mania, Die Terrassen-Travertin-Sequenz von Bilzingsleben. Ein Beitrag zur Stratigraphie des Mittel- und Jungpleistozäns im Elbe-Saale-Gebiet. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 1993, 554-575.
- 2007: D. Mania, Das Eiszeitalter und seine Spuren im Tagebau Schöningen. In: *Thieme 2007*, 35-61.
- Mania / Thieme 2007: D. Mania / H. Thieme, Zur Einordnung der altpaläolithischen Fundhorizonte von Schöningen in die Erdgeschichte. In: *Thieme 2007*, 217-220.
- Meijer / Cleveringa 2009: T. Meijer / P. Cleveringa, Aminostratigraphy of Middle and Late Pleistocene deposits in The Netherlands and the southern part of the North Sea Basin. *Global and Planetary Change* 68, 2009, 326-345.
- Menke 1968: B. Menke, Beiträge zur Biostratigraphie des Mittelpleistozäns in Norddeutschland. *Meyniana* 18, 1968, 35-42.
- Miller / Mangerud 1985: G. H. Miller / J. Mangerud, Aminostratigraphy of European marine interglacial deposits. *Quaternary Science Reviews* 4, 1985, 215-278.
- Müller 1965: H. Müller, Eine pollenanalytische Neubearbeitung des Interglazial-Profiles von Bilshausen (Unter-Eichsfeld). *Geologisches Jahrbuch* 83, 1965, 327-352.
- 1974: H. Müller, Pollenanalytische Untersuchungen und Jahres-schichtenzählungen an der Holstein-zeitlichen Kieselgur von Munster-Breloh. *Geologisches Jahrbuch A* 21, 1974, 107-140.
- Müller / Höfle 1994: H. Müller / H.-C. Höfle, Die Holstein-Interglazialvorkommen bei Bossel westlich von Stade und Wanhöden nördlich Bremerhaven. *Geologisches Jahrbuch Reihe A* 134; 1994, 71-116.
- Nitychoruk u.a. 2005: J. Nitychoruk / K. Biřka / J. Hoefs / H. Ruppert / J. Schneider, Climate reconstruction for the Holsteinian Interglacial in eastern Poland and its comparison with isotopic data from Marine Isotope Stage 11. *Quaternary Science Reviews* 24, 2005, 631-644.
- 2006: J. Nitychoruk / K. Biřka / H. Ruppert / J. Schneider, Holsteinian Interglacial=Marine Isotope Stage 11? *Quaternary Science Reviews* 25, 2006, 2678-2681.
- Penkman 2010: K. Penkman, Amino acid geochronology: its impact on our understanding of the Quaternary stratigraphy of the British Isles. *Journal of Quaternary Science* 25, 2010, 501-514.
- Preece 1995: R. C. Preece, Mollusca from interglacial sediments at three critical sites in the Lower Thames. In: D. R. Bridgland / P. Allen / B. A. Haggart (Hrsg.), *The Quaternary of the Lower Reaches of the Thames. Quaternary Research Association Field Guide (Southampton 1995)* 53-60.
- Preece u.a. 2006: R. C. Preece / J. A. J. Gowlett / S. A. Parfitt / D. R. Bridgland / S. G. Lewis, Humans in the Hoxnian: habitat, context and fire use at Beeches Pit, West Stow, Suffolk, UK. *Journal of Quaternary Science (Chichester)* 21, 2006, 485-496.
- 2007: R. C. Preece / S. A. Parfitt / D. R. Bridgland / S. G. Lewis / P. J. Rowe / T. C. Atkinson / I. Candy / N. C. Debenham / K. E. H. Penkman / E. J. Rhodes / J.-L. Schwenninger / H. I. Griffiths / J. E. Whittaker / C. Gleed-Owen, Terrestrial environments during MIS 11: evidence from the Palaeolithic site at West Stow, Suffolk, UK. *Quaternary Science Reviews* 26, 2007, 1236-1300.
- 2009: R. C. Preece / S. A. Parfitt / G. R. Coope / K. E. H. Penkman / P. Onel / J. E. Whittaker, Biostratigraphic and aminostratigraphic constraints on the age of the Middle Pleistocene glacial succession in north Norfolk, UK. *Journal of Quaternary Science* 24, 2009, 557-580.
- Preusser u.a. 2005: F. Preusser / R. Drescher-Schneider / M. Fiebig / C. Schlüchter, Re-interpretation of the Meikirch pollen record, Swiss Alpine Foreland, and implications for Middle Pleistocene chronostratigraphy. *Journal of Quaternary Science* 20, 2005, 607-620.
- Reille u.a. 2000: M. Reille / J.-L. de Beaulieu / H. Svobodova / V. Andrieu-Ponel / C. Goeury, Pollen analytical biostratigraphy of the last five climatic cycles from a long continental sequence from the Velay region (Massif Central, France). *Journal of Quaternary Science* 15/7, 2000, 665-685.
- Rowe u.a. 1999: P. J. Rowe / T. C. Atkinson / C. Turner, U-series dating of Hoxnian interglacial deposits at Marks Tey, Essex, England. *Journal of Quaternary Science* 14/7, 1999, 693-702.
- Roe u.a. 2009: H. M. Roe / G. R. Coope / R. J. N. Devoy / C. J. O. Harrison / K. E. H. Penkman / R. C. Preece / D. C. Schreve, Differentiation of MIS 9 and MIS 11 in the continental record: vegetational, faunal, aminostratigraphic and sea-level evidence from coastal sites in Essex, UK. *Quaternary Science Reviews* 28, 2009, 2342-2373.
- Sarnthein u.a. 1986: M. Sarnthein / H. E. Stremme / A. Mangini, The Holstein interglaciation: Time stratigraphic position and correlation to stable-isotope stratigraphy of deep-sea sediments. *Quaternary Research* 26, 1986, 283-298.
- Schreve 2001a: D. C. Schreve, Mammalian evidence from Middle Pleistocene fluvial sequences for complex environmental change at the oxygen isotope substage level. *Quaternary International* 79, 2001, 65-74.
- 2001b: D. C. Schreve, Differentiation of the British late Middle Pleistocene interglacials: the evidence from mammalian biostratigraphy. *Quaternary Science Reviews* 20, 2001, 1693-1705.
- Schreve u.a. 2002: D. C. Schreve / D. R. Bridgland / P. Allen / J. J. Blackford / C. P. Gleed-Owen / H. I. Griffiths / D. H. Keen / M. J. White, Sedimentology, palaeontology and archaeology of late Middle Pleistocene River Thames terrace deposits at Purfleet, Essex, UK. *Quaternary Science Reviews* 21, 2002, 1423-1464.
- Schwarz / Grün 1988: H. P. Schwarz / R. Grün, Comment on M. Sarnthein, H. E. Stremme and A. Mangini, The Holsteinian interglaciation: Time-stratigraphic position and correlation to stable-isotope stratigraphy of deep-sea sediments. *Quaternary Research* 29, 1988, 75-79.
- Sejrup / Knudsen 1993: H. P. Sejrup / K. L. Knudsen, Paleoenvironment and correlations of interglacial sediments in the North Sea. *Boreas* 22, 1993, 223-235.

- Thieme 1996: H. Thieme, Die ältesten Wurfspere der Welt – Jagdwaffen des Urmenschen (*Homo erectus*) aus Schöningen, Nordharzvorland. *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 1, 1996, 2-6.
- 2007: H. Thieme (ed.), *Die Schöninger Speere. Mensch und Jagd vor 400 000 Jahren* (Stuttgart 2007).
- Thieme u. a. 1993: H. Thieme / D. Mania / B. Urban / T. van Kolfschoten, Schöningen (Nordharzvorland), eine altpaläolithische Fundstelle aus dem mittleren Eiszeitalter. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 23, 1993, 147-163.
- Thomas 2001: G. N. Thomas, Late Middle Pleistocene pollen biostratigraphy in Britain: pitfalls and possibilities in the separation of interglacial sequences. *Quaternary Science Reviews* 20, 2001, 1621-1630.
- Turner 1970: C. Turner, The Middle Pleistocene deposits at Marks Tey, Essex. *Philosophical Transactions of the Royal Society B/Biological Sciences* 257, 1970, 373-440.
- Urban 1983: B. Urban, Biostratigraphic correlation of the Kärlich interglacial, Northwestern Germany. *Boreas* 12, 1983, 83-90.
- 1993: B. Urban, Mittelpleistozäne Interglaziale im Tagebau Schöningen. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 1993, 620-622.
- 1995: B. Urban, Palynological evidence of younger Middle Pleistocene interglacials (Holsteinian, Reinsdorf and Schöningen) in the Schöningen open cast lignite mine (eastern Lower Saxony, Germany). *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 52, 1995, 175-186.
- 2007a: B. Urban, Quartäre Vegetations- und Klimaentwicklung im Tagebau Schöningen. In: Thieme 2007, 66-75.
- 2007b: B. Urban, Interglacial Pollen Records from Schöningen, North Germany. In: F. Sirocco / M. Claussen / M. F. Sánchez-Goni / T. Litt (Hrsg.), *The Climate of Past Interglacials* (Amsterdam 2007) 417-444.
- Urban u. a. 1988: B. Urban / H. Thieme / H. Elsner, Biostratigraphische, quartärgeologische und urgeschichtliche Befunde aus dem Tagebau »Schöningen«, Lkr. Helmstedt. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 139, 1988, 123-154.
- 1991: B. Urban / R. Lenhard / D. Mania / B. Albrecht, Mittelpleistozän im Tagebau Schöningen, Lkr. Helmstedt. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 142, 1991, 351-372.
- 2011: B. Urban / M. Sierralta / M. Frechen, New evidence for vegetation development and timing of Upper Middle Pleistocene interglacials in Northern Germany and tentative correlations. *Quaternary International* 241, 2011, 125-142.
- van Asperen 2012: E. N. van Asperen, Late Middle Pleistocene horse fossils from northwestern Europe as biostratigraphic indicators. *Journal of Archaeological Science* 39, 2012, 1974-1983.
- Welten 1982: M. Welten, Stand der palynologischen Quartärforschung am schweizerischen Nordalpenrand. *Geographica Helvetica* 2, 1982, 75-83.
- Zagwijn 1989: W. H. Zagwijn, The Netherlands during the Tertiary and the Quaternary: A case history of coastal lowland evolution. *Geologie en Mijnbouw* 68, 1989, 107-120.
- 1992: W. H. Zagwijn, The beginning of the Ice Age in Europe and its major subdivision. *Quaternary Science Reviews* 11, 1992, 583-592.

ZUSAMMENFASSUNG / ABSTRACT

Die Schöninger Pollendiagramme und ihre Stellung im mitteleuropäischen Mittelpleistozän

Während der vergangenen 20 Jahre wurden im Tagebau Schöningen an verschiedenen Profilen, die durch den fortschreitenden Tagebau zugänglich wurden, pollenanalytische Untersuchungen durchgeführt. Im Fokus standen dabei vor allem warmzeitliche Ablagerungen im Hangenden der Elstermoräne und Liegenden der Saalemoräne, da in diesen paläolithische Funde zu Tage traten, darunter die ältesten Speere der Welt. Drei fragmentarisch überlieferte Warmzeiten wurden für diesen Zeitraum identifiziert, darunter mit der Reinsdorf-Warmzeit ein neuer Interglazialtyp zwischen der Holstein-Warmzeit und der Schöningen-Warmzeit (Wacken/Dömnitz), in dessen Endphase die Speere gefunden wurden. Ein überregionaler Vergleich der Pollensequenzen ergibt, dass die Reinsdorf-Warmzeit als lokal geprägter Typ des Holsteins anzusehen ist und die Speere damit ebenfalls in das Holstein zu stellen sind. Neue Datierungen an diesen warmzeitlichen Sedimenten ergaben ein Alter von ca. 295 000 Jahren und korrelieren diese mit Stadium 9 der marinen Sauerstoffisotopenstratigraphie. Damit sind die Speere rund 100 000 Jahre jünger als bisher postuliert.

The Schöningen pollen diagrams and their position within the central European Middle Pleistocene

During the past 20 years pollenanalytical studies were conducted on several profiles available during different stages of the ongoing lignite exploitation within the open cast quarry of Schöningen. Interglacial sediments between moraines of the Elsterian and the Saalian glaciation were in focus because palaeolithic finds became known among them wooden spears, known as the oldest ones worldwide. Three fragments of interglacials were identified in this part, the new interglacial type Reinsdorf bearing the spears was positioned between the Holsteinian and the Schöningen (Wacken/Dömnitz) interglacials. A supraregional comparison of the pollen sequences suggests that the Reinsdorf Interglacial is only a local specification of the Holsteinian and that the spears are of Holsteinian age. New datings of this interglacial sediments gave an age of about 295 000 years and correlate this with the marine isotope stage 9. Therefore the wooden spears are about 100 000 years younger than thought before.

THE SCHÖNINGEN MAMMALIAN FAUNA IN BIOSTRATIGRAPHICAL PERSPECTIVE

Since the discovery of the first Palaeolithic artefacts in Schöningen/Baufeld-Süd (Schö 12) by Dr. Hartmut Thieme the Faculty of Archaeology, Leiden University takes part in the Schöningen research, concentrating on the study of the vertebrate remains from the Pleistocene deposits. The study focuses on archaeozoological (Voormolen 2008a; 2008b) as well as paleoenvironmental and biostratigraphical questions (e.g. Thieme 2007; Thieme et al. 1993; van Kolfschoten 1993; 2003; 2007).

The larger mammal remains have been collected during the past 17 years in the frame of the archaeological excavations conducted by H. Thieme and his team. Special campaigns to collect smaller vertebrate remains have been organized almost every year since 1992. The result so far is more than 15 000 larger mammal fossils and over 7000 identifiable smaller mammal remains. Part of the material has been studied and biostratigraphically analyzed and the preliminary results are put in the context of what is known about the faunal changes during the later (post-Elsterian) part of the Middle Pleistocene.

LATE MIDDLE PLEISTOCENE FAUNA EVOLUTION

The European fossil mammalian record of the later part of the Middle Pleistocene is rather well known. It indicates that generally speaking, the present-day mammalian fauna has been established during that period of time. Relict species from the Early or early Middle Pleistocene such as *Talpa minor*, *Trogotherium cuvieri* and *Pliomys episcopalis* survived the Elsterian glacial period but gradually disappeared during the late Middle Pleistocene. What remained was a »modern« fauna that consists of species that still occur in Europe or species that gradually evolved into the present-day forms. But also this »modern« fauna underwent big changes in the past 400ka due to changes in climate and environment what resulted in (local) extinction, migration and dispersal of species as well as the evolution of species.

Changes in the geographical distribution of mammal species (due to migration/dispersal) is certainly the major factor in the changes of composition of the Quaternary faunas in a specific region. These fluctuations are first of all caused by the alternation of the available habitats due to the changes in climate and environment (van Kolfschoten 1995b). Eurasian cold stage faunas from the last and penultimate glacial period are characteristic and rather well known; species such as *Dicrostonyx gulielmi*, *Lemmus lemmus*, *Mammuthus primigenius*, *Coelodonta antiquitatis* and *Rangifer tarandus* expanded their range southwards and occur together with species which prefer a more steppic environment such as ground squirrels (*Spermophilus undulates*) and hamsters (*Cricetulus migratorius* and *Cricetus cricetus*) that expanded their geographical range north- and westwards. A rise in temperature led to more distinct steppic conditions in the lower latitudes. These steppic conditions resulted in the increase of the relative number of steppe elements. Lemmings and other cold stage indicators withdrew northwards and species such as the steppe lemming *Lagurus lagurus* migrated westward and invaded Northwestern Europe. A rise in temperature is followed, in certain areas such as the North European plain, by an increase of oceanic influences. That results in a climate, which induces a re-establishment of forests with thermophilous broad-leaved and conif-

erous trees and the return of forest dwellers such as glirids (*Eliomys quercinus*, *Muscardinus avellanarius*), wild boar (*Sus scrofa*), and cervids (*Cervus (Dama) dama* and *Capreolus capreolus*) (van Kolfschoten 1992). This general picture of alternating species, more or less the same species that »comes and goes«, is applicable to the late Middle and Late Pleistocene.

Biostratigraphically important is also the extinction of species. Several examples demonstrate the global or local extinction of species. Well known are the Late Pleistocene – early Holocene extinctions of mainly larger mammals that can be observed in almost every continent. In Central Europe species such as *Ursus spelaeus*, *Mammuthus primigenius*, *Coelodonta antiquitatis*, *Equus hydruntinus* and *Megaloceros giganteus* disappeared at the end of the Late Pleistocene or the beginning of the Holocene. Extinction in the smaller mammal fauna of Eurasia can be observed in Middle Pleistocene faunas. Species such as *Drepanosorex savini*, *Talpa minor* and *Trogotherium cuvieri* are relicts from the Early Pleistocene that became extinct during the Middle Pleistocene. Extinction is often preceded by a strong reduction of the geographical range of a species and a retreat to a refugial area. The Late Pleistocene European rhinoceros species *Stephanorhinus kirchbergensis* and *Stephanorhinus hemitoechus* show a progressive southward contraction of their geographical range before getting extinct before the Late Glacial Maximum (Stuart 1993; 2005; Stuart et al. 2004) whereas the youngest record of the giant deer *Megaloceros giganteus* has been found in Western Siberia (Stuart et al. 2004).

The evolution of species is another important aspect in discussions about that age of an (archaeo)zoological assemblage in particular if we are dealing with Palaeolithic assemblages. There are a number of species that clearly evolve even in a relative short period as the Quaternary. The evolution is, in some cases rather rapid, in others rather slow and not all the evolutionary changes occur in the same period of time. Some species mainly evolve during the Early Pleistocene whereas others show clear changes during a later phase of the Quaternary. Remarkable is the fact that many species show comparable evolutionary changes. A general feature in the evolution is: a) the increase in the height of the crown of the (pre)molars and b) the increase of complexity of the enamel pattern of the (pre)molars. Both features are related to the adaptation to more abrasive nutrition. The deterioration of the climate led to the reduction of woodland vegetation and an expansion of a more open habitat with a dominance of grasses. For many herbivores this implies a change to more abrasive food. Among the species that show a clear evolution during the Quaternary and are e.g. the mammoths belonging to the lineage *Mammuthus rumanus* – *Mammuthus meridionalis* – *Mammuthus trogontherii* – *Mammuthus primigenius* (Lister 1992; Lister et al. 2005) and a large number of voles representing different vole-lineages including the *Mimomys* – *Arvicola* lineage (Heinrich 1987; Neraudeau et al. 1995).

Change in size is another feature that can be observed in a number of Quaternary species. Pleistocene wolverines show a remarkable increase in size during the Middle Pleistocene. The same, however less extensive, can be seen in e.g. wolves. Late Pleistocene caballoid horses, on the other hand, decrease in size from the later part of the Middle Pleistocene onwards. Changes in size are generally not unidirectional and are therefore not a good feature for biostratigraphical purposes. It can only be used in combination with other data.

Although the palaeozoological record of the late Middle and Late Pleistocene is rather extensive there is no well-established, detailed and widely accepted formal biozonal (on the mammalian record based) subdivision of that time span applicable for Eurasia. Biozonations as we know from the Tertiary or the early Quaternary are too coarse for the detailed information Palaeolithic archaeologists are looking for. The occurrence of an *Arvicola* – *Microtus* mammal assemblage indicates that we are in the Toringian biozone. The first occurrence of the genus *Arvicola*, marking the beginning of the Toringian, dates around 0.5 Ma ago (van Kolfschoten 1990; von Koenigswald / van Kolfschoten 1996). The Toringian is too short and the

geographical differences in the local development of the mammalian fauna too big, to define a useful subdivision of that particular biozone applicable for e. g. Europe. The stratigraphical setting of Middle and Late Pleistocene strata offers in many cases the possibility to correlate them to regional stages such as the widely adapted North West European Stages. Furthermore, there is a tendency to use the Marine Isotope Stages (MIS) as a reference in the debate on the age of continental finds, in spite of the very restricted number of direct correlations between continental and marine zonations.

EVOLUTION WITHIN THE GENUS *ARVICOLA*

As stated above, most species do not show a clear evolution during the late Middle and Late Pleistocene; there is however one exception and that is the water vole of the genus *Arvicola*. *Mimomys savini*, a vole with rooted molars, is the ancestor of the living water vole *Arvicola terrestris*. *Mimomys savini* occurred in the European faunas during the late Early and the early Middle Pleistocene. The transition of populations of water voles with rooted molars to populations with more hypsodont, unrooted molars referred to the genus *Arvicola*, took place during the first half of the Middle Pleistocene. This transition seems to be well established since populations with a small percentage of rooted molars are known from several localities in Germany, Italy, Czech Republic and Russia. The genus *Arvicola* with unrooted molars shows clearly a gradual evolution in the differentiation in the thickness of the enamel since its appearance during the early Middle Pleistocene. Looking at the occlusal surface of the molars one can observe clear changes in the differentiation of the enamel. The occlusal surface of the molars of voles shows a number of dentine field covered with enamel at the outer side. The anterior enamel edge of the salient angles of the lower molars is concave, the posterior convex. The concave edges occlude first during the longitudinal movement of the mastication; they are the so-called leading edges. The convex edges are the trailing edges. In a large number of living species the enamel of the trailing edges are much thinner than that of the leading edges i. e. the so-called *Microtus* enamel differentiation. The opposite (the *Mimomys* enamel differentiation) can be observed in many more primitive species. The transition of trailing edges that are thicker to a situation in which the leading edges are relatively thicker is called the evolution in the differentiation in the thickness of the enamel.

The enamel differentiation appeared to be an important marker to indicate the evolutionary stage of *Arvicola* and hence the relative age of the fossil record. Many palaeozoologists noted the evolutionary changes and used these characteristics to date late Quaternary faunas biostratigraphically. The evolution of *Arvicola*, as is indicated by von Koenigswald (1973) for fossils of Central European faunas, could also be traced in the British faunas (Sutcliffe / Kowalski 1976) and Jánossy (1976) noticed the same evolution in the Hungarian faunas. To quantify the differences in the enamel thicknesses Heinrich (1978) proposed to calculate the enamel thickness quotient and launched the so-called Schmelzband-Differenzierungs-Quotient (SDQ) values. He measured the enamel thickness on both sides of the salient angles of the m1, dividing the value of the trailing edge by the one of the leading edge and multiplying the quotient by 100. The SDQ of one molar is the mean of the SDQ-values of all salient angles. High values indicate rather primitive populations whereas low values means more advanced forms. Establishing the evolutionary stage of the fossil *Arvicola* remains appears to be a valuable, widely used, tool to subdivide the fossil record biostratigraphically (Heinrich 1987; van Kolfschoten 1990; 1992; von Koenigswald / van Kolfschoten 1996; Parfitt 1998; Preece et al. 2007). It became one of the most applied tools to date and to characterize the different glacial as well as interglacial faunal assemblages that can be correlated with the stratigraphical subdivision of the late

Schöninghen Mammalian fossil record	Schö 13 I	Schö 12 B	Schö 13 II-4
Order Insectivora			
<i>Sorex minutus</i>		x	x
<i>Sorex (Drepanosorex) sp.</i>		x	x
<i>Sorex sp. (cf. Sorex araneus)</i>		x	x
<i>Neomys newtoni</i>			cf.
<i>Desmana sp. (aff. D. moschata)</i>		x	x
<i>Talpa europaea</i>			x
Order Rodentia			
<i>Castor fiber</i>		x	x
<i>Trogotherium cuvieri</i>		x	x
* <i>Dicrostonyx sp.</i>		x	
<i>Lemmus lemmus</i>		x	x
<i>Clethrionomys glareolus</i>		x	x
<i>Arvicola terrestris cantianus</i>	x	x	x
<i>Microtus (Terricola) subterraneus</i>		x	x
<i>Microtus arvalis</i>		x	x
<i>Microtus agrestis</i>		x	x
<i>Microtus oeconomus</i>		x	
<i>Microtus gregalis</i>			x
<i>Microtus sp.</i>	x		
<i>Apodemus sp.</i>		x	
Order Carnivora			
<i>Panthera (Leo) sp.</i>			
<i>Canis lupus</i>			x
<i>Vulpes vulpes</i>			x
<i>Ursus spelaeus</i>		x	
<i>Ursus thibethanus</i>		x	
<i>Mustela erminea</i>			x
<i>Mustela nivalis</i>			x
<i>Mustela sp. (large mustelid)</i>			x
<i>Martes sp.</i>			x
Order Proboscidea			
Elephantidae gen . et sp. Indet.			
<i>Elephas antiquus</i>		x	
<i>Mammuthus sp.</i>	x		
Order Perissodactyla			
<i>Equus mosbachensis</i>		x	x
<i>Equus sp.</i>	x		
<i>Stephanorhinus kirchbergensis</i>		x	x
<i>Stephanorhinus hemitoechus</i>			x
Order Artiodactyla			
<i>Sus scrofa</i>		x	
<i>Cervus elaphus</i>	x	x	x
<i>Megaloceros giganteus</i>		x	
<i>Capreolus capreolus</i>		x	
<i>Bos primigenius</i>			x
<i>Bison priscus</i>			x
<i>Bison sp.</i>	x		
<i>Bos/Bison</i>		x	

Tab. 1 Preliminary list (March 2010) of mammalian species represented in the Schöninghen sites Schö 13 I, Schö 12 B and Schö 13 II-4. **Dicrostonyx sp.* are regarded as contamination, reworked from older levels dating to a preceding cold phase.

Middle Pleistocene with three interglacial phases between the Elster and Saale (Drenthe) glaciations as put forward by various authors (e.g. Urban 1995; van Gijssel 2006; Mania 2007).

THE SCHÖNINGEN FOSSIL MAMMALIAN RECORD

The base of the Quaternary sequence exposed at the Schöningen open-cast lignite quarry is formed by Elsterian till deposits. On top of these deposits a late Quaternary sedimentary sequence is preserved (Thieme / Maier 1995; Mania 2007). D. Mania (together with H. Thieme and B. Urban) investigated and recorded in great detail the Quaternary deposits in the southern quarry (Schöningen–Baufeld-Süd) and he concluded that the Quaternary deposits on top of the Elsterian till are situated in six erosional channels and the channel infillings represent different climatological cycles (Mania 1995). Channel I-III cover the time span between the Elster and the Saale glaciation, Channel IV-VI postdate the Saale glaciation. The deposits from the Channels I-III were assigned by a number of authors (Urban 1991; 1993; 1995; Jöris / Baales 2003; van Gijssel 2006; Thieme 2007) to three different interglacials i. e. the Holsteinian Interglacial and the locally defined Reinsdorf Interglacial and Schöningen Interglacial.

Vertebrate remains are collected from two channel or depression infillings, Channel I (site Schö 13 I) and Channel II (sites Schö 12 B and Schö 13 II) (**tab. 1**). The archaeological site Schö 13 I yielded a small amount of mammalian remains representing small mammals (not very well-preserved remains of the genera *Arvicola* and *Microtus*) as well as large mammals: mammoth (*Mammuthus* sp.), horse (*Equus mosbachensis*), red deer (*Cervus elaphus*)/bison (*Bison* sp.) (Thieme 2007). The mammalian record suggests rather open conditions; it is, however, too small to give detailed information about the environmental conditions and the age of deposition.

Channel II with its five depositional phases (1-5), yielded a very rich mammalian fauna. Most of the larger mammal material has been collected from deposits referred to depositional phase 4 (Schö 13 II-4), the famous wooden spear horizon. But from the sites Schö 12 B and Schö 13 II we know that also the levels 1, 2, and 3 are rich in mammalian remains. The site Schö 12 B in the lower part of the Channel II infilling yielded a fauna including e.g. *Sorex minutus*, *Sorex (Drepanosorex) sp.*, *Sorex sp.* (cf. *Sorex araneus*), *Desmana sp.*, *Castor fiber*, *Lemmus lemmus*, *Clethrionomys glareolus*, *Arvicola terrestris cantianus*, *Microtus (Terricola) subterraneus*, *Microtus arvalis*, *Microtus agrestis*, *Microtus oeconomus*, *Apodemus sp.*, *Ursus sp.*, Mustelidae, *Elephas antiquus*, *Dicerorhinus kirchbergensis*, *Equus mosbachensis*, *Sus scrofa*, *Cervus elaphus*, *Capreolus capreolus*, *Bos/Bison* indicating interglacial conditions and a forested environment (Fenne- ma 1996; van Kolfschoten 1993; 1995a). The mammalian fauna indicates furthermore that there is a stratigraphical hiatus between the base of the Channel II deposits and the underlying Elster deposits. The fragmentary remains of the arctic lemming (*Dicrostonyx sp.*) are regarded as contamination, reworked from older levels dating to a preceding cold phase.

The site Schö 13 II yielded more faunal remains also from the upper depositional phases, from Channel II levels 1, 2, 3 and 4. Thousands of fossil remains of smaller and, in particular, larger mammals have been revealed. The investigation of the mammalian fossil remains from Schöningen is in progress and the results presented so far (e.g. van Kolfschoten et al. 2007; Heinrich / van Kolfschoten 2007), as well as in this paper, should therefore be regarded as preliminary. The mammalian fauna from level 4 (the spear horizon; Schö 13 II-4) is diverse although less diverse than the fauna from level 1 (Schö 12 B). The small mammal fauna includes e.g.: *Desmana moschata* (**fig. 1**), *Sorex sp.*, *Trogontherium cuvieri*, *Lemmus lemmus*, *Arvicola terrestris cantianus* (**fig. 2**), *Microtus arvalis*, *M. agrestis*, *M. gregalis* and *M. (Terricola) subterraneus*.



Fig. 1 *Desmana moschata* (Schö 13 II-4). Lower mandible sin. with p2 – m3. – **a** occlusal view. – **b** side view. – (Photo A. Ramcharan).



Fig. 2 *Arvicola terrestris cantianus* (Schö 13 II-4). Lower mandible dext. with l, m1 and m2. – **a** occlusal view. – **b** side view. – (Photo A. Ramcharan).

The large mammal fauna includes the small and medium-sized carnivores *Mustela erminea*, *Mustela nivalis*, *Mustela sp.*, *Martes sp.*, *Canis lupus*, and *Vulpes vulpes*. A member of the Order Proboscidea is present in the fauna. *Equus mosbachensis* is the most numerous species in the fauna, accounting for over 95% of the identifiable remains (see also Musil 2002). The Artiodactyla are represented by *Cervus elaphus*, (cf.) *Bos primigenius* and (cf.) *Bison priscus* (fig. 3). The fauna indicates a more open environment. Cold-adapted



Fig. 3 Metacarpus dext. *Bos primigenius* (left), and *Bison priscus* (right) (Schö 13 II-4). (anterior view). – (Photo M. Knul).

species are, however, absent and the occurrence of *Bos primigenius* in the Schöningen 13 II-4 assemblage is indicative of a still interglacial climate, though less warm than the interglacial maximum climate of Schöningen 12 B.

THE RELATIVE AGE OF THE SCHÖNINGEN MAMMALIAN RECORD

The fossil mammalian record from Schöningen is characterised by an *Arvicola* – *Microtus* mammal assemblage which indicates that both assemblages (from Channel I and II) are of Toringian age, a biozone with

a maximum age of about 500ka (Roebroeks / van Kolfschoten 1995). The oldest Toringian faunas such as Mosbach, Miesenheim I, Mauer, Boxgrove have a pre-Elsterian/Anglain age and are correlated with the late Cromerian (van Kolfschoten 1990) or with MIS 15 and/or MIS 13. The mammalian record from Channel I is too poor to give a precise age indication. A post-Elsterian age as deduced from the lithostratigraphical position of the fossil record is supported by the evolutionary state of the finds. The faunal record from Channel II is much richer and far more indicative. The fauna from Channel II contains relicts from the early Middle Pleistocene (*Sorex [Drepanosorex] sp.*, *Trogontherium cuvieri*). This feature, together with the high SDQ values (the mean SDQ values are: Schö 12 B: 125,4; Schö 13 II-1: 124,0; Schö 13 II-2: 118,9; Schö 13 II-3: 117,7; Schö 13 II-4 115,2) indicates that we are dealing with a Toringian fauna that is relatively speaking, old. There is no doubt that the fauna is younger than the small mammalian assemblage from Schöningen Channel I and e.g. Bilzingsleben II (Heinrich 2003) and older than those from e.g. the German localities Weimar-Ehringsdorf, Ariendorf, Schweinskopf and Maastricht-Belvédère (the Netherlands) (van Kolfschoten 1990) and Cagny l' Epinette (France) (Tuffreau et al. 1995) and many more late Middle Pleistocene, Palaeolithic sites.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Summarizing one can conclude that the fossil mammalian record from Channel I and II have a post-Elsterian character and the presence of relicts from the early Middle Pleistocene as well as the evolutionary stage of the *Arvicola* molars indicate an age predating many well-known late Middle Pleistocene interglacial faunas. The stratigraphical framework established by Mania and Thieme and applied in the Schöningen research so far indicates three interglacial phases between the Elsterian and Saalian (Drenthe) glaciations: Holsteinian, Reinsdorf Interglacial and Schöningen Interglacial. The existence of three major warm episodes (interglacials) is shown in a large amount of publications on late Middle Pleistocene sequences in e.g. Great Britain and France (for more detailed information on this topic the reader is referred to e.g. van Gijssel 2006). A plausible correlation between the three interglacials and the standard MIS curve is presented in **table 2**. A correlation between Reinsdorf Interglacial and MIS 9 implies that localities (e.g. Weimar-Ehringsdorf, Maastricht-Belvédère and Cagny l'EpINETTE) with a late Middle Pleistocene record that is, based on biostratigraphical evidence, younger than the Reinsdorf Interglacial data, could be correlated to the Schöningen Interglacial or MIS 7.

However, Meijer / Cleveringa (2009) introduced the so called Oostermeer Interglacial which they correlate with MIS 7 and they argue that the interglacial deposits at Maastricht-Belvédère (the Netherlands) should be correlated with MIS 9. The mammalian fauna from Maastricht-Belvédère is, however, much more advanced than the Reinsdorf Interglacial fauna from Schöningen Channel II. Meijer / Cleveringa's proposal implies that the Reinsdorf sequence would be at least one interglacial older i.e. should be correlated with MIS 11.

Furthermore, there is an on-going debate about the number of interglacials (2 or 3) between the Elsterian and Saalian glaciation (Geyh / Müller 2005) and hence, the status of the Reinsdorf Interglacial and whether or not, the deposits of Channel II should be correlated with the Holsteinian Interglacial. For the interpretation of the Schöningen sequence it implies also a debate on the issue if the deposits of Channel I and Channel II represent two different interglacial cycles or originate from a single interglacial phase. The fauna from Channel I is so far too poor to confirm or reject any option. Data from other disciplines might be more discriminating. Based on the mammalian biostratigraphical evidence a Holsteinian age for the Channel II

		MIS	NW European stages	Schöningen sequence	
Holocene		1			
Pleistocene	Late	5d-2	Weichselian		
		5e	Eemian		
	Middle	6	Saalian		Schöningen Interglacial
		7			
		8			
		9			Reinsdorf Interglacial
		10			
		11	Holsteinian	Holsteinian Interglacial	
		12	Elsterian		
		13	Cromerian Complex		
		14			
15					
16					

Tab. 2 Stratigraphical position of the Holsteinian, Reinsdorf and Schöningen Interglacial and the correlation with the Marine Isotope Stages (MIS) according to Van Gijssel (2006). (For additional information about this table see text: discussion and conclusions).

assemblage cannot be excluded. Central European mammalian faunas that are beyond any doubt Holsteinian in age are, unknown so far (von Koenigswald / Heinrich 1999).

The post-Anglian (= Elsterian) mammalian record from Great Britain is more extensive and the stratigraphical position of the faunal assemblages, that in many cases derive from deposits exposed in the terraces of the former river Thames, is rather well known. The stratigraphical framework for the late Middle Pleistocene (post-Anglian/ Elsterian) continental deposits shows the existence of three major interglacials. For the designation of these interglacial phases the term MIS 11/Hoxnian (= Holsteinian) is used whereas for the younger interglacials the MIS terminology (MIS 9 and 7) is used to indicate the younger late Middle Pleistocene warm episodes. Correlation between the faunal record from Schöningen and the different English faunal assemblages referred to MIS 11-MIS 7 so far only supports the »old« age. The occurrence of the early Pleistocene relict species in the Schöningen record such as the giant beaver *Trogotherium cuvieri* suggests a correlation with the Hoxnian (= Holsteinian) MIS 11 faunas. In the English record *Trogotherium cuvieri* is absent in the MIS 9 faunas (a.o. Roe et al. 2009). However, the SDQ-values of the Schöningen water voles, one of the best represented species in the Schöningen record indicates that a correlation between the Channel II faunal assemblage and the British MIS 11 faunas is very unlikely. The Schöningen SDQ values are clearly much lower and also the rare occurrence of a so-called *Mimomys*-fold in the Schöningen record, indicates that the populations from MIS 11 sites such as Barnham and Beeches Pit (Parfitt 1998; Preece et al. 2007), where the *Mimomys*-fold frequencies are much higher (>20%) than in Schöningen (<5%), are more primitive and, hence, stratigraphically older. The well represented horse remains from Schöningen also do not exclude nor confirm a correlation with the British MIS 11 or MIS 9 horses. The late Middle Pleistocene caballoid horses of the British Isles are rather variable and the horses from the three interglacial phases (MIS 11, 9 and 7) display differences in size and shape (van Asperen 2009). Van Asperen (2009, 446) states: »However, the changes in size and shape do not follow a unidirectional trend, but fluctuations can be observe, which can be interpreted as ecomorphological response to the fluctuating climate ...« The observed differences between the Schöningen horses and the British record should therefore not only be interpreted in a (bio)stratigraphical sense. In order to correlate the Schöningen record and the one from the British Isles it is important to take into account and investigate the regional differences for many species and to interpret the mammalian record in their environmental context.

Summarizing it can be stated that based on the available data it seems unlikely that the Schöningen mammalian record from Channel II correlates with MIS 11/Hoxnian. A correlation with MIS 9 seems most plausible and is supported by other data (see Sierralta et al. this volume). The suggestion to correlate Channel II with the Holsteinian Interglacial based on botanical evidence (see Bittmann and Urban / Sierralta this volume) raises many questions. The Holsteinian Interglacial is assumed to be the first interglacial phase after the Elsterian/Anglian correlated with e. g. the Hoxnian. There are also arguments that support a correlation between the Holsteinian Interglacial and MIS 11 (e. g. Koutsodendris et al. 2010). If one assumes that there are three interglacial phases between the Elsterian and Saalian (Drenthe) glaciations and combines the different proposals, one could conclude that the Holsteinian Interglacial is complex and that the »Holsteinian Complex« or »Holsteinian s.l.« covers two warm episodes that are from a botanical point of view, rather similar. If that is the case, it has to be discussed and decided which one of the two interglacial episodes has to be regarded as the Holsteinian s.s., the classical Holsteinian. The Holsteinian Interglacial s.s. could be the first warm episode after the Elsterian (and the continental equivalent of the British Hoxnian) or the second warm episode after the Elsterian. An interesting dilemma that has to be solved in an international discussion taking into account data from different countries with a good late Middle Pleistocene, geological (stratigraphical) as well as biological, record including the Schöningen sequence. Pending this debate, the author prefers to use the stratigraphical subdivision of the late Middle Pleistocene that is presented in **table 2**. A subdivision that is presented in many papers and is based on the assumption that the Holsteinian s.s. is the first interglacial after the Elsterian followed by an interglacial that is assigned to the locally defined Reinsdorf Interglacial. Correlation between the mammalian fauna from Channel II and the second interglacial episode after the Elsterian underlines the main conclusion of this paper i. e. that the mammalian fauna postdates Hoxnian faunas and should be correlated with the second interglacial after the Elsterian and hence, that there is a substantial stratigraphical hiatus between the deposits of Channel II that yielded the mammalian record and the underlying Elsterian till.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank the organisers of the workshop »Die chronologische Einordnung der paläolithischen Funde von Schöningen« and the reviewers of an earlier draft of this paper for their constructive remarks.

REFERENCES

- Burdukiewicz et al. 2003: J. M. Burdukiewicz / L. Fiedler / W.-D. Heinrich / A. Justus / E. Brühl (eds), Erkenntnisjäger. Kultur und Umwelt des frühen Menschen. Festschrift für Dietrich Mania. Veröffentlichungen des Landesamtes für Archäologie Sachsen-Anhalt. Landesmuseum für Vorgeschichte 57 (Halle/Saale 2003).
- Fennema 1996: K. Fennema, Wat hebben de muizenkiezen van Schöningen ons te vertellen? *Cranium* 13, 1, 1996, 501-531.
- Geyh / Müller 2005: M. A. Geyh / H. Müller, Numerical ²³⁰Th/U dating and a palynological review of the Holsteinian/Hoxnian interglacial. *Quaternary Science Reviews* 24, 2005, 1861-1872.
- Heinrich 1978: W.-D. Heinrich, Zur biometrischen Erfassung eines Evolutionstrends bei *Arvicola* (Rodentia, Mammalia) aus dem Pleistozän Thüringens. *Säugetierkundliche Informationen* 2, 1978, 3-21.
- 1987: W.-D. Heinrich, Neue Ergebnisse zur Evolution und Biostratigraphie von *Arvicola* (Rodentia, Mammalia) im Quartär Europas. *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften* 15/3, 1987, 389-406.
- 2003: W.-D. Heinrich, Rodentier-Biostratigraphie und Altersstellung pleistozäner Säugetier-Fundstätten Mitteldeutschlands. In: Burdukiewicz et al. 2003, 237-245.
- Heinrich / van Kolfschoten 2007: W.-D. Heinrich / T. van Kolfschoten, Erster Skelettfund von *Trogotherium cuvieri* (Altbiber). In: Thieme 2007, 118-123.

- Jánossy 1976: D. Jánossy, Die Revision jungmittelpleistozäner Vertebratenfaunen in Ungarn. *Fragmenta Mineralogica et Paleontologica* 7, 1976, 29-54.
- Jöris / Baales 2003: O. Jöris / M. Baales, Zur Alterstellung der Schöninger Speere. In: Burdukiewicz et al. 2003, 281-288.
- Koutsodendris et al. 2010: A. Koutsodendris / U. C. Müller / J. Pross / A. Brauer / U. Kotthoff / A. F. Lotter, Vegetation dynamics and climate variability during the Holsteinian interglacial based on a pollen record from Dethlingen (northern Germany). *Quaternary Science Reviews* 29, 2010, 3298-3307.
- Lister 1992: A.M. Lister, Mammalian fossils and Quaternary biostratigraphy. *Quaternary Science Reviews* 11, 1992, 329-344.
- Lister et al. 2005: A. M. Lister / A. V. Sher / H. van Essen / G. Wie, The pattern and process of mammoth evolution in Eurasia. *Quaternary International* 126-128, 2005, 49-64.
- Mania 1995: D. Mania, Die geologischen Verhältnisse im Gebiet von Schöningen. In: H. Thieme / R. Maier (eds), *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen* (Hannover 1995) 33-43.
- 2007: D. Mania, Eiszeitalter und seine Spuren im Tagebau Schöningen. In: Thieme 2007, 112-118.
- Meijer / Cleveringa 2009: T. Meijer / P. Cleveringa, Aminostratigraphy of Middle and Late Pleistocene deposits in The Netherlands and the southern part of the North Sea Basin. *Global and Planetary Change* 68, 2009, 326-345.
- Musil 2002: R. Musil, Morphologische und metrische Differenzen der Pferde von Bilzingsleben und Schöningen. *Præhistoria Thuringica* 8, 2002, 143-148.
- Neraudeau et al. 1995: D. Neraudeau / L. Viriot / J. Chaline / B. Laurin / T. van Kolfschoten, Discontinuity in the Plio-Pleistocene Eurasian water vole lineage. *Paleontology* 38/1, 1995, 77-85.
- Parfitt 1998: S. Parfitt, The interglacial mammalian fauna from Barnham. In: N. Ashton / S. Lewis / S. A. Parfitt (eds), *Excavations at the Lower Palaeolithic Site at East Farm, Barnham, Suffolk, 1989-94*. Occasional Paper of the British Museum 125, 1998, 111-147.
- Preece et al. 2007: R. C. Preece / S. A. Parfitt / D. R. Bridgeland / S. G. Lewis / P. J. Rowe / T. C. Atkinson / I. Candy / N. C. Debenham / K. E. H. Penkman / E. J. Rhodes / J.-L. Schwenninger / H. I. Griffiths / J. E. Whittaker / C. Gleed-Owen, Terrestrial environments during MIS 11: evidence from the Palaeolithic site at West Stow, Suffolk, UK. *Quaternary Science Reviews* 26, 2007, 1236-1300.
- Roe et al. 2009: H. M. Roe / G. R. Coope / R. J. N. Devoy / C. J. O. Harrison / K. E. H. Penkman / R. C. Preece / D. C. Schreve, Differentiation of MIS 9 and MIS 11 in the continental record: vegetational, faunal, aminostratigraphic and sea-level evidence from coastal sites in Essex, UK. *Quaternary Science Reviews* 28, 2009, 2342-2373.
- Roebroeks / van Kolfschoten 1995: W. Roebroeks / T. van Kolfschoten, The earliest occupation of Europe: A reappraisal of artefactual and chronological evidence. In: W. Roebroeks / T. van Kolfschoten (eds), *The Earliest Occupation of Europe*. Proceedings of the European Science Foundation Workshop at Tautavel (France), November 1993. *Analecta Præhistorica Leidensia* 27, 1995, 297-317.
- Stuart 1993: A. J. Stuart, The Failure of Evolution: Late Quaternary Mammalian Extinctions in the Holarctic. *Quaternary International* 19, 1993, 101-109.
- 2005: A. J. Stuart, The extinction of woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*) and straight-tusked elephant (*Palaeoloxodon antiquus*) in Europe. *Quaternary International* 126-128, 2005, 171-177.
- Stuart et al. 2004: A. J. Stuart / P. A. Kosintsev / T. F. G. Higham / A. M. Lister, Pleistocene to Holocene extinction dynamics in giant deer and woolly mammoth. *Nature* 431, 2004, 684-689.
- Sutcliffe / Kowalski 1976: A. J. Sutcliffe / K. Kowalski, Pleistocene Rodents of the British Isles. *Bulletin of the British Museum of Natural History* 27/2, 1976, 31-147.
- Thieme 2007: H. Thieme (ed.), *Die Schöninger Speere; Mensch und Jagd vor 400 000 Jahren* (Stuttgart 2007).
- Thieme / Maier 1995: H. Thieme / R. Maier (eds), *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt* (Hannover 1995).
- Thieme et al. 1993: H. Thieme / D. Mania / B. Urban / T. van Kolfschoten, Schöningen (Nordharzvorland), eine altpaläolithische Fundstelle aus dem mittleren Eiszeitalter. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 23, 1993, 147-163.
- Tuffreau et al. 1995: A. Tuffreau / P. Antoine / P. G. Chase / H. L. Dibble / B. B. Ellwood / T. van Kolfschoten / A. Lamotte / M. Leurent / S. P. McPherron / A. Moigne / A. V. Munaut, Le gisement Acheuléen de Cagny-l'Épinette (Somme). *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 92/2, 1995, 169-191.
- Urban 1991: B. Urban, Zusammenfassung biostratigraphischer Ergebnisse holstein- und saalezeitlicher Vorkommen im Tagebau Schöningen, Ldkrs. Helmstedt. In: A. Aktas / W. Boenigk (eds), *Festschrift zur Vollendung des 70. Lebensjahres von Karl Brunnacker* (Köln 1991) 329-342.
- 1993: B. Urban, Mittelpleistozäne Interglaziale im Tagebau Schöningen. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 1993, 620-621.
- 1995: B. Urban, Palynological evidence of younger Middle Pleistocene Interglacials (Holsteinian, Reinsdorf und Schöningen) in the Schöningen open cast lignite mine (eastern Lower Saxony, Germany). *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 52, 1995, 175-186.
- van Asperen 2009: E. N. van Asperen, Cabaloid horses and late Middle Pleistocene biostratigraphy of the British Isles. *Quaternaire* 20/4, 2009, 437-448.
- van Gijssel 2006: K. van Gijssel, A continent-wide framework for local and regional stratigraphies: application of genetic sequence and event stratigraphy to the Middle Pleistocene terrestrial succession of Northwest and Central Europe [unpubl. diss. Univ. Leiden 2006].
- van Kolfschoten 1990: T. van Kolfschoten, The evolution of the mammal fauna in the Netherlands and the Middle Rhine Area (Western Germany) during the late Middle Pleistocene. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 43/3, 1990, 1-69.
- 1992: T. van Kolfschoten, Aspects of the migration of mammals to northwestern Europe during the Pleistocene, in particular the re-immigration of *Arvicola terrestris*. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 153, 1992, 213-220.
- 1993: T. van Kolfschoten, Die Vertebraten des Interglazials von Schöningen 12 B. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 1993, 623-628.
- 1995a: T. van Kolfschoten, Faunenreste des altpaläolithischen Fundplatzes Schöningen 12 (Reinsdorf-Interglazial). In: Thieme / Maier 1995, 85-94.
- 1995b: T. van Kolfschoten, On the application of fossil mammals to the reconstruction of the palaeoenvironment of northwestern Europe. *Acta Zoológica Cracoviensia* 38, 1995, 73-84.

- 2003: T. van Kolfschoten, A Red Fox *Vulpus vulpus* (Carnivora, Canidae) from the Middle Pleistocene spear horizon at Schöningen (Germany). In: Burdukiewicz et al. 2003, 321-334.
- 2007: T. van Kolfschoten, Die Kleinsäugerreste aus dem Reinsdorf-Interglazial von Schöningen. In: Thieme 2007, 76-87.
- van Kolfschoten et al. 2007: T. van Kolfschoten / E. van Asperen / B. Voormolen, Die Großsäugerfauna von Schöningen. In: Thieme 2007, 76-86.
- von Koenigswald 1973: W. von Koenigswald, Veränderungen in der Kleinsäugerfauna von Mitteleuropa zwischen Cromer und Eem (Pleistozän). *Eiszeitalter und Gegenwart* 23/24, 1973, 159-167.
- von Koenigswald / Heinrich 1999: W. von Koenigswald, / W.-D. Heinrich, Mittelpleistozäne Säugetierfaunen aus Mitteleuropa – Der Versuch einer biostratigraphischen Zuordnung. *Kaupia, Darmstädter Beiträge zur Naturgeschichte* 9, 1999, 53-112.
- von Koenigswald / van Kolfschoten 1996: W. von Koenigswald / T. van Kolfschoten, The *Mimomys-Arvicola* boundary and the enamel thickness quotient (SDQ) of *Arvicola* as stratigraphic markers in the Middle Pleistocene. In: C. Turner (ed.), *The early Middle Pleistocene in Europe*. Balkema (Rotterdam 1996) 211-226.
- Voormolen 2008a: B. Voormolen, Ancient Hunters, Modern Butchers. Schöningen 13II-4, a Kill-Butchery Site Dating from the Northwest European Lower Paleolithic [unpubl. diss. Univ. Leiden 2008].
- 2008b: B. Voormolen, Ancient hunters, modern butchers: Schöningen 13II-4, a kill-butcher site dating from the northwest European Lower Palaeolithic. *Journal of Taphonomy* 6/2, 2008, 71-247. <https://openaccess.leidenuniv.nl/handle/1887/12661> (17.9.2012).

ZUSAMMENFASSUNG / ABSTRACT

Die Schöninger Säugetierfauna in biostratigraphischer Perspektive

Die paläolithischen Ausgrabungen in Schöningen/Baufeld-Süd und die speziellen Kampagnen zur Aufsammlung kleiner Wirbeltierreste lieferten eine große Menge großer und kleiner Säugetierreste aus den Füllungen zweier Rinnen oder Senken, Rinne I (Fundstelle Schöningen 13 I) und Rinne II (Fundstellen Schö 12B und Schö 13 II) mit ihren fünf Ablagerungsphasen (1-5). Die Faunengemeinschaften aus dem unteren Bereich von Rinne II weisen auf interglaziale Verhältnisse in einer (teilweise) bewaldeten Umwelt; dabei besteht ein stratigraphischer Hiatus zwischen der Basis von Rinne II und den liegenden Elster-Ablagerungen. Das Vorkommen von Relikten aus dem frühen Mittelpleistozän sowie der Evolutionsstand der Molaren von *Arvicola* zeigen ein höheres Alter als viele bekannte Interglazialfaunen aus dem späten Mittelpleistozän. Die Fauna aus der Rinne II wird mit dem hier definierten Reinsdorf-Interglazial verbunden. Der Vergleich zwischen dieser Rinne II aus Schöningen und den gut untersuchten und reichen britischen Funden zeigt, dass das Fundmaterial aus Reinsdorf jünger ist als die Faunen des Hoxnian (MIS 11) und dass eine Korrelation mit jüngeren Faunen (MIS 9) sehr wahrscheinlich ist.

The Schöningen mammalian fauna in biostratigraphical perspective

The Palaeolithic excavations in Schöningen/Baufeld-Süd and the special campaigns to collect smaller vertebrate remains have resulted so far in a large amount of larger and smaller mammal remains collected from two channel or depression infillings, Channel I (site Schö 13 I) and Channel II (sites Schö 12B and Schö 13 II) with its five depositional phases (1-5). Faunal assemblages from the lower part of Channel II indicate interglacial conditions with a (partly) forested environment as well as the existence of a stratigraphical hiatus between the base of Channel II and the underlying Elsterian deposits. The presence of relicts from the early Middle Pleistocene as well as the evolutionary stage of the *Arvicola* molars indicates an age predating many well-known late Middle Pleistocene interglacial faunas. The fauna from Channel II is correlated with the locally defined Reinsdorf Interglacial. Comparison between the Schöningen Channel II fauna and the well-studied and extensive British record indicates that the Reinsdorf mammalian record post-dates the Hoxnian/MIS 11 faunas and that a correlation with younger (MIS 9) faunas seems to be most plausible.

DIE STRATIGRAPHISCHE ANWENDUNG DER EVOLUTION DER PFERDE IM HINBLICK AUF DIE FUNDE VON SCHÖNINGEN

Seit langem beschäftige ich mich mit dem Studium der Pferde und habe zahlreiche europäische Fundstellen bearbeitet, in denen Pferde in größerer Anzahl gefunden worden sind. In jüngerer Zeit habe ich die Pferde aus der Schicht, welche als Reinsdorf-Interglazial bezeichnet wird, bearbeitet und mit anderen Fundstellen verglichen (ein Manuskript, welches die detaillierten Ergebnisse zu den Pferden aus Schöningen behandelt und sie mit anderen europäischen Fundorten vergleicht ist druckfertig). Zwischen der Elster- und Saale-Vergletscherung sind in Schöningen drei Warmzeiten beschrieben worden: Holstein, Reinsdorf und Schöningen (Urban 1995), von denen die Reinsdorf-Warmzeit wahrscheinlich zum Holstein gehört. In diesem Zeitraum ist es jedoch nicht zu einer größeren Vergletscherung gekommen. Im gesamteuropäischen Raum stellt das Holstein-Interglazial am *locus typicus* offenbar nur eine Warmzeit von mehreren dar, das heißt, es zerfällt nicht in mehrere Warmzeiten.

Zu Beginn werden kurz die Möglichkeiten der Anwendung von Pferde Zähnen für eine relative stratigraphische Einordnung zusammengefasst. Voraussetzung dazu ist eine genügend große Materialmenge, um statistisch beweiskräftig zu sein. Nur die genotypischen Merkmale, die im Genbestand verankert sind und sich deshalb von Population zu Population vererben, besitzen biostratigraphischen Wert. Derartige Merkmale wurden bei den Pferde Zähnen gefunden. Alle caballoiden Pferde lassen eine lineare Entwicklung erkennen. Was alles kann uns die Detailbearbeitung der einzelnen Populationen der caballoiden Pferde sagen?

1. Die Erkenntnis der phyletischen linearen Evolution der caballoiden Pferde, welche ohne Unterbrechung bis zum Ende des letzten Glazials abgelaufen ist.
2. Die Veränderungen sind nicht phänotypisch, sondern genotypisch und sind im Genbestand verankert und darum erblich.
3. Diese Veränderungen haben eine globale Gültigkeit.
4. Sie liefern keine Aussagen zum Klima; es ist ganz egal ob es warm oder kalt, arid oder humid ist. Das bedeutet, dass Kalt- und Warmzeiten durch sie nicht unterschieden werden können. Dabei besiedeln die Pferde jedoch immer Steppen oder parkähnliche Landschaften, sowohl in Interglazialen wie auch in Glazialen.
5. Diese langsam verlaufenden morphometrischen Veränderungen ermöglichen eine relative zeitliche Einordnung. Sie zeigen keine absoluten Daten, sondern nur, dass die untersuchte Fundstätte jünger oder älter als andere ist.
6. Aus dem Umfang der abgelaufenen Veränderungen kann auf die zeitliche Länge der Lokalität geschlossen werden.

Bei meinem bisherigen Studium der fossilen caballoiden Pferde ging ich von stratigraphisch exakt datierten Populationen aus und untersuchte detailliert die Morphologie und Metrik der Ober- und Unterkieferzähne. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Zähne bestimmte morphologische und metrische Veränderungen im Verlauf der Zeit erfahren und zwar ohne Rücksicht auf die zahlreichen klimatischen Oszillationen von humid nach arid oder von warm nach kalt und dem damit verbundenen Charakter der Landschaft. Es handelt sich also um genetische Merkmale, welche nicht den Veränderungen der Umwelt unterliegen. Die

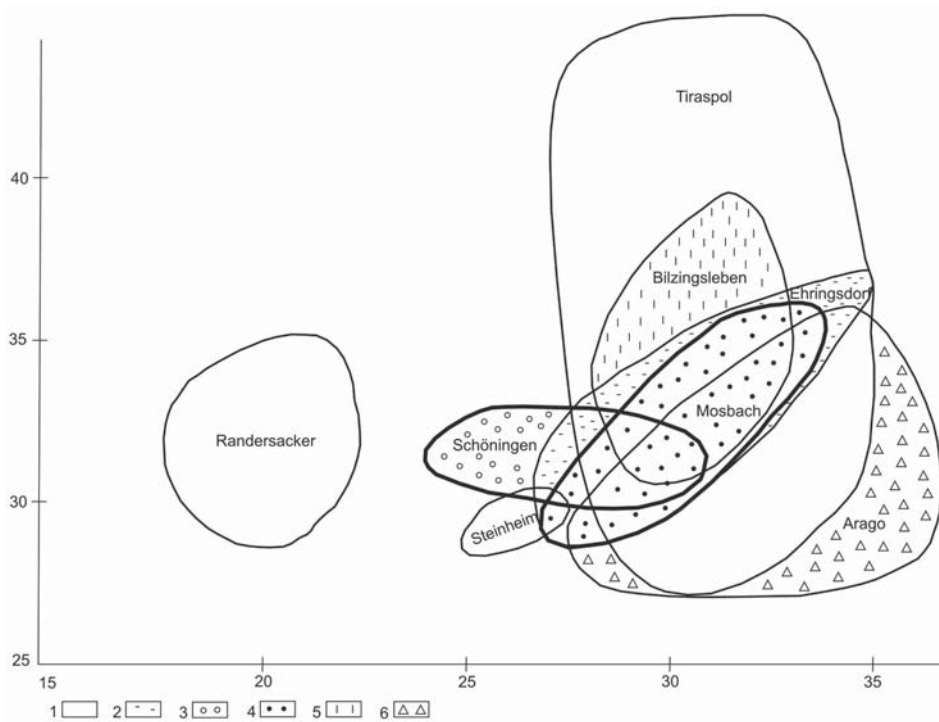


Abb. 1. Länge und Breite der dritten und vierten oberen Prämolaren. – **1** Randersacker, Steinheim, Tiraspol. – **2** Ehringsdorf. – **3** Schöningen. – **4** Mosbach. – **5** Bilzingsleben. – **6** Arago. – x-Achse = Zahnbreite, y-Achse = Zahnlänge. – (Vorschlag Rudolf Musil, Graphik Libuše Plchová).

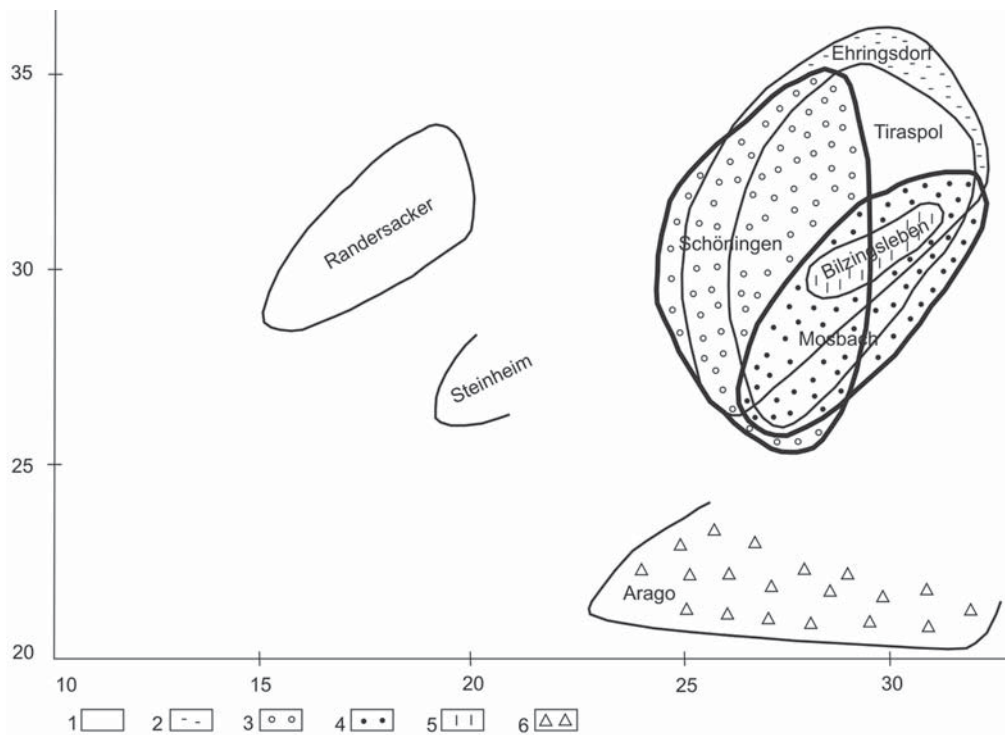


Abb. 2. Länge und Breite der ersten und zweiten oberen Molaren. – **1** Randersacker, Steinheim, Tiraspol. – **2** Ehringsdorf. – **3** Schöningen. – **4** Mosbach. – **5** Bilzingsleben. – **6** Arago. – x-Achse = Zahnbreite, y-Achse = Zahnlänge. – (Vorschlag Rudolf Musil, Graphik Libuše Plchová).

phylogenetische Evolution der Pferde zeigt dabei, dass die metrischen und morphologischen Veränderungen im Laufe der Zeit nur langsam und linear verlaufen. Primäre Veränderungen liefern dabei nicht die Morphologie, sondern in erster Linie die Metrik der Kaufläche. Weil sich Morphologie und Metrik der Kaufläche der einzelnen Zähne im Laufe des Abkauens etwas ändern, teilt man die Zähne in drei Abrasionsstufen ein.

In meinen Arbeiten (Musil 2002; 2005) konzentrierte ich mich zuerst auf Lokalitäten mit grösseren Mengen geeigneten Pferdmaterials und dabei besonders auf solche, in denen die jeweiligen Paläopopulationen zeitlich begrenzt und nicht zu lang waren. Auf dieser Grundlage gelang es, eine gewisse lineare Entwicklung nachzuweisen, die klar genetischen Charakter trägt und weder klimatischen noch anderen Faktoren der Umwelt unterliegt und die für das gesamte Mitteleuropa gilt. Dabei zeigte sich, dass die ermittelte phylogenetische Entwicklung auch für ältere Zeitperioden gültig ist.

Die Unter- und Oberkieferzähne aus Schöningen wurden metrisch und morphologisch bearbeitet. Es zeigte sich, dass es sich um typische caballoide Pferde handelt. Alle bearbeiteten Pferdereste stammen aus dem Fundhorizont mit Speeren („Reinsdorf Interglazial“) und gehören zur Gruppe der mittelgrossen Pferde der Art *Equus mosbachensis*. Sie stammen aus einem kurzen Zeitabschnitt.

Die morphologischen und metrischen Merkmale der Schöninger Pferde wurden mit den zeitlich ähnlichen Pferden aus anderen europäischen Lokalitäten (Mosbach, Neckar-Odenwald-Kreis; Mauer, Rhein-Neckar-Kreis; Steinheim an der Murr, Lkr. Ludwigsburg; Caune de l’Arago, dép. Pyrénées-Orientales; Lunel-Viel, dép. Hérault; Tiraspol, Moldawien; Randersacker, Lkr. Würzburg; Ehringsdorf, Stadt Weimar; Bilzingsleben, Lkr. Sömmerda) verglichen. Dabei hat die Detailanalyse aus diesen Lokalitäten gezeigt, dass die Pferde von Mosbach, Bilzingsleben, Schöningen und Ehringsdorf (Pferdegruppe I und II von dort) eine umgrenzte Einheit bilden. Die Pferdefunde von Steinheim und Arago unterscheiden sich von dieser Einheit nur gering, demgegenüber stehen die Pferde von Randersacker weit entfernt (**Abb. 1-2**). Die Pferde aus Schöningen stehen in ihrer Entwicklung in der Nähe der Funde von Ehringsdorf I (das sind die Funde aus der Zeit vor dem Zweiten Weltkrieg, die sich von den stratigraphisch gesicherten Pferden nach dem Zweiten Weltkrieg aus dem oberen Teil des Unteren Travertin unterscheiden) (Bahlo 1973; Bellai 1998; Cregut 1980; Gromova / Dubrovo 1975; Nobis 1981; Soergel 1911).

LITERATUR

- Bahlo 1973: E. Bahlo, Ein Schädelrest von *Equus mosbachensis* v. Reichenau aus den Mosbacher Sanden (Mittelpleistozän) des Steinbruchs Dyckerhoff bei Wiesbaden. Jahresberichte der Wetterauischen Gesellschaft für die Gesamte Naturkunde zu Hanau 123/124, 1973, 81-86.
- Bellai 1998: D. Bellai, Le cheval du gisement pléistocène moyen de la Caune de l’Arago (Tautavel, Pyrénées Orientales, France). Quaternaire 9/4, 1998, 325-335.
- Cregut 1980: E. Cregut, *Equus mosbachensis tautavelensis* Nov. Subsp., un nouvel Equidae (Mammalia, Perissodactyla) du gisement pléistocène moyen anté-rissien de la Caune de l’Arago (Tautavel, Pyrénées Orientales, France). Géobios 13/3, 1980, 121-127.
- Gromova / Dubrovo 1975: V. Gromova / I. A. Dubrovo, Fossile Pferde aus dem Faunenkomplex von Tiraspol. Quartärpaläontologie 1, 1975, 107-124.
- Musil 1965: R. Musil, Die Equidenreste aus dem Pleistozän von Voigstedt. Paläontologische Abhandlungen, Abt. A Paläozoologie 2/2-3, 1965, 435-449.
- 1969a: R. Musil, Die Equidenreste aus dem Pleistozän von Süssenborn bei Weimar. Paläontologische Abhandlungen, Abt. A Paläozoologie 3/3-4, 1969, 617-666.
- 1969b: R. Musil, Die Pferde der Pekárna-Höhle. Ein Beitrag zur Problematik der Evolution der Equiden. Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie 86/2, 1969, 147-193.
- 1976: R. Musil, Die Equiden aus dem Travertin von Ehringsdorf. In: Das Pleistozän von Weimar-Ehringsdorf, Teil 2. III. Internationales Paläontologisches Kolloquium 1968. Paläontologische Abhandlungen 23. (Berlin 1968) 265-335.
- 1977: R. Musil, Die Equidenreste aus den Travertinen von Taubach. Quartärpaläontologie 2, 1977, 237-264.
- 1978: R. Musil, Die fossilen Equiden-Reste aus den Travertinen von Burgtonna in Thüringen. Quartärpaläontologie 3, 1978, 137-138.
- 1984: R. Musil, Die Equiden-Reste aus dem Travertin von Weimar. Quartärpaläontologie 5, 1984, 369-380.
- 1987: R. Musil, Phylogeny of the genus *Equus*. In: V. Pokorný (Hrsg.), Contribution of Czechoslovak palaeontology to evolutionary science, 1945-1985. Proceedings of the seminar held at the Department of Palaeontology, Faculty of Natural Sciences, Charles University, Prague, January 17, 1985 (Praha 1987) 105-109.
- 1991: R. Musil, Pferde aus Bilzingsleben. In: Bilzingsleben 4. Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle 44 (Berlin 1991) 103-130.
- 1994: R. Musil, Die Pferde aus Ehringsdorf und ihre stratigraphische Wertung. Unterlagen zur 36. Tagung der Hugo Obermaier-Gesellschaft (Weimar 1994) 19.

2002: R. Musil, Morphologische und metrische Differenzen der Pferde von Bilzingsleben und Schöningen. *Praehistoria Thuringica* 8, 2002, 143-148.

2005: R. Musil, Evolutionäre Trends bei den Pferden des europäischen Quartärs. *Praehistoria Thuringica* 11, 2005, 125-138.

Nobis 1981: G. Nobis, *Equus mosbachensis* v. Reichenau aus Ablagerungen des cromerzeitlichen Mains von Randersacker bei Würzburg. *Quartärpaläontologie* 4, 1981, 93-104.

Soergel 1911: W. Soergel, Die Pferde aus der Schotterterrasse von Steinheim a.d. Murr. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Beilage-Band.* 32, 1911, 740-761.

Urban 1995: B. Urban, Palynological evidence of younger Middle Pleistocene interglacials Holsteinean, Reinsdorf and Schöningen in the Schöningen open cast lignite mine (eastern Lower Saxony, Germany). *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 52, 1995, 75-186.

ZUSAMMENFASSUNG / ABSTRACT

Die stratigraphische Anwendung der Evolution der Pferde im Hinblick auf die Funde von Schöningen

Die Funde aus dem oberen Teil des Unteren Travertins von Ehringsdorf (Ehringsdorf II) stammen nach den biostratigraphischen und physikalischen Daten möglicherweise aus dem frühsaalezeitlichen Interglazial. Pferde aus Ehringsdorf I sind demgegenüber »primitiver« und liegen darum auch zeitlich etwas älter als Ehringsdorf II. Die Pferde von Mosbach, Bilzingsleben, Schöningen und Ehringsdorf I bilden eine umgrenzte Einheit und stehen sich zeitlich nahe. Die Pferde aus Schöningen dürften zeitlich aus der Zeit vor dem Früh-Saale-Interglazial stammen.

The stratigraphical application of the horse evolution with respect to the record from Schöningen

The finds from the upper part of the Lower Travertin in Ehringsdorf (Ehringsdorf II) possibly come from the Early-Saalian interglacial according to the biostratigraphical and physical data. Horses from Ehringsdorf I are, however, more »primitive« and therefore somewhat older than Ehringsdorf II. The horses from Mosbach, Bilzingsleben, Schöningen and Ehringsdorf I form a defined unit and are closely related to each other in time. The horses from Schöningen probably belong to the period before the Early-Saalian interglacial.

Translation K.-E. Behre

THE REINSDORF INTERGLACIAL (SCHÖNINGEN II) MAMMALIAN ASSEMBLAGE IN ITS EUROPEAN CONTEXT

In recent years, there have been significant developments in our understanding of the number and nature of late Middle Pleistocene temperate episodes in NW Europe, based in large part on the evidence from mammalian biostratigraphy. In Britain, four interglacials can be confidently recognised in the fluvial record of the lower Thames, correlated with MIS 11, 9, 7 and 5e and underpinned by a multiproxy range of stratigraphical, biostratigraphical and geochronological data. Each of these interglacial episodes is characterised by a highly distinctive mammalian assemblage that can then be used for correlation with other, more distant sites. Similar chronological schemes, equally based on long fluvial sequences, have also been proposed in France and other parts of Germany. Furthermore, climatic and environmental variability at the oxygen isotope substage level can now be addressed, thereby allowing the structure of an individual interglacial to be dissected at high resolution.

Comparison of British and German faunal records from the late Middle Pleistocene has demonstrated a remarkably close degree of correspondence, perhaps due to the importance of the Rhine-Thames river as a corridor for mammalian movement and dispersal. This paper presents the evidence for climatostratigraphical complexity across northern Europe, based upon observations of mammalian and stratigraphical evidence, before proposing likely correlatives for the temperate climate sediments represented in Channel II at Schöningen (Lkr. Helmstedt/D). The last has been attributed a broad late Middle Pleistocene age but further resolution has remained elusive.

THE STRATIGRAPHICAL SEQUENCE AT SCHÖNINGEN AND THE FAUNA OF THE REINSDORF INTERGLACIAL

In the Schöningen Palaeogene lignite mine, a series of Quaternary fluvial sediments has been deposited in a subsiding graben adjacent to a salt dome (Thieme / Maier 1995; Urban 1995; Urban et al. 1995). Three superimposed (overlapping) interglacial channel fills have been described between Elsterian and Saalian (Drenthe) glacial sediments, identified respectively as Holsteinian (Schöningen I), Reinsdorf interglacial (II) and Schöningen interglacial (III). All three channels have yielded pollen records, although vertebrate remains have, to date, been described only from the Reinsdorf interglacial (van Kolfschoten 1993). The depositional sequence in the Reinsdorf channel consists of five levels of organic muds and peats (Levels 1-5 from the base upwards), which represent a succession of falling and rising lake levels. Level 1 at the base is considered to reflect the warmest part of the sequence, whereas the upper levels represent later, cool temperate phases (Thieme 1997). The pollen evidence suggests that the very earliest part of the interglacial is apparently missing and that at least two interstadials follow the temperate maximum (Urban 1995). There has been considerable disagreement over the age of these deposits. According to Mania (1996), the palynological evidence supports correlation with Bilzingsleben terrace II of the Wipper sequence and favours an age within MIS 11, although an alternative interpretation, correlating the Reinsdorf interglacial with MIS 9, has been put forward by Urban (1995; Urban et al. 1995).

The mammalian assemblage from the organic muds and peat of the Reinsdorf Interglacial at Schöningen site 12B, Layer 1, is listed below (after van Kolfschoten 1993):

Insectivora

Sorex minutus, pygmy shrew

Sorex sp. (*Sorex araneus* group), indeterminate shrew

Desmana sp., desman

Rodentia

Trogontherium cuvieri, extinct beaver-like rodent

Castor fiber, Eurasian beaver

Lemmus lemmus, Norway lemming

Clethrionomys glareolus, bank vole

Arvicola terrestris cantiana, water vole (archaic morphotype)

Microtus (Terricola) subterraneus, pine vole

Microtus agrestis and/or *Microtus arvalis*, short-tailed field or common vole

Microtus agrestis, short-tailed field vole

Microtus oeconomus, northern vole

Apodemus sp., indeterminate mouse

Carnivora

Ursus sp., bear

Mustelidae sp., weasel or stoat

Proboscidea

Elephas (Palaeoloxodon) antiquus, straight-tusked elephant

Perissodactyla

Stephanorhinus kirchbergensis, Merck's rhinoceros

Equus sp., horse

Artiodactyla

Sus scrofa, wild boar

Cervus elaphus, red deer

Capreolus capreolus, roe deer

Bos or *Bison* sp., indeterminate large bovid

Additional faunal remains from a younger part of the Reinsdorf interglacial come from Level 4 at Schöningen Site 13 II-4. Here, the mammalian assemblage is the product of specialist Palaeolithic hunting and butchery activities and is overwhelmingly dominated by horse, with smaller numbers of large bovids (*Bos* and *Bison*) and probable red deer. Remains of horse comprise over 60% of the total sample from Site 13 II-4 and over 94% of the taxonomically determined bone material (2809 specimens), most of which display clear evidence of cutmarks and deliberate fracturing (Voormolen 2008).

Neither the macro- nor microfaunal assemblages contain any elements that are characteristic of the early Middle Pleistocene, thereby corroborating the post-Elsterian age indicated by the stratigraphy. In addition, certain dental features of the water vole (*Arvicola terrestris cantiana*), most notably the morphology of the first lower molars as expressed by enamel thickness (SDQ) measurements, suggested an age similar to

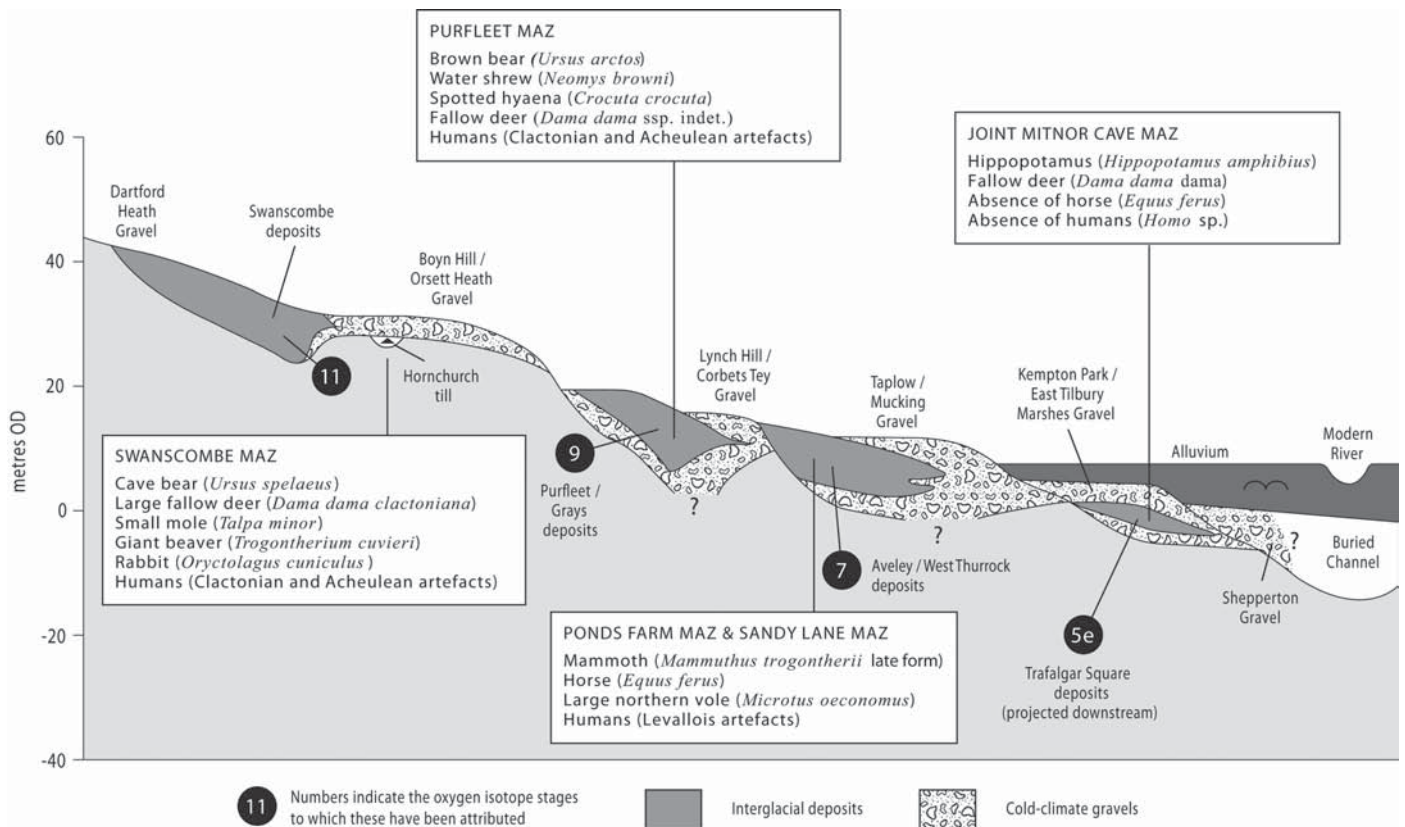


Fig. 1 Transverse section of the Lower Thames terraces (after Bridgland 1994). Proposed correlations with the oxygen isotope record and biostratigraphically diagnostic features of the mammalian assemblages from each interglacial are shown. – (From Schreve 2004).

Holsteinian sites such as Bilzingsleben (Lkr. Sömmerda/D), Swanscombe (Kent/UK) and Neede (prov. Gelderland/NL) (van Kolfschoten 1993).

THE EVIDENCE FROM LONG FLUVIAL SEQUENCES

An appreciation of the climatic complexities preserved within the marine oxygen isotope ($\delta^{18}\text{O}$) record has driven new methods of identifying and separating the more fragmentary interglacial deposits on land. In this respect, the combination of stratigraphical and mammalian biostratigraphical information derived from long fluvial sequences has provided a robust and testable framework for the recognition of discrete episodes of temperate-climate deposition (Bridgland 1994; 1995; 2000; Bridgland et al. 2004; Schreve 2001a; 2001b). Recent research has demonstrated that each successive major temperate climatic stage during the late Middle Pleistocene gave rise to a distinctive and unique mammalian faunal grouping, thus enabling a sequence of mammal biozonations or 'Mammal Assemblage-Zones' (MAZ) to be established (Schreve 2001a; 2001b) (fig. 1). In addition to establishing the existence of four separate post-Anglian interglacials, each with its own distinctive mammalian suite, indications of smaller-scale environmental and climatic oscillations have been identified within some of these interglacials. These oscillations were tentatively attributed to climatic variation at the sub-Milankovitch level (Schreve 2001b) and have been recently

upheld by the application of high-precision MC-ICP-MS Uranium-series dating to fossiliferous deposits (Candy / Schreve 2007).

The model further offers an opportunity for correlation with assemblages from isolated sites, for example lake basins or caves. This has been a particularly important development, since traditional methods of identifying interglacials based on palynology have failed to distinguish between successive temperate episodes. Thus, in Britain and Ireland, there has been apparent conflation of the pollen signature of the interglacial widely correlated with MIS 11 with that of MIS 9, and of MIS 7 with that of MIS 5e. This is equally the case for well-preserved pollen sequences from lacustrine and estuarine contexts as for the more poorly-preserved spectra from fluvial deposits (e.g. Dowling / Coxon 2001; Thomas 2001). The consequence is that many sites, which have been referred to the 'Hoxnian' (Britain) or 'Gortian' (Ireland) and 'Ipswichian' interglacials in the past, may in fact be better referred to one or other of the two intermediate interglacials, MIS 9 or MIS 7.

Building upon the mammalian biostratigraphical evidence from the UK, correlations have been established with assemblages from long fluvial sequences across continental Europe, most notably from France, Germany and the Czech Republic (Schreve et al. 2007). Important sequences yielding comparable mammal assemblages have come from the Somme (Antoine 1990; 1994; Antoine et al. 2000; Auguste 1995) and Seine (Antoine et al. 2000; Auguste et al. 2003) in northern France, from the Ilm (Soergel 1926; Schreve / Bridgland 2002), Wipper (Mania 1995; 1998) and Neckar (Adam 1954) in Germany, and from the Vltava in the Czech Republic (Tyráček et al. 2001; 2004). It must be noted that some taxa have a more extended chronological range on the continent than in Britain, for example *Ursus spelaeus*, which makes its last appearance in Britain during MIS 11 but is present on the European mainland until the last cold stage, and *Microtus subterraneus*, which is still extant on the continent but absent from Britain after MIS 11 (**tab. 1**). This is because Britain's position at the margin of the continental shelf and fluctuating island status have played a part in dictating which species can or cannot immigrate during successive interglacials. Nevertheless, pan-European comparisons have shown that the key biostratigraphical indicators that underpin the British mammalian scheme are widespread, thereby allowing correlations to be made with a high degree of confidence. For example, the presence of a characteristic late form of *Mammuthus trogontherii* unites the mammalian assemblages from the Ilm terrace travertine sequence at Weimar-Ehringsdorf, central Germany, the later part of the Tourville Formation in the Seine valley of western France and the Sandy Lane MAZ of the Mucking Gravel Formation in the Lower Thames (Essex/GB; Schreve / Bridgland 2002; Bridgland et al. 2004) (**tab. 1**), all of which can be confidently attributed to MIS 7 on a range of stratigraphical and geochronological grounds (Carpentier / Lautridou 1982; Mallik et al. 2000; Schreve 2001a; 2004; Schreve / Bridgland 2002; Antoine et al. 2007).

It is nonetheless apparent that the closest comparisons in mammalian signatures are between Britain and Germany. This is highlighted, for example, by disparities between the British and French assemblages regarding the sporadic occurrence of *Hippopotamus* (Schreve et al. 2007). Despite relative geographical proximity and the presence of dozens of sites with suitable depositional environments, hippopotamus is not present in Britain during either MIS 11 or MIS 7, although it has been recorded from two sites in the Somme, La Celle, a site attributed to MIS 11 (Limondin-Lozouet et al. 2006) and Montières, assigned to MIS 7 (Antoine et al. 2000). In contrast, hippopotamus is absent from Last Interglacial deposits at Caours, in a tributary of the River Somme (Antoine et al. 2006), despite being extraordinarily abundant in British assemblages during the Ipswichian/Eemian and also present in the German Rhine at this time (van Kolfschoten 2000). A possible reason for this may relate to the different immigration pathways of hippopotamus from southerly refugia, with these animals preferentially accessing Britain via the Rhine valley during the Last Interglacial.

suggested MIS correlation	11				9	7				5e	
site	Swanscombe MAZ	Bilzingsleben II	Schöningen II (Reinsdorf Igl.)	Steinheim (<i>antiquus</i> Schotter)	Purfleet MAZ	Ponds Farm MAZ	Ehringsdorf Lower Travertine	Sandy Lane MAZ	Ehringsdorf Upper Travertine	Joint Mitnor Cave MAZ	Burgtonna ^(6, 7)
taxon											
<i>Talpa minor</i>	X										
<i>Desmana moschata/Desmana</i> sp.	X		X								
<i>Trogotherium cuvieri</i>	X	X	X								
<i>Ursus spelaeus</i>	LAB	X	X	X			X		X		
<i>Dama dama clactoniana</i>	LAB	X									
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	LAB										
<i>Microtus (Terricola) subterraneus</i>	LAB	X	X				X				X
<i>Macaca sylvanus</i>	X	X			LAB						
<i>Stephanorhinus kirchbergensis</i>	FAB	X	X	X	X	X	X				X
<i>Equus ferus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
<i>Homo</i> sp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
<i>Stephanorhinus hemitoechus</i>	FAB	X		X	X			X	X	X	X
<i>Ursus arctos</i>					FAB		X	X	X	X	X
<i>Dama dama dama</i>					FAB	X	X			X	X
<i>Crocuta crocuta</i>					X		X	X		X	X
<i>Mammuthus primigenius</i> (Ilford type)								X	X		
<i>Coelodonta antiquitatis</i>								X	X		
<i>Hippopotamus amphibius</i>										X	

Tab. 1 Presence/absence data of selected biostratigraphically important mammals from British and German Middle and Late Pleistocene interglacial deposits, with their suggested Mammal Assemblage-Zone (MAZ) grouping (Britain only) and proposed correlation with the marine isotopic record. – Data for the Swanscombe MAZ from Schreve (1996); Schöningen II from van Kolfschoten (1993); for the Purfleet MAZ from Schreve (2001a) and Schreve et al. (2002); for the Ponds Farm MAZ and Sandy Lane MAZ from Schreve (2001a); for the Joint Mitnor Cave MAZ from Currant / Jacobi (2001); and for Burgtonna from van Kolfschoten (2000 and Meyrick / Maul (2002). – X = confirmed presence. – FAB = first appearance in Britain. – LAB = last appearance in Britain.

COMPARISONS BETWEEN THE REINSDORF INTERGLACIAL MAMMALS AND THOSE FROM THE HOXNIAN INTERGLACIAL (MIS 11)

The oldest of the late Middle Pleistocene interglacials represented in the Lower Thames valley is best characterized by the Orsett Heath Gravel Formation in the Dartford-Swanscombe area of Kent. The Lower Thames sequence is, in its entirety, Anglian and post-Anglian in age, since the river was only diverted into this part of the valley by the Anglian glaciation. The Orsett Heath Gravels can be demonstrated to directly overlie Anglian till (Holmes 1894; Dines / Edmunds 1925), thereby implying that the ensuing temperate-climate sediments may be considered representative of the first immediately post-Anglian interglacial. The Anglian has been widely correlated with MIS 12 on account of the apparent severity of this episode within the deep ocean record, as estimated by high global ice volume (Shackleton 1987), with additional support from stratigraphy (Ehlers et al. 1991; Bowen 1999; Hamblin et al. 2005), aminostratigraphy (Bowen et al. 1989; Bowen 1992; Scourse et al. 1999; Penkman 2010), Uranium-series dating (Rowe et al. 1999) and

Optically-Stimulated Luminescence (OSL) (Pawley 2008). The interglacial represented at Swanscombe may thus reasonably be attributed to MIS 11.

The faunal grouping from the Orsett Heath Terrace has been assigned to the Swanscombe MAZ by Schreve (2001a), to which readers are referred for further details concerning the composition and inferred age of this assemblage. In summary, taxa of biostratigraphical significance include *Talpa minor*, *Trogontherium cuvieri*, *Oryctolagus cuniculus*, *Microtus (Terricola) subterraneus*, *Ursus spelaeus* and *Dama dama clactoniana* (tab. 1; fig. 1). Of these, *U. spelaeus* and *D. d. clactoniana* are unique to this interglacial in Britain, whereas the remaining species are known previously from the interglacials of the »Cromerian Complex«. Most critically, however, none of these 'indicator species' has been recovered from British Pleistocene deposits any later than those of the first post-Anglian interglacial. The Swanscombe MAZ also marks the first appearance in Britain of *Stephanorhinus kirchbergensis*, *Stephanorhinus hemitoechus*, *Megaloceros giganteus*, *Bos primigenius* and *Equus hydruntinus*. *Crocuta crocuta* is entirely absent and remains of *Arvicola terrestris cantiana* from the Swanscombe MAZ have mean SDQ values of 140 (Schreve 2001a; Ashton et al. 1998; Preece et al. 2007). The mammalian assemblage from the downstream correlative site at Clacton-on-Sea (Essex/GB), is very similar to that from Swanscombe, since all the species recorded at the former are also known from the latter. Two biostratigraphically significant elements, namely *T. cuvieri* and *D. d. clactoniana*, are present at Clacton, permitting the attribution of this assemblage to the Swanscombe MAZ.

Although there has been some debate concerning the age of the site at Hoxne (Suffolk/GB), the stratotype of the Hoxnian Interglacial in Britain (see Geyh / Müller 2005; 2006; Scourse 2005 for details), detailed comparison of the mammalian assemblages from Swanscombe and Clacton with that from Hoxne clearly indicates that these faunas should all be grouped within the Swanscombe MAZ and that the Hoxnian should consequently be correlated with MIS 11 (Schreve 2000; 2001a). This supports the original observations of West (1956), who described lithostratigraphical continuity from the Anglian glacial till into the interglacial lacustrine beds at Hoxne, together with an unbroken pollen sequence charting the transition from a cold-climate to a temperate flora. Furthermore, amino-acid racemization measurements reported by Bowen et al. (1989), which had originally placed Hoxne in a younger interglacial, correlated with MIS 9, have now been completely revised using new, more rigorous preparative and analytical protocols (Penkman et al. 2008; Penkman 2010). This method has consistently demonstrated clear separation of the ratios from calcitic opercula of *Bithynia tentaculata* from a range of MIS 11 and 9 sites in Britain and has corroborated the immediately post-Anglian age of Hoxne (Penkman et al. 2008; Ashton et al. 2008).

As explained above, not all of the mammalian species found in the Swanscombe MAZ will be of equal significance for continental European mammalian biostratigraphy, since their chronological ranges may be different on the mainland. Nevertheless, it is clear that there is very close correspondence between the species list from the Reinsdorf interglacial and that from the Swanscombe MAZ, with all of the species from the former noted in the latter (see table 1 for a summary of the key taxa of biostratigraphical significance). Comparisons may also be made with the mammalian assemblages from the celebrated travertine site at Bilzingsleben II in the Wipper valley and the site of Steinheim an der Murr (Lkr. Ludwigsburg/D) in the Neckar (tab. 1).

In addition, there are further interesting parallels to be drawn in terms of faunal succession within this interglacial. Evidence for climatic complexity in MIS 11 is widely accepted in various proxy records, with at least two major temperate substages represented, separated by evidence for cold-climate conditions (e.g. Bassinot et al. 1994; EPICA Community Members 2004; Desprat et al. 2005). The records indicate rapid and sustained warming at c. 425 ka, at the onset of MIS 11, with a period of relative climatic stability until c. 390 ka, followed by a succession of more minor warm and cold oscillations until around 360 ka, after

which there is a period of pronounced climatic deterioration into MIS 10. These smaller-scale fluctuations have been detected in long pollen records across Europe, for example Tenaghi Philippon (Macedonia, Greece) (Tzedakis et al. 1997 2001, 2006), Osówka (Mazovia Province, Poland) (Nitychoruk et al. 2005), the Velay maar sites of Praclaux, Le Bouchet and Ribains (Haute Loire, France) (Reille / de Beaulieu 1995) and in the marine core MD01-2447 from the north-west coast of Portugal (Desprat et al. 2005). Although the records are not as complete as from the aforementioned long pollen sequences, in Britain there is now a substantial body of evidence to support climatic variability at the oxygen isotope substage level in terrestrial deposits of MIS 11 (Schreve 2001b; Ashton et al. 2008).

The entire Swanscombe sequence was deposited by the Thames during a single interglacial. Within this, five small-scale intra-stage climatic oscillations have been identified, including three separate temperate phases, separated by breaks in deposition and/or lithological evidence for cold climate conditions (Schreve 2001b). During the first break in deposition, there is multi-proxy evidence that sea level fell sufficiently to permit re-connection to the European mainland. Mammalian assemblages from above and below this break differ considerably in terms of their inferred palaeoenvironment. Those from the early part of the interglacial (Phase I), tentatively assigned to MIS 11c (see **fig. 2**), are characterized by fully temperate climatic conditions (as warm as Britain at the present day), with the development of mixed or deciduous woodland and open grassland. An obligate woodland indicator, in the form of the large subspecies of fallow deer, *D. d. clactoniana*, is the dominant taxon during this part of the interglacial (up to 33% of the assemblage in some beds, from a total number of over 1600 specimens at the site; Schreve 1997). Following reconnection to the continent and a period of confluence between the Thames and Rhine, evidenced by the immigration of an exotic molluscan suite, many species of which today have central European distributions, a rather different set of mammals characterizes the deposits of Phase II. At this point, although climatic conditions remain temperate, there is a dramatic decrease in woodland indicators such as the fallow deer (only 5% of the assemblage from the combined beds of Phase II) and an increase in open grassland inhabitants, such as *Equus* sp. (never more than 3% of the assemblage from Phase I, rising to over 13% in some beds of Phase II). An unusual occurrence of *Lemmus lemmus* or *Myopus schisticolor* also appears in the faunal record at this time, together with an increase in the numbers of grassland voles of the genus *Microtus*.

In addition, the Phase II deposits witness a dramatic change in the archaeological record, with the replacement of Clactonian (non-handaxe) technology, seen in the Phase I deposits, by Acheulean (handaxe) assemblages. White / Schreve (2000) attributed this change to the immigration of handaxe-making peoples from France, Spain or Italy, made possible by the reconnection to the continent that marks the Phase I to Phase II transition. Since it cannot be confidently ascertained whether the period of continental reconnection was in response to a period of lowered sea level (and cold-climate conditions) or due to glacio-isostasy (Schreve 2001b), the Phase II deposits may represent either the same isotopic substage as Phase I (MIS 11c?) or the younger substage (MIS 11a) indicated in the SPECMAP stack (Imbrie et al. 1984) (**fig. 2**). The Phase II de-

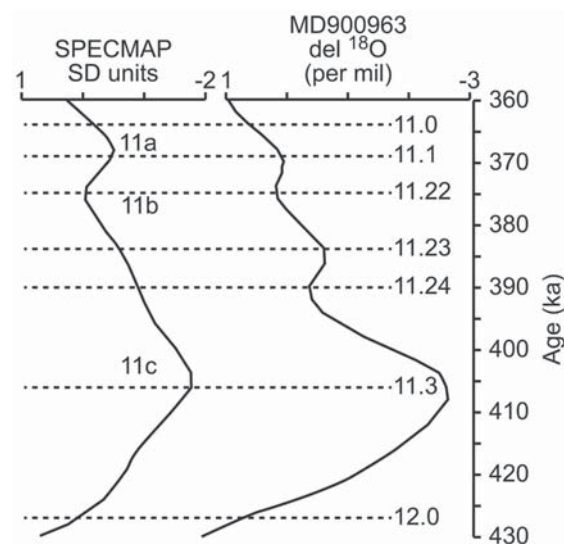


Fig. 2 Structure and sub-division of MIS 11. Isotope sub-stages after Tzedakis et al. 2001, SPECMAP stack, Imbrie et al. 1984, MD900963, Bassinot et al. 1994.

posits are followed by a cold episode reflected by ice-wedge casts, micro-faulting and cryoturbation structures (Phase IIIb) before a return to temperate conditions, as indicated by an interglacial pollen assemblage (Hubbard 1982), although the faunal characteristics of this phase are unknown because the deposits are decalcified (Schreve 2001b).

The sequence at Hoxne is similarly characterized by two warm phases, separated by evidence of climatic deterioration (the »Arctic Bed« of West 1956). The mammalian fauna of the early temperate phase is poorly-known, since few specimens have been recovered from the lake beds, although those that are present – *E. (P.) antiquus* and *T. cuvieri*, are exclusive to periods of temperate climate in association with the development of woodland during the Pleistocene. However, the upper part of the sequence (Bed 4/Stratum C of Singer et al. 1993 and Stratum B of Ashton et al. 2008) is characterised by a very similar mammalian assemblage to that seen in the Phase II deposits at Swanscombe. Taxa consistent with warm conditions are still present but the assemblage is dominated by *Equus* sp. (over 38% of the total number of identified specimens from the site; Schreve 1997), with the significant additions of *L. lemmus* or *M. schisticolor* and boreal taxa such as *Felis* cf. *lynx* (Schreve 2000). The archaeology from the upper part of the sequence at Hoxne is characterised by a rich handaxe assemblage, again pointing to a later part of the interglacial (White / Schreve 2000). Ashton et al. (2008) tentatively correlated these two temperate phases with MIS 11c and 11a respectively, or with isotopic event 11.3 and 11.23/11.1 of Bassinot et al. (1994) (fig. 2). The intervening cold episode is accordingly correlated with MIS 11b and may equate to either event 11.24 or 11.22 of Bassinot et al. (1994) (fig. 2).

Figure 3 proposes correlations between Swanscombe and Hoxne and two further British sites, Barnham (Ashton et al. 1998) and Beeches Pit (Preece et al. 2006; 2007), both in Suffolk. The key transition in the mammalian record, from woodland to more open-ground assemblages, is paralleled by similar trends within the molluscan record, with assemblages in which *Discus ruderatus* is dominant being replaced by assemblages dominated by *Discus rotundatus* (Preece et al. 2007). Again, the same patterns are present of Clactonian assemblages appearing at an early stage in the interglacial and being replaced by Acheulean assemblages later on.

Examination of the mammalian assemblages from the various levels of the Reinsdorf interglacial reveals some striking parallels with the British MIS 11 sequences, in particular with Phase II at Swanscombe and Stratum B at Hoxne. While there is no doubt that the prevailing climate was still temperate, on account of the persistence of obligate woodland species, there is clear evidence from the mammals of a more open landscape with the development of boreal vegetation, highlighted by the predominance of horse (Thieme 1997) and the presence of lemming (van Kolfschoten 1993). This is supported by the palynological data, which indicate a boreal forest dominated by *Pinus*, with some *Picea*, *Betula* and *Larix* (Urban 2007), and of course by the famous Schöningen spears (made from *Picea*) in Level 4 and the worked branches of *Abies* from Level 1 (Thieme 1997). At the Polish MIS 11 site of Osówka, the later part of the interglacial sequence is equally characterized by a series of climatic oscillations with open, cold vegetation alternating with the development of boreal forest dominated by *Pinus*. Although the prevalence of boreal forest during a temperate episode may seem curious, it is not uncommon in interstadials in northern Europe, eg. MIS 5c and 5a (Behre 1989; Turner 1998), in clear contrast to the presence of deciduous forest further south in France (eg. Woillard 1978). The biogeographical reasons for this difference are not fully understood, although Turner (1998) proposed that either the phases were too short to permit the immigration of thermophilous trees, or that a climatic barrier restricted the spread of deciduous woodland to the north. There is no evidence that MIS 11 was substantially warmer than the Holocene (McManus et al. 1999; Candy 2009) but the climate in northwestern Europe may have been more continental, allowing the coexistence of warm summer temperatures and the development of boreal forest. The Reinsdorf interglacial sequence is incom-

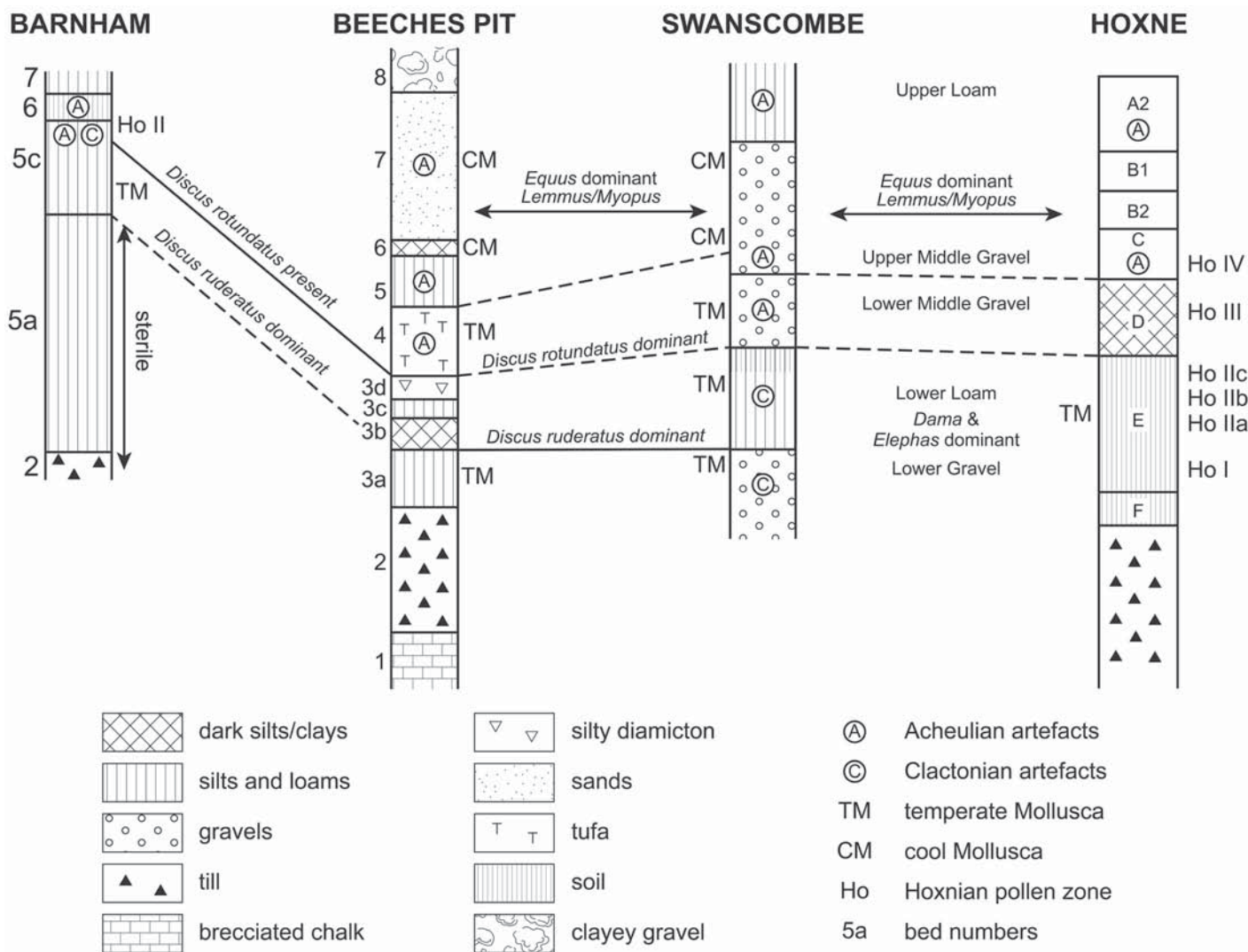


Fig. 3 Suggested correlations between critical horizons at the MIS 11 sites of Beeches Pit, Barnham, Swanscombe and Hoxne with the substages of the Hoxnian Interglacial and key molluscan and mammalian features indicated. – (Modified from Preece et al. 2006).

plete but the first temperate phase indicated in MIS 11 (MIS 11c) may be at least partially represented by the mixed oak forest spectra of pollen zone R1, at sites 13A and 13B (Urban 1995). It would therefore not be unexpected for the Reinsdorf interglacial pollen sequences to display some differences to the type Hoxnian pollen record, since the representative parts are not identical.

COMPARISONS BETWEEN THE REINSDORF INTERGLACIAL MAMMALS AND THOSE FROM THE ANTEPENULTIMATE INTERGLACIAL (MIS 9)

The above evidence would appear to offer strong support to the earlier claims (eg. Mania 1995; Thieme 1997) for an age for the Reinsdorf interglacial of around 400 000 years old. However, a possible correlation with a part or parts of MIS 9 must also be considered. Part of the problem stems from the lack of well-dated MIS 9 mammalian assemblages from Germany, since this hinders potential comparisons between

sites. As yet, therefore, a post-MIS 11 age cannot be unequivocally ruled out on the basis of the mammals from the Reinsdorf interglacial.

Nevertheless, there are two important observations that may have a bearing on the likelihood, or otherwise, of an age within MIS 9. The first is that there are clear differences between the inferred palaeotemperatures of MIS 11 and MIS 9. As with MIS 11, there is evidence of climatic complexity in MIS 9, with three temperate substages separated by evidence for colder conditions (Imbrie et al. 1984). Of these, the oldest (MIS 9e) is the warmest. However, in contrast to MIS 11, percentages of thermophilous tree pollen remain high throughout the entirety of the stage and, at Tenaghi Philippon, they are higher than for any other interglacial (Tzedakis et al. 2004). Whereas there is no evidence that MIS 11 was any warmer than the Holocene (see above), support for warmer conditions during MIS 9 in Britain has come from the coleopteran remains from a range of sites. Beetle assemblages from these sites include a number of exotic southern European species, many of which are only otherwise found during the Last Interglacial (MIS 5e) (Coope 2010). Mean summer temperatures using the Mutual Climatic Range method have been calculated between 17–26°C at Barling, Essex (Bridgland et al. 2001), and around 19°C at Hackney in north London (Green et al. 2006) and Cudmore Grove, also in Essex (Roe et al. 2009). These figures suggest that July temperatures during MIS 9 in Britain were, on average, at least three degrees centigrade warmer than at the present day. This would appear at odds with the evidence from the Reinsdorf interglacial, where there is no suggestion of elevated temperatures.

The second point is more tenuous but relates to the composition of the mammalian fauna during MIS 9. In Britain, MIS 9 mammalian assemblages have been attributed to the Purfleet MAZ and are clearly separable from those of the preceding interglacial on a number of important biostratigraphical grounds; the reader is referred to **table 1** and to Schreve (2001a) for further details. As explained above, a considerable difficulty is the lack of well-dated MIS 9 sites in Germany with which to compare the British assemblages. However, a significant feature of the British MIS 9 fauna is the first appearance of brown bear, *Ursus arctos*, and the reappearance (for the first time since the early Middle Pleistocene) of spotted hyaena, *Crocuta crocuta*. In order to have reached Britain, these animals must have dispersed from the European mainland and might therefore reasonably be expected in the Reinsdorf assemblage. Although carnivores are relatively rare components in the fossil record and this constitutes negative evidence, it is perhaps surprising that neither species has been recognised within the extremely large faunal assemblages from the Reinsdorf interglacial deposits. Furthermore, no evidence of the highly diagnostic gnawing of *Crocuta* has been witnessed on a single one of the Reinsdorf bones (Voormolen 2008); again this is perhaps surprising given the amount of food refuse remaining at the butchery site and may indicate a genuine absence of hyaena in the landscape at this time.

CONCLUSIONS

In summary, the mammalian assemblage from the Reinsdorf interglacial at Schöningen appears to fit best with the later part of the MIS 11 (Hoxnian) Interglacial in Britain. There is clear evidence within the Reinsdorf interglacial of considerable climatic complexity, with an early thermal optimum followed by two more muted interstadials. The pollen data reveal that the interglacial sequence is incomplete, since the profiles begin mid-way through a period of mixed oak forest development thought to represent the climatic optimum. The mammalian assemblages (from sites 12B and 13II-4) post-date this phase, reflecting later parts of the interglacial and providing a contrasting picture of open grassland and boreal forest. Strong

parallels exist with British sites such as Swanscombe and Hoxne, most notably with the later phases of these interglacials where temperate deciduous woodland mammalian and molluscan assemblages have given way to faunas typical of grassland and boreal forest. In particular, the dominance of horse and the unusual occurrence of lemming in association with temperate-climate conditions are considered here to be significant points of comparison. Although an age within MIS 9 cannot be definitively ruled out at this stage, there appear to be clear palaeoclimatic and palaeoenvironmental differences between the Reinsdorf interglacial and widespread evidence for prevailing conditions during MIS 9 from across Europe. Not only is MIS 9 characterised by higher mean summer temperatures than MIS 11 (which appears no warmer than the Holocene), it is also differentiated by the consistently high proportion of thermophilous tree pollen even in the late substages of the interglacial. Further differences may be apparent in the mammalian record although the paucity of well-dated assemblages of post-MIS 11, pre-MIS 5e age in Germany makes this harder to establish at this stage. A possible reason for this may be because successive interglacials have given rise to rather similar sequences of vegetational development, which make some temperate episodes difficult to recognise. The later parts of the MIS 11 interglacial sequences in Britain have been tentatively attributed to MIS 11a and a similar age for the Reinsdorf mammal assemblages is therefore proposed here.

ACKNOWLEDGEMENTS

I thank the organisers of the Workshop *Die chronologische Einordnung der paläolithischen Funde von Schöningen* for their invitation to participate and their support of my attendance. Jenny Kynaston

(Royal Holloway) is thanked for redrawing figures 2 and 3: This paper represents a contribution to The Ancient Human Occupation of Britain project (AHOB III), funded by the Leverhulme Trust.

REFERENCES

- Adam 1954: K. D. Adam, Die mittelpleistozänen Faunen von Steinheim an der Murr (Württemberg). *Quaternaria* 1, 1954, 131-144.
- Antoine 1990: P. Antoine, Chronostratigraphie et environnement du Paléolithique du bassin de la Somme. Publications du Centre d'Etudes et de Recherches Préhistoriques 2 (Lille 1990).
- 1994: P. Antoine, The Somme Valley terrace system (Northern France): a model of river response to Quaternary climatic variations since 800 000 B.P. *Terra-Nova* 6, 1994, 453-464.
- Antoine et al. 2000: P. Antoine / J.-P. Lautridou / M. Laurent, Long-term fluvial archives in NW France: response of the Seine and Somme rivers to tectonic movements, climatic variations and sea-level changes. *Geomorphology* 33, 2000, 183-207.
- 2006: P. Antoine / N. Limondin-Lozouet / P. Auguste / J.-L. Locht / B. Galehb / J.-L. Reyss / E. Escudé / P. Carbonel / N. Mercier / J.-J. Bahain / C. Falguères / P. Voinchet, Le tuf de Caours (Somme, France): mise en évidence d'une séquence éemienne et d'un site paléolithique associé. *Quaternaire* 17, 2006, 281-320.
- 2007: P. Antoine / N. Limondin Lozouet / C. Chaussé / J.-P. Lautridou / J.-F. Pastre / P. Auguste / J.-J. Bahain / C. Falguères / B. Galehb, Pleistocene fluvial terraces from northern France (Seine, Yonne, Somme): synthesis, and new results from interglacial deposits. *Quaternary Science Reviews* 26, 2007, 2701-2723.
- Ashton et al. 1998: N. Ashton / S. G. Lewis / S. Parfitt (eds), 1998. Excavations at the Lower Palaeolithic site at East Farm, Barnham, Suffolk, 1989-94. Occasional Paper of the British Museum 125 (London 1998).
- 2008: N. Ashton / S. G. Lewis / S. Parfitt / K. E. H. Penkman / G. R. Coope, New evidence for complex climate change in MIS 11 from Hoxne, Suffolk, UK. *Quaternary Science Reviews* 27, 2008, 652-668.
- Auguste 1995: P. Auguste, Révision préliminaire des grands mammifères des gisements du Paléolithique inférieur et moyen de la vallée de la Somme. *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 92, 1995, 143-154.
- Auguste et al. 2003: P. Auguste / G. Carpentier / J.-P. Lautridou, La faune mammalienne de la basse terrasse de la Seine à Cléon (Seine-Maritime, France): interprétations taphonomiques et biostratigraphiques. *Quaternaire* 14, 2003, 5-14.
- Bassinot et al. 1994: F. C. Bassinot / L. D. Labeyrie / E. Vincent / X. Quidelleur / N. J. Shackleton / Y. Lancelot, The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal. *Earth and Planetary Science Letters* 126, 1994, 91-108.
- Behre 1989: K.-E. Behre, Biostratigraphy of the last glacial period in Europe. *Quaternary Science Reviews* 8, 1989, 25-44.
- Bowen 1992: D. Q. Bowen, Aminostratigraphy of non-marine Pleistocene mollusca in southern Britain. *Sveriges Geologiska Undersökning* 81, 1992, 65-67.

- 1999: D. Q. Bowen (ed.), A revised correlation of Quaternary deposits in the British Isles. Geological Society Special Report 23 (London 1999).
- Bowen et al. 1989: D. Q. Bowen / S. Hughes / G. A. Sykes / G. M. Miller, Land-sea correlations in the Pleistocene based on isoleucine epimerization in non-marine molluscs. *Nature* 340, 1989, 49-51.
- Bridgland 1994: D. R. Bridgland, Quaternary of the Thames (London 1994).
- 1995: D. R. Bridgland, The Quaternary sequence of the eastern Thames basin: problems of correlation. In: D. R. Bridgland / P. Allen / B. A. Haggart (eds), *The Quaternary of the Lower Reaches of the Thames*. Field Guide (Durham 1995) 35-52.
- 2000: D. R. Bridgland, River terrace systems in north-west Europe: an archive of environmental change, uplift and early human occupation. *Quaternary Science Reviews* 19, 2000, 293-1303.
- Bridgland et al. 2001: D. R. Bridgland / R. C. Preece / H. M. Roe / R. M. Tipping / M. H. Coope / M. H. Field / J. E. Robinson / D. C. Schreve / K. Crowe, Middle Pleistocene interglacial deposits at Barling, Essex, England: evidence for a longer chronology for the Thames terrace sequence. *Journal of Quaternary Science* 16, 2001, 813-840.
- 2004: D. Bridgland / D. Maddy / M. Bates, River terrace sequences: templates for Quaternary geochronology and marine-terrestrial correlation. *Journal of Quaternary Science* 19, 2004, 203-218.
- 2004: D. R. Bridgland / D. C. Schreve / D. H. Keen / R. Meyrick / R. Westaway, Biostratigraphical correlation between the late Quaternary sequence of the Thames and key fluvial localities in Central Germany. *Proceedings of the Geologists' Association* 115, 2004, 125-140.
- Candy 2009: I. Candy, Terrestrial and freshwater carbonates in Hoxnian interglacial deposits, UK: micromorphology, stable isotopic composition and palaeoenvironmental significance *Proceedings of the Geologists' Association* 120, 2009, 49-57.
- Candy / Schreve 2007: I. Candy / D. C. Schreve, Land-sea correlation of Middle Pleistocene temperate sub-stages using high-precision uranium-series dating of tufa deposits from southern England. *Quaternary Science Reviews* 26, 2007, 1223-1235.
- Carpentier / Lautridou 1982: G. Carpentier / J.-P. Lautridou, Tourville: the low terrace of the Seine; the alluvium, periglacial deposits, interglacial fluvio-marine deposits, slope deposits and palaeosols, fauna. In: J.-P. Lautridou (ed.), *The Quaternary of Normandy*. Field Guide (Caen 1982) 31-34.
- Coope 2010: G. R. Coope, Coleopteran faunas as indicators of interglacial climates in central and southern England. *Quaternary Science Reviews* 29, 2010, 1507-1514.
- Currant / Jacobi 2001: A. P. Currant / R. M. Jacobi, A formal mammalian biostratigraphy for the Late Pleistocene of Britain. *Quaternary Science Reviews* 20, 2001, 1707-1716.
- Desprat et al. 2005: S. Desprat / M. F. Sánchez Goñi / J.-L. Turon / J. F. McManus / M. F. Loutre / J. Duprat / B. Malaize / O. Peyron / J.-P. Peyrouquet, Is vegetation responsible for glacial inception periods during periods of muted insolation changes? *Quaternary Science Reviews* 24, 2005, 1361-1374.
- Dines / Edmunds 1925: H. G. Dines / F. H. Edmunds, *The Geology of the Country around Romford* (London 1925).
- Dowling / Coxon 2001: L. A. Dowling / P. Coxon, Current understanding of Pleistocene temperate stages in Ireland. *Quaternary Science Reviews* 20, 2001, 1631-1642.
- Ehlers et al. 1991: J. Ehlers / P. L. Gibbard / J. Rose (eds), *Glacial deposits in Great Britain and Ireland* (Rotterdam 1991).
- EPICA Community Members 2004: EPICA Community Members, Eight glacial cycles from an Antarctic ice core. *Nature* 429, 2004, 623-628.
- Geyh / Müller 2005: M. A. Geyh / H. Müller, Numerical $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating and a palynological review of the Holsteinian/Hoxnian Interglacial. *Quaternary Science Reviews* 24, 2005, 1861-1872.
- 2006: M. A. Geyh / H. Müller, Missing evidence for two Holstein-like Interglacials. Reply to the comments by J. D. Scourse on: numerical $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating and a palynological review of the Holsteinian/Hoxnian Interglacial. *Quaternary Science Reviews* 25, 2006, 3072-3075.
- Green et al. 2006: C. P. Green / M. H. Field / D. H. Keen / J. M. Wells / J.-L. Schwenninger / R. C. Preece / D. C. Schreve / M. G. Canti / C. P. Glead-Owen, Marine Isotope Stage 9 environments of fluvial deposits at Hackney, North London, UK. *Quaternary Science Reviews* 25, 2006, 89-113.
- Hamblin et al. 2005: R. J. O. Hamblin / B. S. P. Moorlock / J. Rose / J. R. Lee / J. B. Riding / S. J. Booth / S. M. Pawley, Revised Pre-Devensian Glacial Stratigraphy in Norfolk, England. *Netherlands Journal of Geosciences* 84, 2005, 77-85.
- Holmes 1894: T. V. Holmes, Further notes on some sections of the new railway from Romford to Upminster, and on the relations of the Thames valley beds to the boulder clay. *Quarterly Journal of the Geological Society of London* 50, 18894, 443-452.
- Hubbard 1982: R. N. L. B. Hubbard, The environmental evidence from Swanscombe, and its implications for Palaeolithic archaeology. In: P. E. Leach (ed.), *Archaeology in Kent to AD 1500*. Council for British Archaeology Research Report 48 (London 1982) 3-7.
- Imbrie et al. 1984: J. Imbrie / N. J. Shackleton / N. G. Pisias / J. J. Morley / W. L. Prell / D. G. Martinson / J. D. Hays / A. MacIntyre / A. C. Mix, The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine $\delta^{18}\text{O}$ record. In: A. Berger (eds), *Milankovitch and Climate*. Part 1 (Hingham, Massachusetts 1984) 269-305.
- Limondin-Lozouet et al. 2006: N. Limondin-Lozouet / P. Antoine / P. Auguste / J. J. Bahain / P. Carbonel / C. Chaussé / N. Connet / J. Dupéron / M. Dupéron / C. Falguères / P. Freytet / B. Ghalib / M. C. Jolly-Saad / V. Lhomme / P. Lozouet / N. Mercier / J.-F. Pastre / P. Voinchet, Le tuf calcaire de La Celle-sur-Seine (Seine et Marne): nouvelles données sur un site clé du stade 11 dans le Nord de la France. *Quaternaire* 17, 2006, 5-29.
- Mallik et al. 2000: R. Mallik / N. Frank / A. Mangini / G. A. Wagner, Anwendung der Uranreihen-Microproben datierung an quartären Travertinvorkommen Thüringens. *Præhistoria Thuringica* 4, 2000, 95-100.
- Mania 1995: D. Mania, The earliest occupation of Europe: the Elbe-Saale region (Germany). In: W. Roebroeks / T. van Kolfschoten (eds), *The Earliest Occupation of Europe* (Leiden 1995) 85-101.
- 1998: D. Mania, Zum Ablauf der Klimazyklen seit der Elstervereisung im Elbe-Saalegebiet. *Præhistoria Thuringica* 2, 1998, 5-21.

- McManus et al. 1999: J. F. McManus / D. W. Oppo / J. L. Cullen, A 0.5 million-year record of millennial-scale climate variability in the North Atlantic. *Science* 283, 1999, 971-975.
- Meyrick / Maul 2002: R. A. Meyrick / L. C. Maul, Stratigraphy and biostratigraphy of the Eemian deposits of Burgtonna. In: R. A. Meyrick / D. C. Schreve (eds), *The Quaternary of central Germany (Thuringia and surroundings)*. Field Guide (London 2002) 145-161.
- Nitychoruk et al. 2005: J. Nitychoruk / K. Bińka / J. Hoefs / H. Ruppert / J. Schneider, Climate reconstruction for the Holsteinian Interglacial in eastern Poland and its comparison with isotopic data from Marine Isotope Stage 11. *Quaternary Science Reviews* 24, 2005, 631-644.
- Pawley 2008: S. M. Pawley, The Glaven Valley (Glandford Quarry) (TG 055 415). In: I. Candy / J. R. Lee / A. M. Harrison (eds), *The Quaternary of Northern East Anglia*. Field Guide (London 2008) 192-203.
- Penkman 2010: K. Penkman, Amino acid geochronology: its impact on our understanding of the Quaternary stratigraphy of the British Isles. *Journal of Quaternary Science* 25, 2010, 501-514.
- Penkman et al. 2008: K. Penkman / R. C. Preece / D. H. Keen / M. J. Collins, British aggregates: An improved chronology using amino acid racemization and degradation of intra-crystalline amino acids (IcPD) (London 2008).
- Preece et al. 2006: R. C. Preece / J. A. J. Gowlett / S. A. Parfitt / D. R. Bridgland / S. G. Lewis, Humans in the Hoxnian: habitat, context and fire use at Beeches Pit, West Stow, Suffolk, UK. *Journal of Quaternary Science* 21, 2006, 485-496.
- 2007: R. C. Preece / S. A. Parfitt / D. R. Bridgland / S. G. Lewis / P. J. Rowe / T. C. Atkinson / I. Candy / N. C. Debenham / K. E. H. Penkman / E. J. Rhodes / J.-L. Schwenninger / H. I. Griffiths / J. E. Whittaker / C. Gleed-Owen, Terrestrial environments during MIS 11: evidence from the Palaeolithic site at West Stow, Suffolk, UK. *Quaternary Science Reviews* 26, 2007, 1236-1300.
- Reille / de Beaulieu 1995: M. Reille / J.-L. de Beaulieu, Long Pleistocene pollen records from the Praclaux Crater, south-central France. *Quaternary Research* 44, 1995, 205-215.
- Roe et al. 2009: H. M. Roe / G. R. Coope / R. J. N. Devoy / C. J. O. Harrison / K. E. H. Penkman / R. C. Preece / D. C. Schreve, Differentiation of MIS 9 and MIS 11 in the continental record: vegetational, faunal, aminostratigraphic and sea-level evidence from coastal sites in eastern Essex, UK. *Quaternary Science Reviews* 28, 2009, 2342-2373.
- Rowe 1999: P. J. Rowe / T. C. Atkinson / C. Turner, U-series dating of Hoxnian interglacial deposits at Marks Tey, Essex, England. *Journal of Quaternary Science* 14, 1999, 693-702.
- Schreve 1996: D. C. Schreve, The mammalian fauna from the Waechter excavations, Barnfield Pit, Swanscombe. In: B. Conway / J. McNabb / N. Ashton (eds), *Excavations at Barnfield Pit, Swanscombe, 1968-1972*. Occasional Paper of the British Museum 94 (London 1996) 149-162.
- 1997: D. C. Schreve, Mammalian biostratigraphy of the later Middle Pleistocene in Britain [unpubl. diss. Univ. London 1997].
- 2000: D. C. Schreve, The vertebrate assemblage from Hoxne, Suffolk. In: S. G. Lewis / R. C. Preece / C. A. Whiteman (eds), *The Quaternary of Norfolk and Suffolk*. Field Guide (London 2000) 155-164.
- 2001a: D. C. Schreve, Differentiation of the British late Middle Pleistocene interglacials: the evidence from mammalian biostratigraphy. *Quaternary Science Reviews* 20, 2001, 1693-1705.
- 2001b: D. C. Schreve, Mammalian evidence from Middle Pleistocene fluvial sequences for complex environmental change at the oxygen isotope substage level. *Quaternary International* 79, 2001, 65-74.
- 2004: D. C. Schreve (ed.), *The Quaternary Mammals of Southern and Eastern England*. Field Guide (London 2004).
- Schreve / Bridgland 2002: D. C. Schreve / D. R. Bridgland, Correlation of English and German Middle Pleistocene fluvial sequences based on mammalian biostratigraphy. *Geologie en Mijnbouw/Netherlands Journal of Geoscience* 81 (3/4), 2002, 357-373.
- Schreve et al. 2002: D. C. Schreve / D. R. Bridgland / P. Allen / J. J. Blackford / C. P. Gleed-Owen / H. I. Griffiths / D. H. Keen / M. J. White, Sedimentology, palaeontology and archaeology of late Middle Pleistocene River Thames terrace deposits at Purfleet, Essex, UK. *Quaternary Science Reviews* 21, 2002, 1423-1464.
- 2007: D. C. Schreve / D. H. Keen / N. Limondin-Lozouet / P. Auguste / J. I. Santisteban / M. Ubilla / A. Matoshko / D. R. Bridgland / R. Westaway, Progress in faunal correlation of Late Cenozoic fluvial sequences 2000-4: the report of the IGCP 449 biostratigraphy subgroup. *Quaternary Science Reviews* 26, 2007, 2970-2995.
- Scourse 2005: J. Scourse, Comment on: numerical $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating and a palynological review of the Holsteinian/Hoxnian Interglacial. *Quaternary Science Reviews* 25, 2005, 3070-3071.
- Scourse et al. 1999: J. D. Scourse / W. E. N. Austin / H. P. Sejrup / M. H. Ansari, Foraminiferal isoleucine epimerization determinations from the Nar Valley Clay, Norfolk, UK: implications for Quaternary correlations in the southern North Sea basin. *Geological Magazine* 136, 1999, 543-560.
- Shackleton 1987: N. J. Shackleton, Oxygen isotopes, ice volume and sea level. *Quaternary Science Reviews* 6, 1987, 1835-1890.
- Singer et al. 1993: R. Singer / B. G. Gladfelter / J. J. Wymer, *The Lower Paleolithic Site at Hoxne, England* (Chicago 1993).
- Soergel 1926: W. Soergel, Exkursion ins Travertingebiet von Eh-ringsdorf. *Paläontologische Zeitschrift* 8, 1926, 7-33.
- Thieme 1997: H. Thieme, Lower Palaeolithic hunting spears from Germany. *Nature* 385, 1997, 807-810.
- Thieme / Maier 1995: H. Thieme / R. Maier (eds), *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt* (Hannover 1995).
- Thomas 2001: G. N. Thomas, Late Middle Pleistocene pollen biostratigraphy in Britain: pitfalls and possibilities in the separation of interglacial sequences. *Quaternary Science Reviews* 20, 2001, 1621-1630.
- Turner 1998: C. Turner, Volcanic maars, long Quaternary sequences and the work of the INQUA subcommission on European Quaternary stratigraphy. *Quaternary International* 47/48, 1998, 41-49.
- Tyráček et al. 2001: J. Tyráček / O. Fejfar / J. Fridrich / J. Kovanda / L. Smolíková / J. Sýkorová, Račíněves – a new Middle Pleistocene interglacial in the Czech Republic. *Bulletin of the Czech Geological Survey* 76, 2001, 127-139.
- 2004: J. Tyráček / R. Westaway / D. R. Bridgland, River terraces of the Vltava and Labe (Elbe) system, Czech Republic, and their implications for the uplift history of the Bohemian Massif. *Proceedings of the Geologists' Association* 115, 2004, 101-124.

- Tzedakis et al. 1997: P. C. Tzedakis / V. Andrieu / J.-L. de Beaulieu / S. Crowhurst / M. Follieri / H. Hooghiemstra / D. Magri / M. Reille / L. Sadori / N. J. Shackleton / T. A. Wijmstra, Comparison of terrestrial and marine records of changing climate of the last 500,000 years. *Earth and Planetary Science Letters* 150, 1997, 171-176.
- 2001: P. C. Tzedakis / V. Andrieu / J.-L. de Beaulieu / H. J. B. Birks / S. Crowhurst / M. Follieri / H. Hooghiemstra / D. Magri / M. Reille / L. Sadori / N. J. Shackleton / T. A. Wijmstra, Establishing a terrestrial chronological framework as a basis for biostratigraphical comparisons. *Quaternary Science Reviews* 20, 2001, 1583-1592.
- 2004: P. C. Tzedakis / K. H. Roucoux / L. de Abreu / N. J. Shackleton, The Duration of Forest Stages in Southern Europe and Interglacial Climate Variability. *Science* 306, 2004, 2231-2235.
- 2006: P. C. Tzedakis / H. Hooghiemstra / H. Pälike, The last 1.35 million years at Tenaghi Philippon: revised chronostratigraphy and long-term vegetation trends. *Quaternary Science Reviews* 25, 2006, 3416-3430.
- Urban 1995: B. Urban, Palynological evidence of younger Middle Pleistocene interglacials (Holsteinian, Reinsdorf and Schöningen) in the Schöningen open cast lignite mine (eastern Lower Saxony, Germany). *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 52, 1995, 175-186.
- 2007: B. Urban, Interglacial pollen records from Schöningen, north Germany. In: F. Sirocko / M. Claussen / M. F. Sánchez-Goni / Th. Litt (eds), *The Climate of Past Interglacials. Developments in quaternary science* 7 (Amsterdam 2007) 417-444.
- Urban et al. 1995: B. Urban / H. Thieme / D. Mania / T. van Kolfschoten, Middle and Late Pleistocene and Holocene sequences in the open-cast pit of Schöningen/Niedersachsen. In: W. Schirmer (ed.), *Quaternary field trips in central Europe. 3. Field trips in Berlin and its environments. XIV INQUA Congress (Munich 1995)* 1075-1077.
- van Kolfschoten 1993: T. van Kolfschoten, Die Vertebraten des Interglazials von Schöningen 12B. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 1993, 623-628.
- 2000: T. van Kolfschoten, The Eemian mammal fauna of central Europe. *Netherlands Journal of Geosciences* 79, 2000, 269-281.
- Voormolen 2008: B. Voormolen, Ancient hunters, modern butchers: Schöningen 13 II-4, a kill-butcher site dating from the northwest European Lower Palaeolithic [unpubl. diss. Univ. Leiden 2008].
- West 1956: R. G. West, The Quaternary deposits at Hoxne, Suffolk. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* B239, 1956, 265-356.
- White / Schreve 2000: M. J. White / D. C. Schreve, Island Britain – Peninsular Britain: Palaeogeography, colonisation and the Earlier Palaeolithic settlement of the British Isles. *Proceedings of the Prehistoric Society* 66, 2000, 1-28.
- Woillard 1978: G. M. Woillard, Grande Pile peat bog: a continuous pollen record for the last 140,000 years. *Quaternary Research* 9, 1978, 1-21.

ZUSAMMENFASSUNG / ABSTRACT

Das Reinsdorf-Interglazial in seinem europäischen Kontext

Das Alter der warmzeitlichen Ablagerungen der Rinne II in Schöningen (Lkr. Helmstedt) ist in den letzten Jahren intensiv diskutiert worden, wobei die Autoren unterschiedliche Altersstellungen innerhalb des Mittelpleistozäns annahmen. In diesem Beitrag wird die Wirbeltiergemeinschaft des Reinsdorf-Interglazials untersucht, wie sie sich im Rahmen der gegenwärtigen Kenntnisse der klimatostratigraphischen Verflechtungen und des Wandels der Säugetierfauna in NW-Europa darstellt. In Großbritannien wurden in den fluviatilen Ablagerungen der unteren Themse vier Interglaziale zuverlässig unterschieden, die mit den marinen Isotopenstadien 11, 9, 7 und 5e korreliert werden können und durch eine Vielfalt an stratigraphischen, biostratigraphischen und geochronologischen Daten unterstützt werden. Jedes dieser Interglaziale ist gekennzeichnet durch eine deutlich eigenständige Säugetiergemeinschaft, die zur Korrelation mit anderen Fundplätzen genutzt werden kann. Ein Vergleich von britischen und deutschen Tierknochenfunden aus dem Mittelpleistozän zeigt gute Vergleichbarkeit, wobei die beste Übereinstimmung der Faunengemeinschaft aus der »Rinne II« mit dem jüngeren Bereich des Hoxnian-Interstadials (MIS 11) in Großbritannien besteht.

The Reinsdorf interglacial (Schöningen II) mammalian assemblage in its European context

The age of the temperate climate sediments represented in Channel II at Schöningen (Lkr. Helmstedt/D) has been the subject of extensive debate, with various ages within the late Middle Pleistocene age advanced by different authors. The vertebrate assemblage from the Reinsdorf interglacial is discussed here within the context of current knowledge of climatostratigraphic complexity and mammalian faunal turnover in NW Europe. In Britain, four interglacials can be confidently recognised in the fluvial record of the lower Thames, correlated with Stages 11, 9, 7 and 5e of the marine oxygen isotope record and underpinned by a multiproxy range of stratigraphical, biostratigraphical and geochronological data. Each of these interglacial episodes is characterised by a highly distinctive mammalian assemblage that can then be used for correlation with other localities. Comparison of British and German faunal records from the late Middle Pleistocene indicates close correspondence, with the best match for the Channel II assemblage proposed as the late interstadial of the MIS 11 (Hoxnian) Interglacial in Britain.

²³⁰Th/U DATING RESULTS FROM OPENCAST MINE SCHÖNINGEN

Middle and Late Pleistocene deposits are exposed in the Schöningen lignite mine in Eastern Lower Saxony. The Pleistocene sediment succession consists of various interglacial and interstadial peat and limnic sediments, travertine tuff, soils, glacial tills and fluvioglacial as well as loess deposits. At least three interglacials postdating the Elsterian glaciation and predating the Holocene were established according to Thieme et al. (1987), Urban et al. (1988; 1991a; 1991b) and Urban (1999; 2007).

Due to deposition in different cycles (Thieme / Mania 1993), later named channels (Mania 1998), the Pleistocene sediment succession in Schöningen is complex. Six major channels termed I to VI from the oldest to the youngest containing interglacial and early glacial deposits were identified. The sediment succession begins with the Late Elsterian glacial and interstadial deposits preceding the Holsteinian channel (I), followed by the Reinsdorf Interglacial (II). The Schöningen Interglacial (III) represents a warm episode of the pre-Drenthe (Early Saalian Stadial) period. The pedocomplex (IV) developed in alluvial loess overlying Drenthe Stadial till of the Saalian glaciation and was covered by a succession of soft travertine and peat representing the Eemian channel (V). Overlying sediments provide environmental information of the Weichselian Late Glacial and the Holocene (VI) (summarised in Urban 2007).

The stratigraphic position of the classical Holsteinian deposits, especially in relation to the Reinsdorf sediment succession (Urban 2007) and their correlation with other pollen records and the marine isotope stratigraphy are still under debate. The age and stratigraphic position of the upper Middle Pleistocene Reinsdorf sediment succession which contains archaeological horizons with the famous wooden throwing spears (Thieme 1996; 1997; 1998; 1999; 2007) are of particular interest.

During the past decades profile series have been saved by Hartmut Thieme and the excavation team from the ongoing mining process and are successively analysed sedimentologically and palynologically (Urban / Sierralta, this volume).

In 2003, the profile of Schöningen 13-II x662 y2 (**fig. 1**) was sampled using 25 cm long steel boxes (Thieme 2007). The lowermost part of this sediment succession consists of two aggradation series that contain peat and gyttja layers. This study reviews several radiometric and thermal ionisation mass spectrometric studies on Schöningen deposits using the ²³⁰Th/U method that have been undertaken since the early 1990s.

METHOD

Uranium-series dating is a commonly used method for dating speleothems (e. g. Richards / Dorale 2003), corals (see Edwards et al. 2003; Scholz / Hoffmann 2008), and lacustrine carbonates (Edwards et al. 2003; Sierralta et al. 2010). Since Vogel / Kronfeld (1980) demonstrated that ²³⁰Th/U dating can be applied to peat, this method has been used to a variety of deposits (Hejnis 1992; Hejnis / van der Plicht 1992; Geyh / Techmer 1997; Geyh et al. 1997; Rowe et al. 1997; Frechen et al. 2007).

The ²³⁰Th/U dating method is based on the radioactive disequilibrium in the ²³⁸U decay series. The ²³⁰Th/U disequilibrium dating method (Ivanovich / Harmon 1992; for a comprehensive overview see Bourdon et

Schöningen 13-II x667 y2

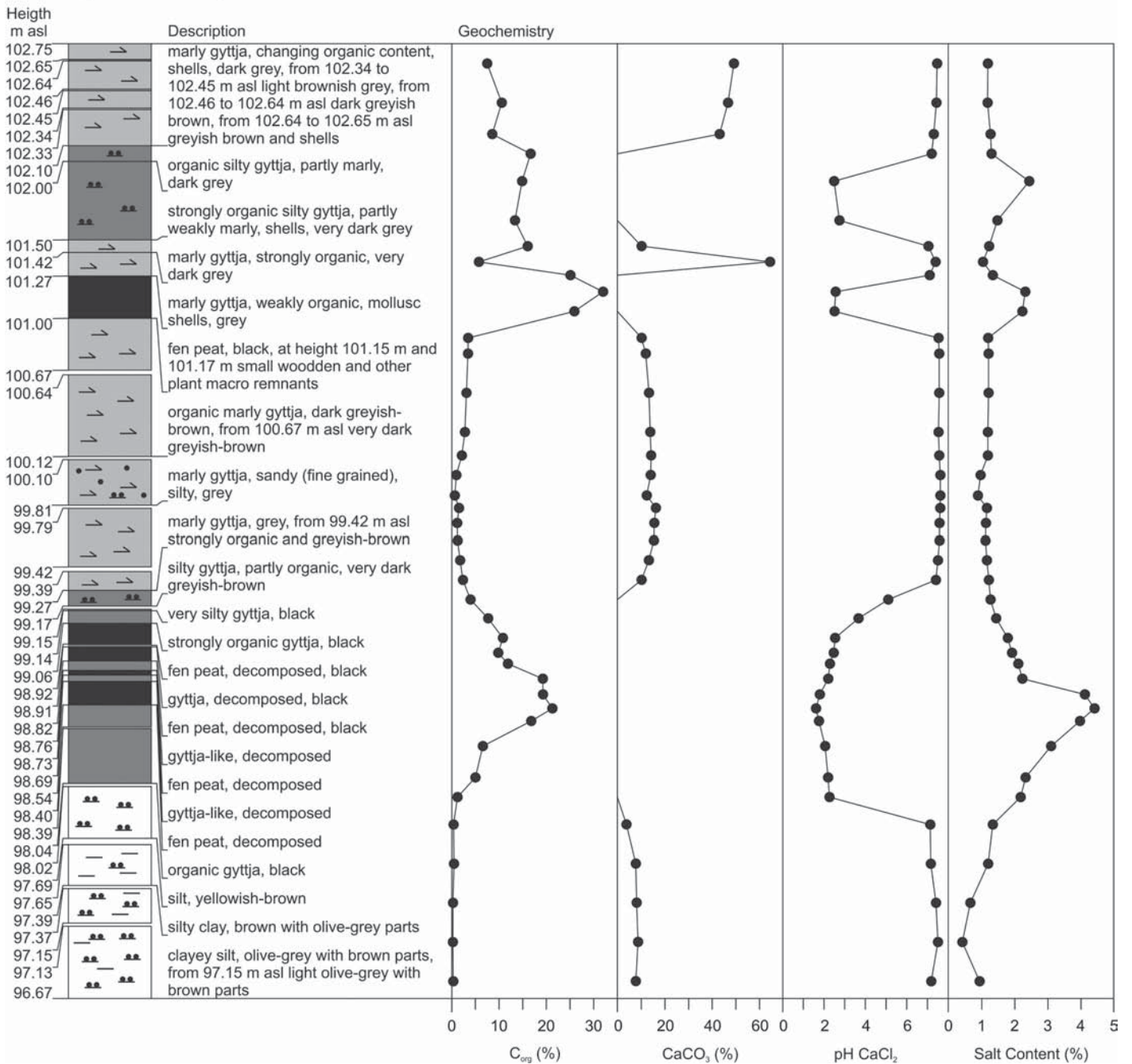


Fig. 1 Altitude and lithology of the part of the profile Schöningen 13-II that contains the peat layers that were sampled for $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating in 2003. – (Modified after Urban et al. 2011).

al. 2003) is based on the two daughter nuclides ^{234}U and ^{230}Th with the half lives of $245,250 \pm 490$ years and $75,690 \pm 230$ years, respectively (Cheng et al. 2000). Radioactive disequilibrium evolves following geochemical transitions, e. g. weathering. By weathering of host rock, uranium is leached from uranium-bearing minerals and dissolved in groundwater as uranyl ions or as uranyl carbonate complexes under oxidizing conditions, while thorium is almost insoluble in groundwater and tends to adsorption onto clay minerals. ^{230}Th forms by radioactive decay of ^{234}U when uranium is deposited from groundwater.

Precise ages are obtained by the $^{230}\text{Th}/\text{U}$ method if (1) initially thorium was absent during the formation of fen peat and (2) the deposits have experienced no migration of uranium and thorium since its formation. However, most of such peat formations are impure and gained various amounts of detrital material, e. g. windblown dust containing natural quantities of thorium. Detrital contamination is identified by the presence of significant levels of ^{232}Th in the samples which is the most abundant, extremely long-lived isotope of Th. $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ activity ratios of <10 indicate a high detrital contamination which considerably falsifies the $^{230}\text{Th}/\text{U}$ ages.

To correct for admixed ^{230}Th from detritus with a uniform initial $[^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}]$ activity ratio at the time of formation, the isochron method was developed (Kaufman / Broecker 1965) and applied (e. g. Osmond et al. 1970; Kaufman 1971; Ku / Liang 1984; Schwarcz / Latham 1989; Luo / Ku 1991). Schwarcz / Latham (1989) showed that measured ^{230}Th activities for age calculation can be corrected for the admixed detrital ^{230}Th by analysing leachates of several coeval sub-samples with differing detrital contents (L/L-method). The present-day initial $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ value which is the correction factor f of the measured ^{230}Th activity is given by the interception of the regression line to the data points with the Y axis in a Rosholt-I plot ($^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ vs. $^{234}\text{U}/^{232}\text{Th}$; **fig. 2**). It is used to correct the measured ^{230}Th activity of each coeval subsample individually according to Kaufman / Broecker (1965).

The second prerequisite of the $^{230}\text{Th}/\text{U}$ method is that the dated system behaved under closed system conditions with respect to all uranium and thorium isotopes. Humic acids from decomposed plants and organic material such as fen peat take up uranium from the groundwater (Titayeva 1966; Vogel / Kronfeld, 1980). Organic decomposition products like humic and fulvic acids have a large absorption capacity for uranium in the form (Szalay 1958; Yliruokanen 1980). Very stable uranyl organic complexes are formed by aromatic ring structures with hydroxyl and carboxyl groups (Szalay 1958). Therefore, high uranium concentrations in peat ranging from 1 to 100 ppm have been observed. The mobility of uranium in humic sediments or peat depends on the mobility of humic and fulvic acids (Szalay 1958).

Percolating ground water in buried organic-rich sediments causes further uranium uptake or loss. Most of the uranium dissolved in groundwater is fixed and adsorbed in the upper and lower rim of peat layers. Experience shows that usually 10 cm thick peat protects its central part from further uranium import (Geyh / Techmer 1997). A post-sedimentary uptake of thorium is unlikely as it is almost insoluble in groundwater. It was found that the inner part of a 20-30 cm thick undisturbed peat layer might be considered as closed system (Heijnis / van der Plicht 1992; Geyh / Techmer 1997). However, also this part might have behaved as open system with regard to uranium if thin sand layers or sand lenses are present and act as pathway for unhindered groundwater access. Loss of uranium owing to dissolution in oxygenated water, e. g. rain water, may change the uranium isotopic composition and may be identified by the isotope evolution plot (**fig. 3**; Osmond / Ivanovich 1992).

The chemical extraction of uranium and thorium for TIMS $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating from the ash of the samples was adapted from the leachate/leachate technique (e. g. Schwarcz / Latham 1989; Kaufman 1993). To meet the

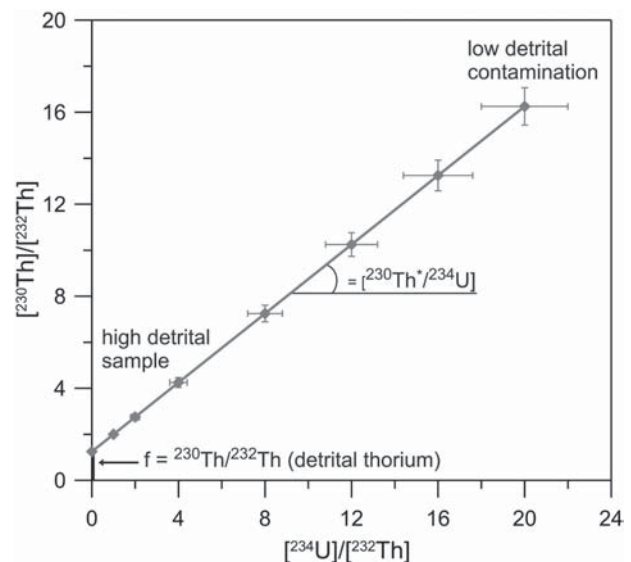


Fig. 2 Rosholt-I plot and explanation of the impact of detrital contamination. The slope of the regression line of the data increases with age. The y-intercept of this line determines the detritus correction factor. – (Illustration M. Sierralta).

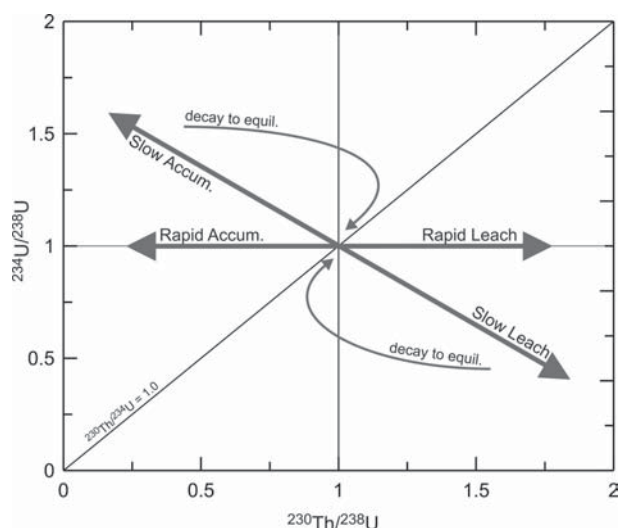


Fig. 3 Isotope ratio evolution plot after Osmond / Ivanovich (1992). – Curved lines show the development of both isotope ratio ratios with time. The effect of slow and rapid uranium mobilisation on the isotope ratios results in straight-line vectors demonstrated by arrows. The point (1,1) is equilibrium for both activity ratios. – (Illustration M. Sierralta).

isochron requirements at least three coeval dry peat samples of about 0.3-0.5g each were crushed gently and combusted in an O₂ flow at a temperature of about 800 °C for 15h. The remaining ashes were treated with NaOH to remove remaining humic acids and dissolved slowly in a concentrated HNO₃/HCl mixture and afterwards processed as described by Frechen et al. (2007). All samples were run with total procedural blanks.

The isotopic ratios were measured by thermal ionisation mass spectrometry (TIMS; Finnigan MAT262 RPQ) applying the double filament technique. The external reproducibility was determined by measurements of standard solution of NBL-112A (New Brunswick Laboratories Certified Reference Material) and yields a value of ±0.3% (1σ SD). Age calculation of the isochron age was performed as described by Geyh (2001) and Sierralta et al. (2010).

RESULTS

Early dates on Schöningen deposits by alpha spectrometry

First absolute dating attempts using the ²³⁰Th/U method with alpha spectrometry were performed by Heijnis (1992). He published two preliminary, uncorrected ages on intra-Saalian interglacial deposits, nowadays assigned to Schöningen cycle/channel III (tab. 1) to sort out whether the Holsteinian interglacial should be correlated with MIS 7 or even older MIS. He concluded that the so-far uncorrected ages for the Schöningen interglacial deposits of 180 and 227 ka confirm an older age for Holsteinian interglacial deposits.

Further unpublished ²³⁰Th/U dating attempts within the 1990s have been performed on Schöningen interglacial deposits at the LIAG laboratory (former NLFb) in Hannover by alpha spectrometry. The radiometric results are given in table 2. Low ²³⁰Th/²³²Th values indicate high detrital contamination of the samples and the need for ²³⁰Th corrections. Unfortunately, the correction of measured ²³⁰Th activities by the isochron method failed. The data points plot widespread in the Rosholt-I plot (²³⁰Th/²³²Th vs. ²³⁴U/²³²Th; fig. 4a) which inhibits the determination of the correction factor. Furthermore, the isotope evolution plot after Osmond and Ivanovich (1992) does not show a narrow data point cluster, but follow one isotope evolution line indicating that these samples could be of different age.

Mass spectrometric ²³⁰Th/U-dating of peat samples of the Reinsdorf sediment succession

The Reinsdorf sediment succession at Schöningen 13-II x667 y2 (2003) contains two fen peat layers between 98.54 and 99.27 m asl, and 101.00 and 101.27 m asl (fig. 1). Both layers were sampled for ²³⁰Th/U-dating. According to the sampling in the opencast mine the lower organic rich layer of 90 cm thickness was sampled in four steel boxes of 25 cm length (Thieme 2007). Therefore, the lower peat layer was

sample	UTD code	U (ppm)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}^*$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}^*$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}^*$	age (ka)
Schöningen 882/Sla	91-179	6.632	1.104 ± 0.029	0.821 ± 0.138	4.959 ± 0.777	180 ⁺¹²⁵ -57
Schöningen 882/Sla	91-180	7.518	1.092 ± 0.043	0.904 ± 0.167	3.296 ± 0.362	227 ⁺²³⁷⁹ -96

Tab. 1 Alpha spectrometric isotope results from Schöningen intra-Saalian deposits taken from Heijnis (1992). – UTD denotes uranium thorium disequilibrium. * All values are taken from Heijnis (1992). It remains unclear if given errors are 1σ or 2σ , as it is not mentioned in the thesis.

HV-No	sample	U	Th [ppm]	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ [ppm]	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 1SE	$^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 1SE	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 1SE	age _{uncorrected} 1SE [ka]
999 α	13-A	12.45	4.590	0.897 ± 0.043	8.197 ± 0.036	0.993 ± 0.043	1.108 ± 0.052	226 \pm 24
998 α	13-A	4.575	2.419	0.653 ± 0.038	4.274 ± 0.031	0.743 ± 0.038	1.137 ± 0.047	112 \pm 5
997 α	13-A	36.46	3.310	0.046 ± 0.062	1.838 ± 0.091	0.055 ± 0.063	1.185 ± 0.037	5.1 \pm 0.2
994 α	12-B	7.535	3.155	0.204 ± 0.078	1.832 ± 0.093	0.252 ± 0.078	1.237 ± 0.065	24.5 \pm 1.5

Tab. 2 Alpha spectrometric $^{230}\text{Th}/\text{U}$ results from Schöningen deposits by LIAG (unpublished).

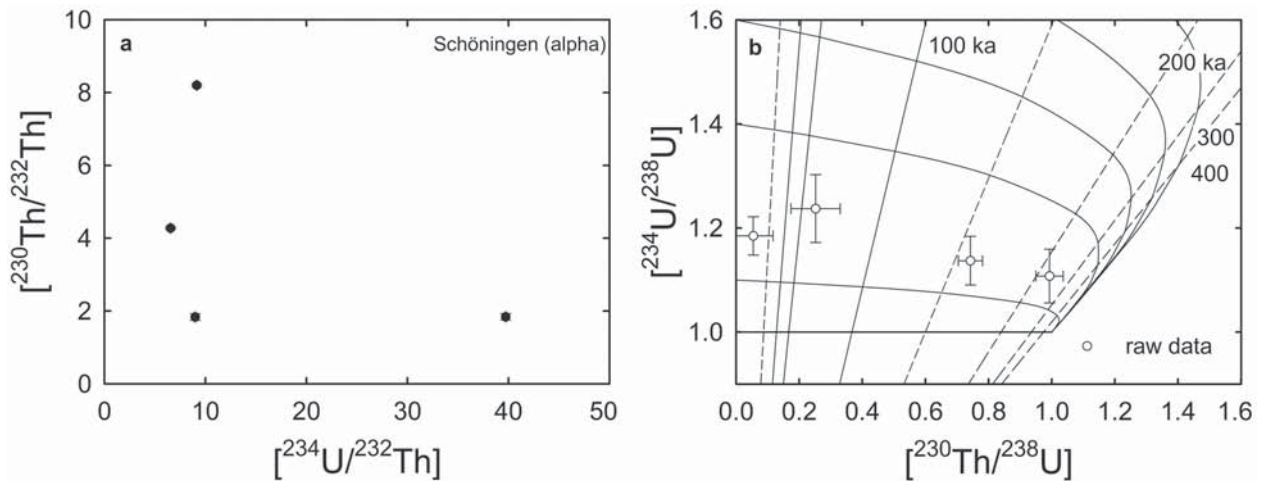


Fig. 4 Rosholt-I plot (a) and isotope evolution plot (b) from alpha spectrometric results by LIAG laboratory (unpublished). – Solid curved lines in b demonstrate developments of isotope ratios with time, dashed lines represent lines of equal age (isochrons). – (Illustration M. Sierralta).

subdivided into three sections from bottom to top: section I) 98.47-98.54m asl, section II) 98.74-98.84 m asl, section III) 98.92-99.06 m asl.

Three samples represent section I from 98.47 to 98.54 m asl (fig. 5a-b). Section II from the lower central part is represented by seven samples from four fen peat layers (98.74-98.84 m asl; fig. 6a-b), and Section III from the upper central part by seven samples from four layers (98.92-99.06 m asl; fig. 7a-b). These three Sections are not more than 15 cm thick and intercalated by decomposed gyttja layers of up to 3 cm thickness. These are not ideal conditions to guarantee closed system conditions. Six samples were analysed from the upper fen peat from three layers (101.075-101.20m asl; fig. 8a-b). Also this section has only 7 cm distance from the upper and lower thick gyttja layer.

The measured isotopic ratios, standard deviations, and uncorrected and corrected $^{230}\text{Th}/\text{U}$ ages are compiled in table 3. The activity ratios $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ range from 0.8 to 19 indicating a high detrital contam-

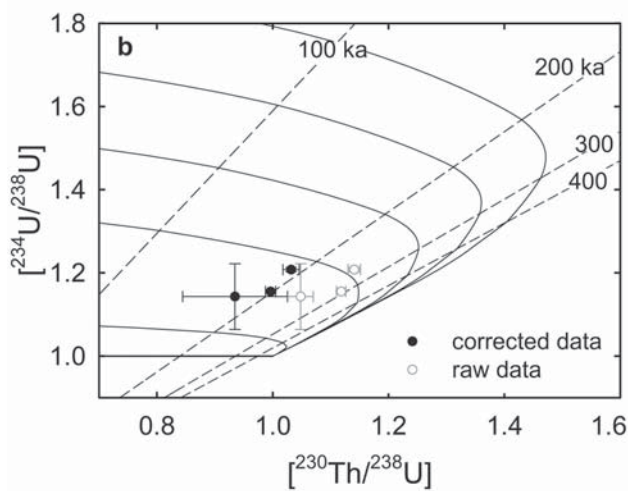
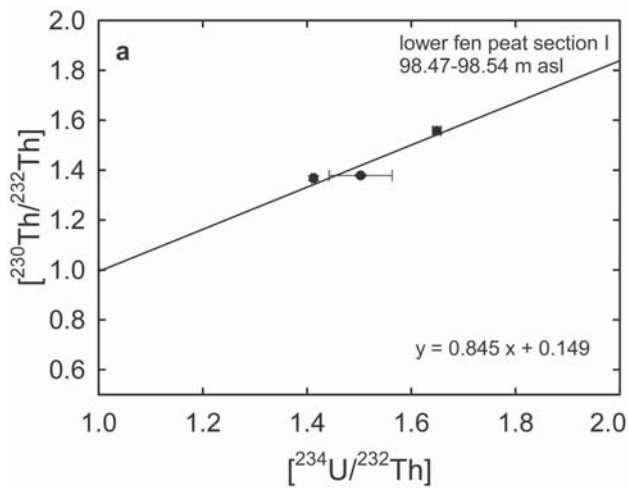


Fig. 5 Rosholt-I plot (a) and isotope evolution plot (b) for isotopic results from the lower fen peat layer section I (98.47-98.54 m asl) measured by TIMS. For explanation see fig. 4. – (Illustration M. Sierralta).

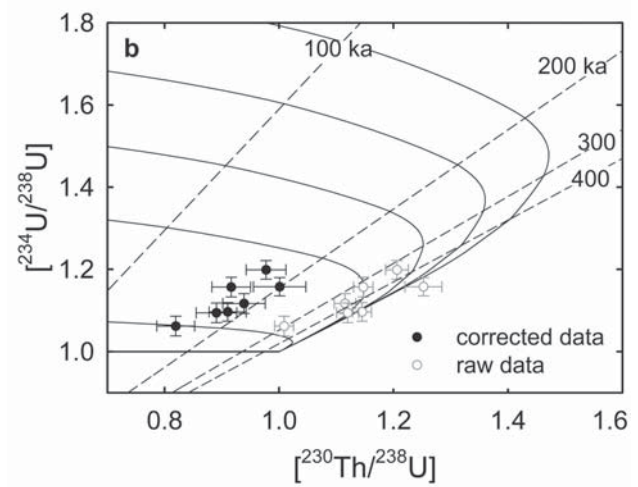
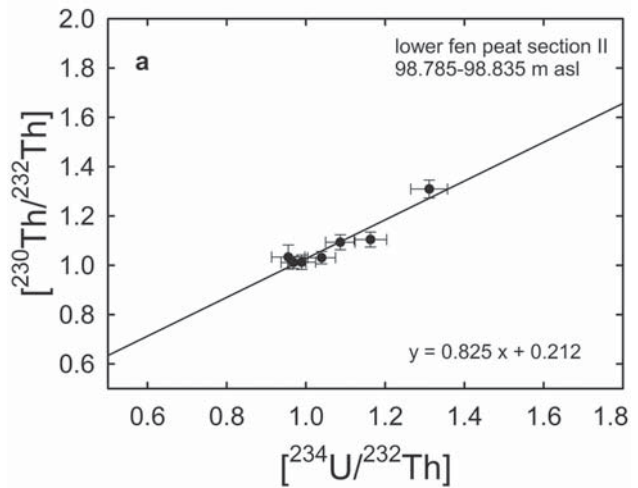


Fig. 6 Rosholt-I plot (a) and isotope evolution plot (b) for isotopic results from the lower fen peat layer section II (98.74-98.84 m asl) measured by TIMS. For explanation see fig. 4. – (Illustration M. Sierralta).

ination. Consequently detrital correction of the measured ^{230}Th activity had to be applied with individual correction factors determined by the isochron method. The check of closed system behaviour was performed by the isotope evolution plots $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ vs. $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ (Osmond / Ivanovich 1992), the Rosholt-I plots (figs 5-7), and the Osmond-I plots ($^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ vs. $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ and $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ vs. $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$; fig. 9).

DISCUSSION

The key issues for $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating are the detritus correction of the raw $^{230}\text{Th}/\text{U}$ ages and the check for open-system conditions with regard to uranium. The extent of detritus contamination of the ^{232}Th activity is obtained by the Rosholt-I plot ($^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ vs. $^{234}\text{U}/^{232}\text{Th}$) which yields the detritus correction factor. Furthermore, outliers cannot be easily determined as the plot uses a common nominator. Due to zero correlation

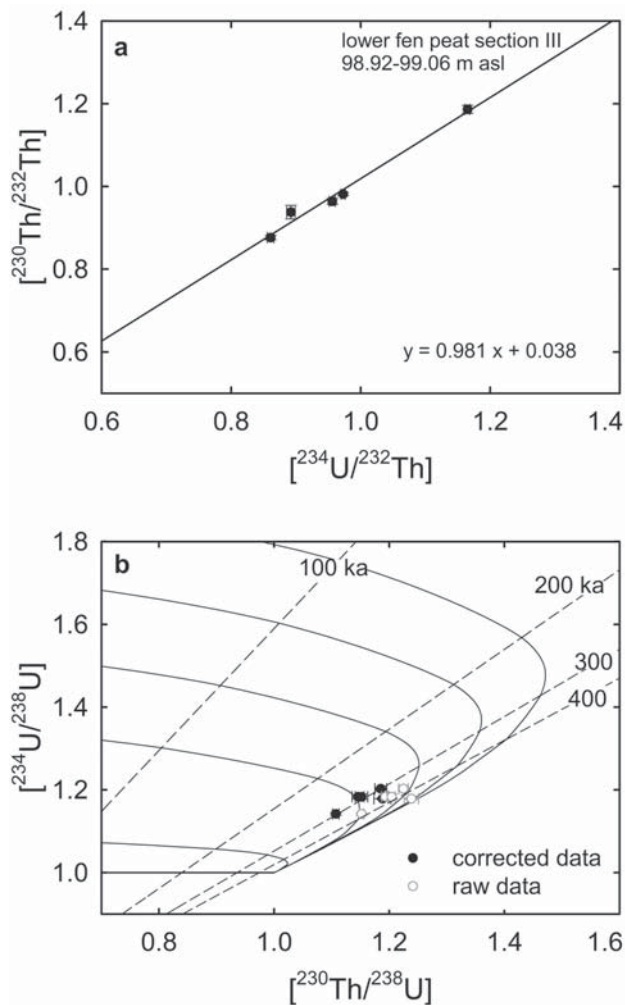


Fig. 7 Rosholt-I plot (a) and isotope evolution plot (b) for isotopic results from the lower fen peat layer section III (98.92-99.06 m asl) measured by TIMS. One outlier (TIMS-No 846) was excluded from the data set and is not shown in the diagrams. For explanation see fig. 4. – (Illustration M. Sierralta).

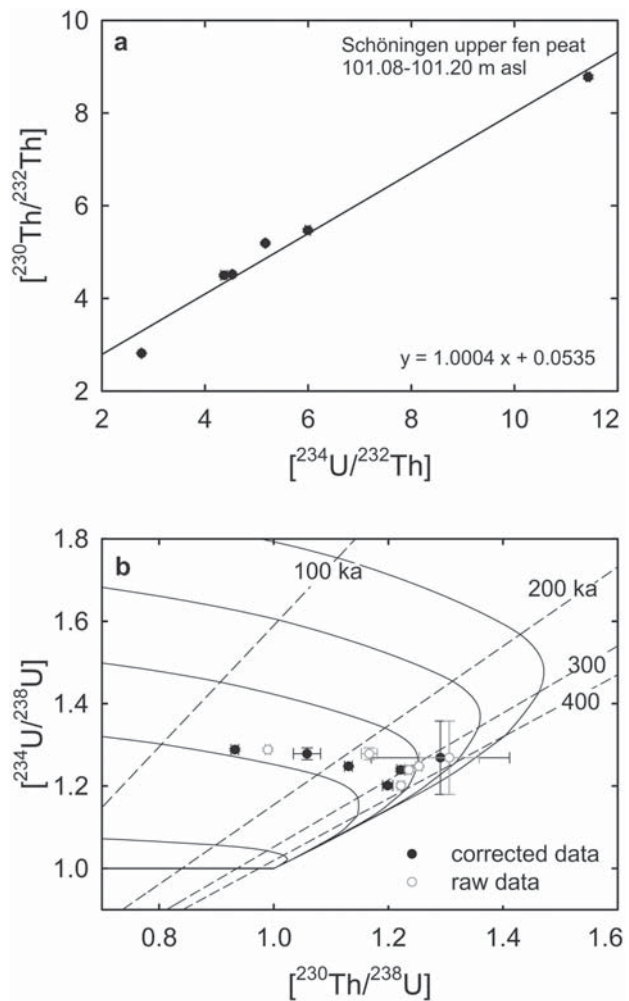


Fig. 8 Rosholt-I plot (a) and isotope evolution plot (b) for isotopic results from the upper fen peat layer 101.08-101.20 m asl measured by TIMS. For explanation see fig. 4. – (Illustration M. Sierralta).

effects all sample data of samples that contained detritus from the same source have to lie on straight lines in any of the possible isotope ratio plots (Ludwig 2003; Geyh 2008). Ludwig (2003) emphasizes that the use of both Osmond diagrams (Osmond et al. 1970) with the common denominator ^{238}U has several advantages in both visualization and identification of the strengths and weakness of data sets for their use in $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating. We used the Osmond-I plots ($^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ vs. $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ and $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ vs. $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$; fig. 9) to check the quality of each data set for open-system conditions and to discard outliers.

One outlier (TIMS No. 846) in the data set was determined in section III of the lower fen peat layer (98.92-99.06 m asl). The reason was a very low ion intensity of ^{232}Th during the data acquisition. This data point was excluded from the isochron plot.

During sampling for $^{230}\text{Th}/\text{U}$ and pollen analysis it was impossible to distinguish between decomposed fen peat and gyttja layers. The latter were identified by investigations on the organic carbon content (Urban et al. 2011). We avoided to sample the lowermost and uppermost 10 cm of the organic-rich layers of dark brown to black colour at 98.04-98.14 and 99.05-15 m asl. Unfortunately, these layers turned to be gyttja

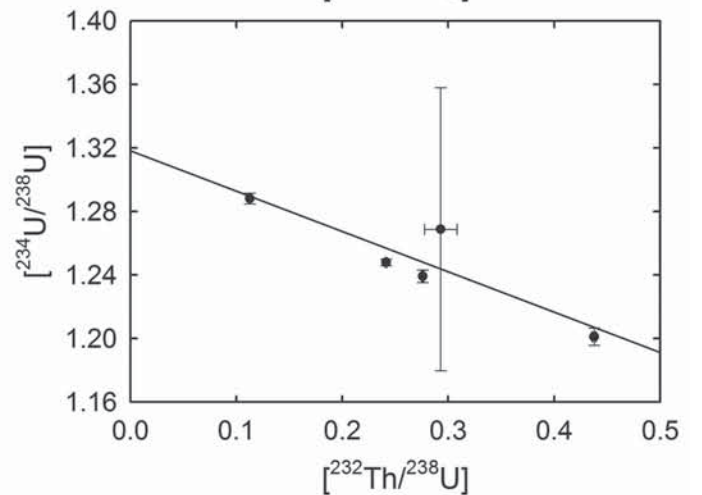
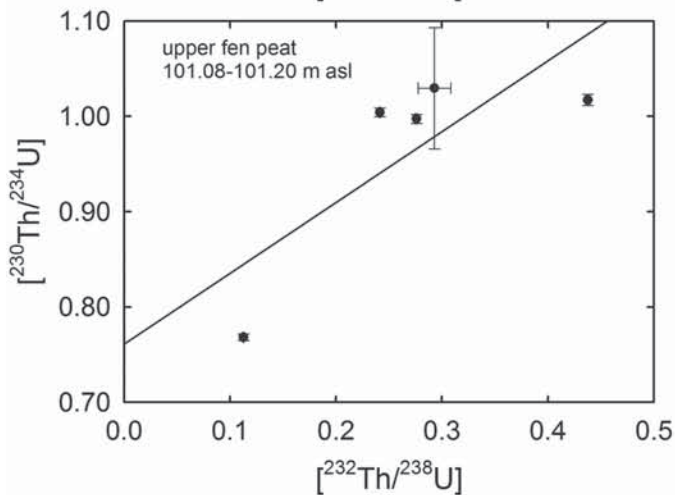
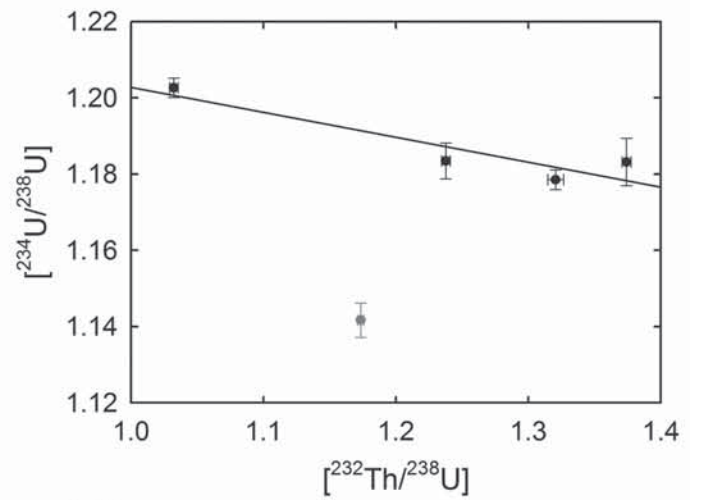
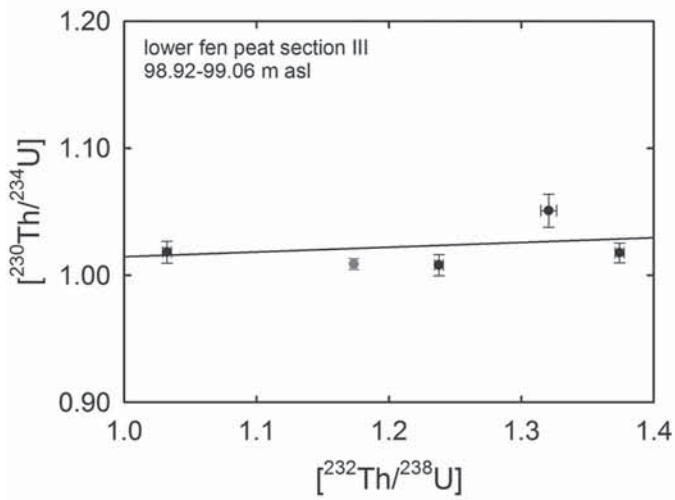
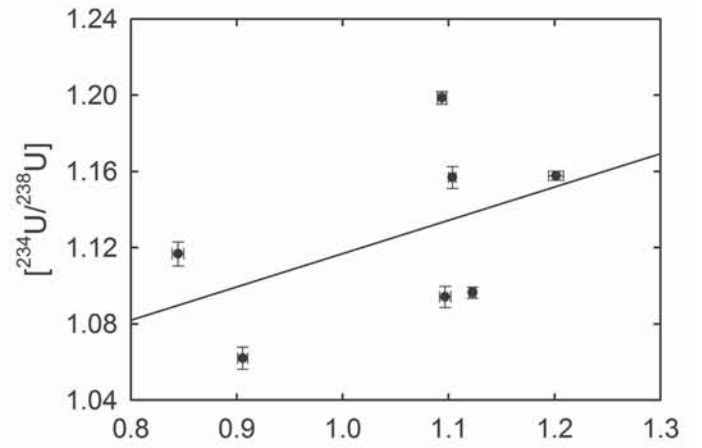
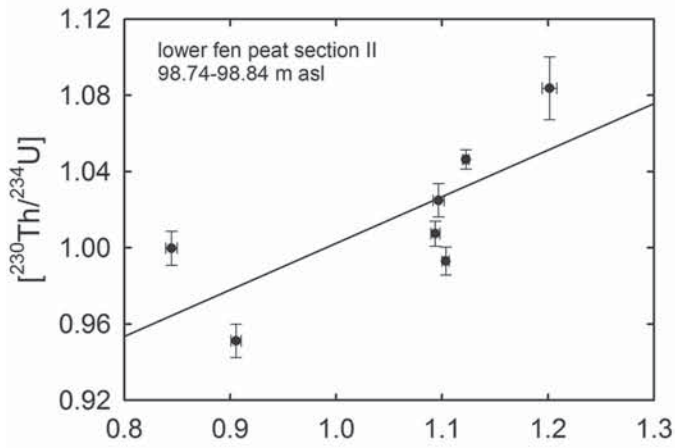
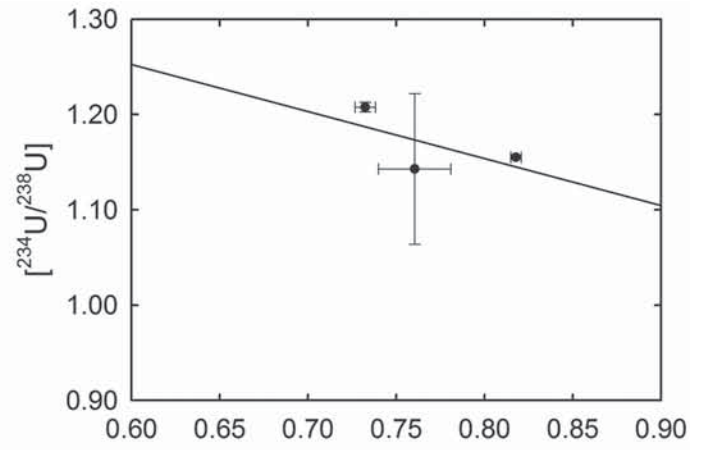
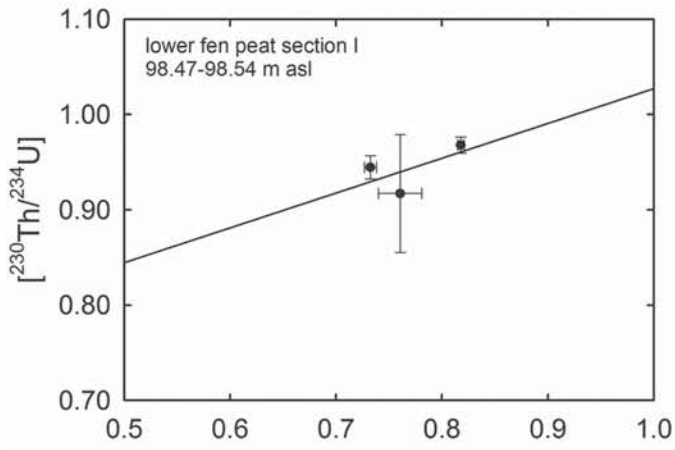
TIMS No	depth [m asl]	U [ppm]	Th [ppm]	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ $2\sigma_{\text{SD}}$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ $2\sigma_{\text{SD}}$	$^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ $2\sigma_{\text{SD}}$	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ $2\sigma_{\text{SD}}$	age _{uncorrected} [ka]	age _{corrected} [ka]
<i>lower peat section I</i>									
849	98.47–98.48	0.91	2.03	0.945±0.012	1.558±0.013	1.141±0.011	1.208±0.005	253±10	
850	98.50–98.52	0.83	2.07	0.968±0.009	1.367±0.010	1.118±0.008	1.155±0.002	290±10	
851	98.53–98.54	0.85	1.96	0.917±0.062	1.378±0.003	1.048±0.022	1.143±0.079	238±90	
<i>lower peat section II</i>									
765	98.74–98.75	1.93	4.94	1.000±0.009	1.322±0.008	1.117±0.008	1.117±0.006	363±22	
766	98.76–98.78	1.05	3.58	1.046±0.005	1.022±0.005	1.147±0.005	1.096±0.003	> 650	
839	98.76–98.78	1.13	4.12	1.084±0.016	1.044±0.021	1.255±0.016	1.158±0.002	> 650	
840	98.76–98.78	1.48	4.97	0.993±0.007	1.041±0.005	1.149±0.006	1.157±0.006	328±12	
841	98.76–98.78	1.56	5.18	1.007±0.007	1.104±0.008	1.208±0.007	1.199±0.003	337±12	
767	98.80–98.81	1.56	5.20	1.025±0.009	1.023±0.009	1.121±0.008	1.094±0.006	maximum age	
768	98.82–98.84	1.85	5.10	0.951±0.009	1.116±0.008	1.010±0.007	1.062±0.006	297±12	
<i>lower peat section III</i>									
843	98.92–98.94	1.37	4.30	1.018±0.009	1.186±0.009	1.225±0.008	1.203±0.003	357±19	300±13
844	98.95–98.96	0.98	3.94	1.051±0.013	0.938±0.016	1.239±0.012	1.179±0.003	maximum age	348±31
845	98.98–99.00	0.96	3.60	1.008±0.008	0.964±0.007	1.193±0.007	1.183±0.005	345±15	n.d.
852	98.98–99.00	1.24	4.40	1.009±0.004	0.982±0.004	1.152±0.004	1.142±0.003	371±11	296±7
847	99.04–99.06	0.91	3.80	1.018±0.008	0.876±0.005	1.204±0.006	1.183±0.006	367±18	289±12
846*	99.04–99.06	1.01	0.19	1.002±0.009	19.164±0.068	1.167±0.008	1.166±0.002	340±16	n.d.
<i>upper peat layer</i>									
770	101.08–101.09	1.82	2.40	1.017±0.006	2.816±0.005	1.222±0.005	1.201±0.005	356±13	
1123	101.08–101.09	2.54	0.87	0.768±0.005	8.780±0.004	0.990±0.005	1.288±0.003	146±2	
771	101.12–101.13	1.68	1.48	1.030±0.064	4.498±0.027	1.306±0.052	1.269±0.089	maximum age	
1124	101.12–101.13	1.76	1.29	1.004±0.004	5.192±0.005	1.253±0.004	1.248±0.002	314±6	
772	101.18–101.20	1.66	1.37	0.997±0.005	4.519±0.004	1.236±0.004	1.239±0.004	305±6	
1125	101.18–101.20	1.87	1.21	0.913±0.011	5.468±0.006	1.167±0.012	1.278±0.014	219±6	

Tab. 3 Derived isotopic ratios, and $^{230}\text{Th}/\text{U}$ ages of peat samples from profile Schöningen 13-II (2003), all uncertainties are given as 2σ standard deviations of the mean. – n.d. = not determined.

and not the decomposed fen peat which would be the appropriate material to work as a barrier for uranium uptake. Therefore, gyttja layers have been investigated that were presumed to be fen peat layers. Gyttja is not an ideal material for $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating as closed system conditions cannot always be assured. The higher mineral content of gyttja may offer pathways for oxygenated groundwater that can transport, leach or supply uranium. However, Gaigalas et al. (2007) successfully dated a gyttja layer from Mardasavas section in Lithuania. Furthermore, Müller et al. (2005) were the first to succeed in dating the fine-detritus mud from Jammertal (near Biberach/D) by $^{230}\text{Th}/\text{U}$. The silicate content of an organic rich deposit seems to be not always a criterion for the success of the dating method.

The data from Section I of the lower fen peat layer was obtained from the lowermost gyttja layer and indicate open system behaviour (fig. 5). It could be caused by ascending groundwater through the intercalated gyttja layers. Higher salt contents of these layers may be a further indicator for processes such as halokinesis.

Fig. 9 Osmond-I diagrams for all samples investigated by TIMS from four sections of the profile Schöningen 13-II. Samples fulfilling the prerequisites of the $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating method must build straight regression lines. Scatter from regression line indicates open-system behavior. One outlier from the lower fen peat section III is marked in grey. – (Illustration M. Sierralta).



The isotope ratios from section II of the lower central part scatter widely in the Rosholt I plot (fig. 6a) which does not allow to draw a regression line. The scatter in the isotopic evolution plot (fig. 6b) does also support the assumption of open-system conditions with regard to uranium. This section consists of two peat layers of 3 and 8 cm thickness intercalated by a 5 cm thick gyttja layer which may not fulfil closed-system conditions.

The uranium isotope ratios of section III of the lower fen peat (98.92-99.06 m asl) behaved as closed system (fig. 7a-b) as also shown by a more or less constant uranium concentration. The Osmond-I plot (fig. 9) shows one additional outlier (TIMS No 845; shown in grey) that falls of the regression line. The data was excluded from further calculation.

The Rosholt-I plot yielded a detritus correction factor of 0.041 and an isochron $^{230}\text{Th}/\text{U}$ age of 290 ± 5 ka ($n = 4$) with a reasonable $\chi^2 = 3.45$.

The data of the upper peat layer demonstrates open system conditions (figs 8-9). The scatter in the Osmond-I plot is widely distributed also shown in the Rosholt-I plot and the isotope evolution plot. A reliable detritus correction was impossible and the prerequisites of the dating method are not fulfilled.

The pollen spectra of the lower fen peat intercalated by gyttja layers that yielded a mean isochron age of 290 ± 5 ka $^{230}\text{Th}/\text{U}$ reveal late phases of the Reinsdorf interglacial sensu Urban (1995) and are correlated with LPAZ 3b and R4/(R5), when *Pterocarya* and *Fagus* are present by occasional grains (Urban et al. 2011; Urban / Sierralta, this volume). The upper fen peat of the Reinsdorf sediment cycle represents a vegetation succession occurring after a severe climatic deterioration characterised by a newly spread of *Betula* and *Pinus* accompanied by some *Juniperus*, *Alnus*, *Picea* and *Larix*, which most probably corresponds to the Reinsdorf interstadial A/B (sensu Urban 1995; 2007) comprising cycles II-3 and II-4, respectively.

CONCLUSION

The uranium series dating of fen peat deposits from the Schöningen deposits remains a difficult task as the peat layers have not an ideal thickness as they are super- and underlain or intercalated by gyttja layers. We are still convinced on a successful $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating for parts of the Reinsdorf interglacial. The corresponding isochron $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dates correlated the Reinsdorf succession with MIS 9 corresponding to the Holsteinian interglacial at the type site at Bossel, Lkr. Stade/D (Geyh / Müller 2007). This finding implies that the Reinsdorf sediment succession may represent an exceptional and regionally deviating type of the Holsteinian interglacial sensu strictu.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are thankful to Hartmut Thieme for sampling the profile at the Schöningen opencast mine in 2003 for pollen analyses and dating methods. Many thanks to Sabine Mogwitz, Gudrun Drewes and Sonja Riemenschneider for help with isotope analysis. Particular

thanks to Alexander Kunz for his help in preparing the artwork. We are indebted to the reviewers Johannes van der Plicht and Mebus A. Geyh for their valuable comments and critical review which helped to improve the manuscript.

REFERENCES

- Bourdon et al. 2003: B. Bourdon / G. M. Henderson / C. C. Lundstrom / S. P. Turner, Introduction to U-series geochemistry. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 52, 2003, 1-21.
- Cheng 2000: H. Cheng / R. L. Edwards / J. Hoff / C. D. Gallup / D. A. Richards / Y. Asmeron, The half-lives of uranium-234 and thorium-230. *Chemical Geology* 169, 2000, 17-33.
- Edwards et al. 2003: R. L. Edwards / C. D. Gallup / H. Cheng, U-series dating of marine and lacustrine carbonates. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 52, 2003, 363-405.
- Frechen et al. 2007: M. Frechen / M. Sierralta / D. Oezen / B. Urban, Uranium-series dating of peat from Central and Northern Europe. In: Sirocko et al. 2007, 93-118.
- Gaigalas et al. 2007: A. Gaigalas / K. A. Arslanov / F. E. Maximov / V. Y. Kuznetsov / S. B. Chernov, Uranium-thorium isochron dating of penultimate (Late Mid-Pleistocene) Interglacial in Lithuania from Mardasavas site. *Geologija [Vilnius]* 57, 2007, 21-29.
- Geyh 2001: M. A. Geyh, Reflections on the $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating of dirty material. *Geochronometria* 20, 2001, 9-14.
- 2008: M. A. Geyh, Selection of suitable data sets improves $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dates of dirty material. *Geochronometria* 30, 2008, 69-77.
- Geyh / Müller 2007: M. A. Geyh / H. Müller, Palynological and Geochronological Study of the Holsteinian/Hoxnian/Landos Interglacial. In: F. Sirocko / M. Claussen / M. F. Sánchez Goni / T. Litt (eds), *The climate of past interglacials (Amsterdam 2007)* 387-396.
- Geyh / Techmer 1997: M. A. Geyh / A. Techmer, $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Datierung der organogenen Sedimente der Bohrung Groß Todtshorn (Kr. Harburg; Niedersachsen). *Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 4, 1997, 103-110.
- Geyh et al. 1997: M. A. Geyh / G. Hennig / D. Oezen, U/Th-Datierung interglazialer und interstadialer Niedermoortorfe und Lignite – Stand und Zukunft. *Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 4, 1997, 187-199.
- Heijnis 1992: H. Heijnis, Uranium/thorium dating of Late Pleistocene peat deposits in N. W. Europe [unpubl. diss. Univ. Groningen 1992] <http://dissertations.ub.rug.nl/faculties/science/1992/h.heijnis/> (13.09.2012).
- Heijnis / van der Plicht 1992: H. Heijnis / J. van der Plicht, Uranium/thorium dating of Late Pleistocene peat deposits in NW Europe, uranium/thorium isotope systematics and open-system behaviour of peat layers. *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)* 94, 1992, 161-171.
- Ivanovich / Harmon 1992: M. Ivanovich / R.S. Harmon, Uranium-series disequilibrium: Application to earth, marine, and environmental sciences (Oxford 1992).
- Kaufman 1971: A. Kaufman, U-series dating of Dead Sea basin carbonates. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 35, 1971, 1269-1281.
- 1993: A. Kaufman, An evaluation of several methods for determining $^{230}\text{Th}/\text{U}$ in impure carbonates. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 57, 1993, 2303-2317.
- Kaufman / Broecker 1965: A. Kaufman / W. Broecker, Comparison of ^{14}C and ^{230}Th ages for carbonate minerals from lakes Lahontan and Bonneville. *Journal of Geophysical Research* 70, 1965, 4039-4054.
- Ku / Liang 1984: T. L. Ku / Z. C. Liang, The dating of impure carbonates with decay-series isotopes. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* 223, 1984, 563-571.
- Ludwig 2003: K. R. Ludwig, Mathematical-statistical treatment of data and errors for $^{230}\text{Th}/\text{U}$ geochronology. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 52, 2003, 631-656.
- Luo / Ku 1991: S. Luo / T. L. Ku, U-series isochron dating: a generalized method employing total sample dissolution. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 55, 1991, 555-564.
- Mania 1998: D. Mania, Zum Ablauf der Klimazyklen seit der Elstervereisung im Elbe-Saalegebiet. *Præhistoria Thuringica* 2, 1998, 5-21.
- Müller et al. 2005: U. C. Müller / S. Klotz / M. A. Geyh / J. Pross / G. C. Bond, Cyclic climate fluctuations during the last interglacial in Central Europe. *Geology [Boulder, CO]* 33, 2005, 449-452.
- Osmond / Ivanovich 1992: J. K. Osmond / M. Ivanovich, Uranium-series mobilization and surface hydrology. In: M. Ivanovich / R. S. Harmon (eds), *Uranium-series disequilibrium (Oxford 1992)* 259-289.
- Osmond et al. 1970: J. K. Osmond / J. P. May / W. F. Tanner / Age of the Cape Kennedy barrier-and-lagoon complex. $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating of interglacial and interstadial fen peat and lignite: Potential and limits. *Journal of Geophysical Research* 75, 1970, 469-479.
- Richards / Dorale 2003: D. A. Richards / J. A. Dorale, U-series chronology and environmental application of speleothems. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 52, 2003, 407-460.
- Rowe et al. 1997: P. J. Rowe / D. A. Richards / T. C. Atkinson / S. H. Bottrell / R. A. Cliff, Geochemistry and radiometric dating of a Middle Pleistocene peat. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61, 1997, 4201-4211.
- Scholz / Hoffmann 2008: D. Scholz / D. Hoffmann, $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -dating of fossil corals and speleothems. *Quaternary Science Journal* 57, 2008, 52-76.
- Schwarcz / Latham 1989: H. P. Schwarcz / A. G. Latham, Dirty calcites: 1. uranium series dating of contaminated calcite using leachates alone. *Chemical Geology* 80, 1989, 35-43.
- Sierralta et al. 2010: M. Sierralta / S. Kele / F. Melcher / U. Ham-bach / J. Reinders / R. van Geldern / M. Frechen, Uranium-Series Dating of Travertine from Süttő and its Implications for Reconstruction of Environmental Change in Hungary. *Quaternary International* 222, 2010, 178-193.
- Sirocko et al. 2007: F. Sirocko / M. Claussen / M. F. Sánchez Goni / T. Litt (eds), *The climate of past interglacials (Amsterdam 2007)*.
- Szalay 1958: A. Szalay, The significance of humus in the geochemical enrichment of uranium. *Proceedings of the 2nd United Nations International Conference on the peaceful uses of Atomic Energy (Geneva 1958)* 182-186.
- Thieme 1996: H. Thieme, Altpaläolithische Wurfspere aus Schöningen, Niedersachsen – Ein Vorbericht. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 26, 1996, 377-393.
- 1997: H. Thieme, Lower Paleolithic hunting spears from Germany. *Nature* 385, 1997, 807-810.
- 1998: H. Thieme, Altpaläolithische Wurfspere von Schöningen, Niedersachsen. *Præhistoria Thuringica* 2, 1998, 22-31.
- 1999: H. Thieme, Altpaläolithische Holzgeräte aus Schöningen, Lkr. Helmstedt. *Bedeutsame Funde zur Kulturentwicklung des frühen Menschen. Germania* 77, 1999, 451-487.
- 2007: H. Thieme (ed.), *Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400 000 Jahren (Stuttgart 2007)*.
- Thieme / Mania 1993: H. Thieme / D. Mania, »Schöningen 12« – ein mittelpleistozänes Interglazialvorkommen im Nordharzvor-

- land mit paläolithischen Funden. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 1993, 610-619.
- Thieme et al. 1987: H. Thieme / R. Maier / B. Urban, Archäologische Schwerpunktuntersuchungen im Helmstedter Braunkohlenrevier (ASHB) – zum Stand der Arbeiten 1983-1986. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 17, 1987, 445-462.
- Titayeva 1966: N. A. Titayeva, Possibility of absolute dating of organic sediments by the ionium method. *Geokhimiya* 10, 1966, 1183-1191.
- Urban 1995: B. Urban, Palynological evidence of younger Middle Pleistocene Interglacials (Holsteinian, Reinsdorf, Schöningen) in the Schöningen open cast lignite mine (eastern Lower Saxony/Germany). *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 52, 1995, 175-186.
- 1999: B. Urban, Middle and Late Pleistocene biostratigraphy and paleoclimate of an open-pit coal mine Schöningen: Germany. *Chinese Science Bulletin (Beijing)* 44 Suppl., 1999, 30-37.
- 2007: B. Urban, Interglacial pollen records from Schöningen, north Germany. In: F. Sirocko / M. Claussen / M. F. Sánchez-Goni / T. Litt (eds), *The Climate of Past Interglacials. Developments in Quaternary Science* 7 (Amsterdam 2007) 417-444.
- Urban et al. 1988: B. Urban / H. Thieme / H. Elsner, Biostratigraphische, quartärgeologische und urgeschichtliche Befunde aus dem Tagebau »Schöningen«, Lkr. Helmstedt. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 139, 1988, 123-154.
- 1991a: B. Urban / H. Elsner / A. Hölzer / D. Mania / B. Albrecht, Eine eem- und frühweichselzeitliche Abfolge im Tagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt. *Eiszeitalter und Gegenwart* 41, 1991, 85-99.
- 1991b: B. Urban / R. Lenhard / D. Mania / B. Albrecht, Mittelpleistozän im Tagebau Schöningen, Ldkrs. Helmstedt. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 142, 1991, 351-372.
- 2011: B. Urban / M. Sierralta / M. Frechen, New evidence for vegetation development and timing of Upper Middle Pleistocene interglacials in Northern Germany and tentative correlations. *Quaternary International* 241, 2011, 125-142.
- Vogel / Kronfeld 1980: J. C. Vogel / J. Kronfeld, A new method for dating peat. *South African Journal of Science* 76, 1980, 557-558.
- Yliruokanen 1980: I. Yliruokanen, The occurrence of uranium in some Finnish peat bogs. *Kemia Kemi* 4, 1980, 213-217.

ZUSAMMENFASSUNG / ABSTRACT

²³⁰Th/U Altersbestimmungen im Tagebau Schöningen

Sediment- und Torfabfolgen bieten die Möglichkeit der Rekonstruktion von Klima- und Paläoumweltbedingungen. Ohne verlässliche geochronologische Untersuchungen kommen die stratigraphischen Interpretationen jedoch nicht aus. Jenseits der Altersgrenze von ¹⁴C-Datierungen bieten meist nur Optisch Stimulierte Lumineszenz (OSL) an kalt- und warmzeitlichen Sedimenten und ²³⁰Th/U-Datierungen an warmzeitlichen Torfabfolgen die Möglichkeit zur Bestimmung des geochronologischen Rahmens. Folgende Datierungsvoraussetzungen müssen für eine zuverlässige ²³⁰Th/U-Datierung erfüllt sein: (1) während der Genese wird ausschließlich Uran in Torf akkumuliert und (2) das System muss anschließend isotopenchemisch geschlossen bleiben, d.h. Uran- und Thoriumisotope werden nicht mobilisiert, also weder zu- oder abgeführt. Erste Datierungsversuche mit der ²³⁰Th/U-Ungleichgewichtsmethode unter Anwendung der Alphaspktrometrie an Torfen des Schöningen Interglazials führten zu keinen zufriedenstellenden Ergebnissen. Neuere Untersuchungen mit der Thermionen-Massenspektrometrie (TIMS) an zwei Torflagen, die palynologisch dem Reinsdorf-Interglazial zugeordnet werden, lieferten Alter zwischen 280-350 ka und erlauben eine Korrelation des Reinsdorf-Interglazials mit MIS 9. Infolgedessen wird das Reinsdorf-Interglazial neuerlich auch als ein möglicher regionaler Sondertyp des Holstein-Interglazials diskutiert.

²³⁰Th/U dating results from opencast mine Schöningen

Sediment and peat successions offer the opportunity for reconstructions of climate and palaeoenvironment by various methods including stratigraphy and palynology. In many cases they lack a robust chronology. Beyond the age range of the ¹⁴C method, optical stimulated luminescence and ²³⁰Th/U disequilibrium dating are the most commonly used numerical methods (besides e.g. electron spin resonance, amino acid racemisation) to date glacial and interglacial deposits, respectively. The uranium series dating method has two main prerequisites: (1) a complete chemical fractionation between uranium and thorium during formation of the deposit, and (2) closed system behaviour of the nuclides since the formation of the deposit. First dating attempts of uranium series investigations on peat deposits from Schöningen by alpha spectrometry failed for unspecified reasons. Recently, ²³⁰Th/U investigations on two layers from Reinsdorf interglacial deposits were performed by thermal ionisation mass spectrometry (TIMS). The ²³⁰Th/U ages ranging from of 280-350 ka suggest the correlation of the Reinsdorf sediment succession with MIS 9. Thereupon the palynological record of the Reinsdorf sediment succession is newly discussed as a potentially unusual regional type of the Holsteinian interglacial.

ZUM RADIOMETRISCHEN ALTER DES HOLSTEIN-INTERGLAZIALS

Die Entdeckung Urey's (1950), dass die Isotopenzusammensetzung des Sauerstoffs mariner Kalke ein präzises Paläotemperatursignal enthält, ermöglichte Emiliani (1955), seine weltweit akzeptierten Marine Isotopenstadien einzuführen, in der Glaziale mit geraden Zahlen und Interglaziale mit ungeraden Zahlen durchnummeriert sind. Ein unerwartetes Nebenergebnis dieser Arbeit war, dass es weit mehr als die bis dahin angenommenen vier terrestrischen Glazial-/Interglazialzyklen im Quartär gegeben hat. Shackleton (1969) gelang dann die erste Korrelation mit der Zuordnung des Eem-Interglazials zum MIS 5e. Ein nächster bedeutender Schritt war die Entwicklung der numerischen Chronologie der marinen Isotopenstadien (Shackleton / Opdyke 1973), die später mehrmals präzisiert wurde (z. B. Bassinot u. a. 1994). Das Alter des »Großen Interglazials«, des Holsteins, blieb jedoch bis heute kontrovers diskutiert (z. B. Scourse 2006). Unter Holstein folgen wir der Definition der INQUA-Subcommission on European Quaternary Stratigraphy (SEQS; Litt u. a. 2005).

Multidisziplinäre Analogieschlüsse konzentrierten sich zwar immer häufiger auf MIS 11 für das Holstein-Interglazial, also ein »absolutes« Alter um 410 ka, ließen aber bisher keine endgültige Festlegung zu. Als wesentliche Stütze der Zuordnung zu MIS 11 wird das zusammengesetzte Pollenprofil vom Zentral Massiv in Frankreich (Reille u. a. 2000) angesehen, nach dem das Praclaux-Interglazial zuverlässig mit MIS 11 gleichzusetzen ist. Weniger belastbar (Geyh / Müller 2005) ist der darauf aufbauende Analogieschluss, dass dieses Isotopenstadium auch mit dem Holstein-Interglazial korreliert sein soll. Geyh / Müller (2005) fanden schlüssige und bis heute nicht widerlegte Argumente, dass das Holstein-Interglazial besser dem folgenden Landos-Interglazial (MIS 9) ähnelt. Der Mittelwert aller bestimmten $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter von Torfen aus Bossel (Lkr. Stade) von 312 ± 3 ka (Geyh / Müller 2005) ließ eine sichere Zuordnung zu MIS 9 zu. Mit der ständigen Weiterentwicklung sensibler und nachvollziehbarer Kriterien zur Identifizierung von Datensätzen postsedimentär ungestörter und gestörter Proben (Geyh 2008) wurde dieses Ergebnis gefestigt. Die scheinbare Diskrepanz zur Einordnung des pollenanalytisch gleich alten englischen Hoxnian-Typusprofils Marks Tey (Essex/GB) zum MIS 11 wurde mit der Berechnung von $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Maximalaltern aus den U/Th-Isotopenmesswerten (Geyh / Müller 2005; Geyh 2008) weitgehend ausgeräumt.

METHODE DER $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -ALTERSBESTIMMUNG

Die Methode, Niedermoortorfe und Lignit mit Hilfe der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Methode zu datieren, ist in mehreren Arbeiten ausführlich vorgestellt worden (van der Wyk u. a. 1986; van der Plicht / Heijnis 1989; Heijnis 1992; Heijnis / van der Plicht 1992; Heijnis u. a. 1993; Geyh u. a. 1997; Geyh / Techmer 1997; Rowe u. a. 1997; Geyh 2008). Es brauchen deshalb hier nur die wesentlichen Aspekte wiederholt werden.

Uran, das leicht wasserlöslich ist und deshalb auch im Grundwasser vorkommt, wird aufgrund des hohen Absorptionsvermögens humoser Stoffe für Schwermetalle im wachsenden Niedermoortorf fest gebunden und angereichert. In der Folgezeit wächst durch radioaktiven Zerfall radiogenes ^{230}Th aus dem Uran-Isotop ^{234}U . Damit wird das Aktivitätsverhältnis (AV) $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ – physikalisch gesehen – zu einem Chronometer, dessen Anwendung geschlossene Systeme erfordert, in denen postsedimentär Uran und Thorium weder

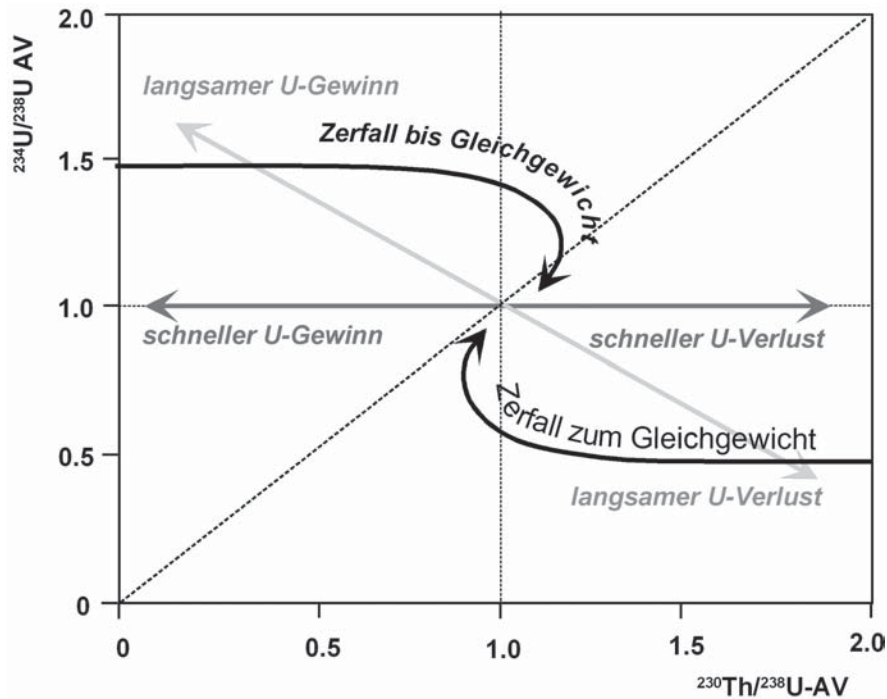


Abb. 1 $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Entwicklungsdiagramm des $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ -Chronometers: Bei einem initialen $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -Aktivitätsverhältnis (AV) über Eins (hier 1,45) und in einem geschlossenen System nimmt das $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ -AV durch radioaktiven Zerfall entlang von Entwicklungslinien auf Eins bei unendlichem Alter ab. Im offenen System kann z. B. sauerstoffreiches oder -armes Wasser Uran lösen bzw. ausscheiden. Die Aktivitätsverhältnisse verschieben sich dann nach links bzw. rechts. Verlaufen diese Prozesse langsam, kann es zusätzlich zu einer Isotopenfraktionierung zwischen ^{234}U und ^{238}U kommen, so dass sich die Aktivitätsverhältnisse von der Entwicklungslinie nach links oben bzw. rechts unten verschieben. Beide Effekte sind nicht korrigierbar und die diesbezüglichen Messwerte sind deshalb von der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Altersbestimmung auszuschließen.

nach außen verloren gegangen noch von außen gewonnen worden sind. In diesem Fall verschieben sich die $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ - und $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ -AV im U/Th-Isotopenentwicklungsdiagramm mit wachsendem Alter entlang von Entwicklungslinien (**Abb. 1**). Letztere beginnen bei dem $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter Null links im Bild und enden bei unendlichem Alter im Punkt (1,1).

Mächtige organische interglaziale Ablagerungen haben sich als geschlossene Systeme für Uran und Thorium erwiesen, auch wenn sie über lange Zeit von einsickerndem Grundwasser durchflossen worden sind. Das in ihm gelöste Uran wird nämlich in den oberen und unteren organischen Randschichten (etwa 10 cm) vollständig und fest gebunden, so dass die Kernschicht unbetroffen und als geschlossenes System für Uran erhalten bleibt (z. B. Heijnis 1992; **Abb. 2**).

DAS BOSSEL-PROFIL

Im Jahr 1985 wurde in Bossel der Bohrkern GE 1/85 gezogen, um daran hoch aufgelöste Pollenanalysen durchzuführen. Am Restmaterial wurden erste, noch sehr ungenaue radiometrische $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Datierungen versucht (**Tab. 1; Abb. 3**, hier Labornummern unter 1000). Der errechnete Mittelwert von 275 ± 50 ka der ermittelten $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter ließ eine eindeutige Einstufung des Holstein-Interglazials weder ins MIS 7 noch MIS 9 zu.

Deshalb wurde ein zweiter Kern GE 00/1 in Bossel gezogen, pollenanalytisch mit dem alten korreliert (Geyh /

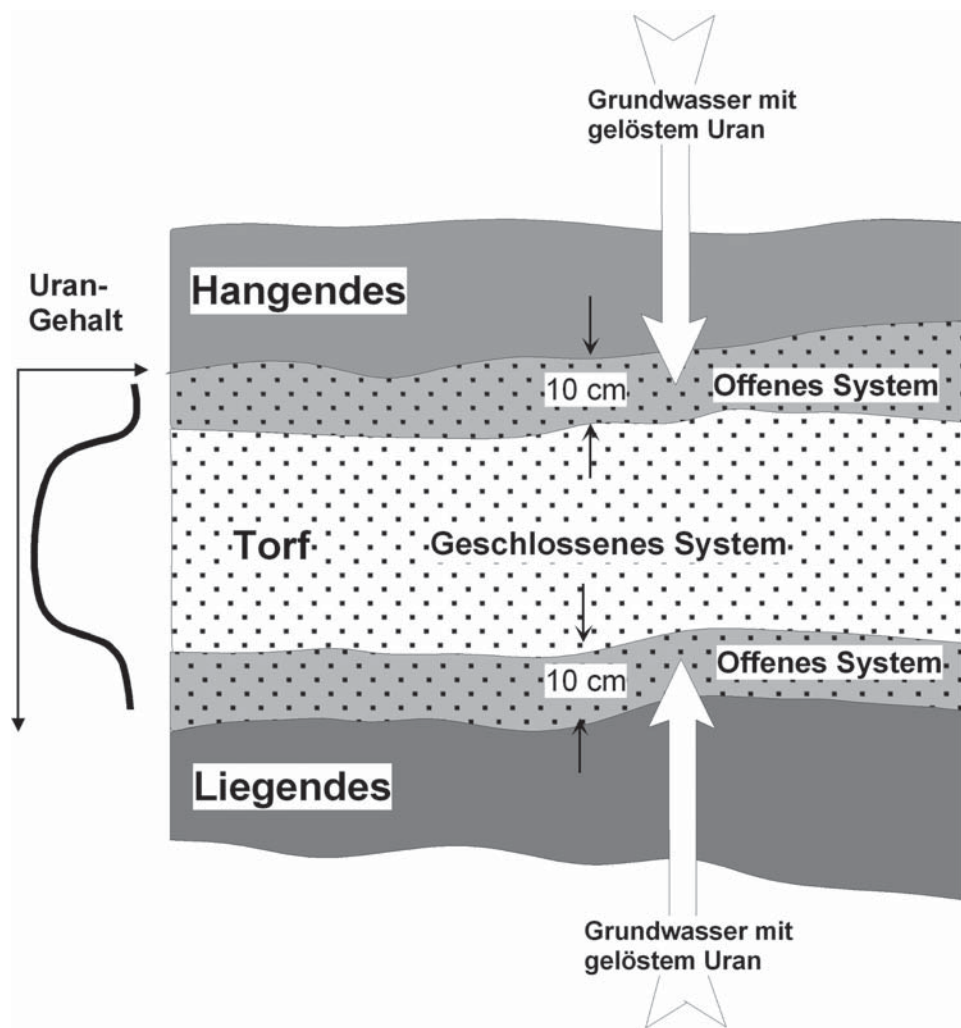


Abb. 2 Schematischer Schnitt durch ein idealisiertes Vorkommen interglazialer organischer Ablagerungen. Die Kernzone ist für die $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Altersbestimmung geeignet, die Randzonen mit laufender Urananreicherung (offenes System) nicht.

Müller 2005), und massenspektrometrisch genauere $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Altersbestimmungen (Tab. 1; Abb. 3, Labornummern >2000) durchgeführt.

Das Holstein-Typusprofil Bossel enthält zwei organischen Schichten, zwischen die Sand und Schluff eingeschaltet sind. Sie waren in den Bohrkernen so dünn, dass einige Proben für die Datierung nahe der wenig geeigneten Randzonen entnommen werden mussten (Abb. 3). Dadurch wurde es aber möglich, die Effizienz der Methoden zur Auswahl zuverlässiger und unzuverlässiger Messdaten zu beurteilen. Die Mess- und Auswertungsergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Standardabweichung des Mittelwerts der einzelnen $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter ist mit 4 ka um 1 ka etwas größer als die von Geyh / Müller (2005) veröffentlichte, weil durch die Verschärfung der Auswahlkriterien zwei weitere Ergebnisse von der Endauswertung ausgeschlossen werden mussten.

KORREKTUR- UND AUSWAHLVERFAHREN

Ideale Modellbedingungen zur Anwendung der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Methode sind in der Natur selten erfüllt. Es gibt mehrere genetische, geochemische und physikalische Prozesse, die die radiometrische Altersbestimmung

Labor Nr.	Tiefe m	Asche %	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter ka	Max.-Alter ka	Auswahlverfahren
obere Schicht								
412	18,45	45,5	$1,57 \pm 0,19$	$1,1756 \pm 0,1513$	$1,0095 \pm 0,1482$	offenes System		5
2430	19,10	17,9	$0,98 \pm 0,02$	$0,9891 \pm 0,0177$	$1,0785 \pm 0,0105$	335^{+70}_{-40}	>425	
2432	19,20	6,7	$0,90 \pm 0,020$	$0,9698 \pm 0,0168$	$1,0580 \pm 0,0059$	310^{+45}_{-30}	>445	
2435	19,25	9,0	$1,11 \pm 0,03$	$1,0073 \pm 0,0265$	$1,0360 \pm 0,0076$	offenes System		3;4
2436	19,30	8,4	$1,11 \pm 0,03$	$0,9876 \pm 0,0268$	$1,0475 \pm 0,0023$	360^{+135}_{-60}	>410	
2181	20,45	7,1	$1,75 \pm 0,07$	$1,0414 \pm 0,0424$	$1,0797 \pm 0,0169$	offenes System		4
2182	20,47	6,9	$1,93 \pm 0,02$	$1,1464 \pm 0,0166$	$1,1255 \pm 0,0134$	offenes System		1;3;4;5
2183	20,49	6,6	$1,84 \pm 0,02$	$1,0755 \pm 0,0137$	$1,1272 \pm 0,0087$	offenes System		1;3;4;5
306	20,60	81,6	$0,61 \pm 0,09$	$1,0051 \pm 0,1233$	$1,1379 \pm 0,1022$	Maximalalter	>210	
untere Schicht								
2426	38,30	19,0	$78,40 \pm 0,17$	$0,9839 \pm 0,0020$	$1,1584 \pm 0,0019$	310 ± 4	>645	
2427	38,33	23,3	$33,96 \pm 0,46$	$0,9959 \pm 0,0113$	$1,1278 \pm 0,0019$	345^{+30}_{-25}	>510	
2428	38,36	22,4	$52,74 \pm 0,25$	$0,9842 \pm 0,0041$	$1,1671 \pm 0,0019$	310 ± 7	>610	
2434	38,38	23,6	$66,36 \pm 1,17$	$0,9801 \pm 0,0146$	$1,1698 \pm 0,0020$	300^{+25}_{-20}	>490	
329	38,40	11,1	$31,56 \pm 6,97$	$0,9107 \pm 0,0614$	$1,1027 \pm 0,0478$	Maximalalter	>270	
330	38,41	10,6	128 ± 256	$0,9593 \pm 0,0576$	$1,1654 \pm 0,0652$	Maximalalter	>245	
2153	38,42	21,6	$43,80 \pm 2,88$	$0,9789 \pm 0,0108$	$1,1737 \pm 0,0122$	285^{+25}_{-20}	>450	
2154	38,43	18,9	$1,36 \pm 0,02$	$1,0044 \pm 0,0147$	$1,1523 \pm 0,0037$	335^{+40}_{-30}	>490	
2155	38,44	13,0	$2,29 \pm 0,01$	$1,0088 \pm 0,0066$	$1,1411 \pm 0,0065$	360^{+25}_{-20}	>515	
331	38,44	6,4	$19,40 \pm 6,05$	$1,0203 \pm 0,0744$	$1,1503 \pm 0,0630$	Maximalalter	>270	
2177	38,45	22,4	$1,29 \pm 0,01$	$1,0399 \pm 0,0045$	$1,1324 \pm 0,0036$	offenes System		2;4;5
567	38,46	9,0	128 ± 256	$0,9593 \pm 0,0976$	$1,1654 \pm 0,0652$	Maximalalter	>245	
568	38,47	11,5	$1,06 \pm 0,07$	$1,2292 \pm 0,0964$	$1,3841 \pm 0,1408$	offenes System		1;2

Tab. 1 $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Einzelalter der Proben aus zwei Bohrkernen des Holstein-Typusprofils Bossel (ermittelter, zerfallskorrigierter Thorium-Index = $0,011 \pm 0,010$). Alle Standardabweichungen wurden als $\pm 2\sigma$ -Werte angegeben. – Tiefe: pollenanalytisch auf den Kern GE 00/1 bezogen. – Negativergebnisse des Auswahlverfahrens: 1-Rosholt-I; 2-Rosholt-II; 3-Osmond-I; 4-Osmond-II; 5-Isotopenentwicklung.

einzelner Proben erschweren oder gar unmöglich machen. Die Ursachen dafür werden zwar naturwissenschaftlich weitgehend verstanden, lassen sich aber nur für einen Prozess quantifizieren und durch eine entsprechende Alterskorrektur kompensieren. Ansonsten sind Auswahlverfahren anzuwenden, um hydrochemisch gestörte Isotopenverhältnisse, die zu offenen Systemen führen, zu identifizieren und von der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Altersberechnung auszuschließen.

Korrektur des detritischen ^{230}Th – die »Isochronen«-Methode

Staub gibt es überall, so auch beim Wachstum von Niedermoortorf. Er enthält u. a. mineralische Komponenten mit Thorium und meist auch Uran. Damit trifft eine der wichtigsten Annahmen der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Methode nicht mehr zu, dass während des Wachstums von Niedermoortorf nur Uran aus dem Grundwasser eingelagert wird. Aus dem angenommenen Einkomponentensystem wird ein Zwei-Komponentensystem, in dem neben radiogenem ^{230}Th aus dem Zerfall von ^{234}U »detritisches« ^{230}Th beteiligt ist. Die Aktivität des radiogenen ^{230}Th dient als Chronometer und muss exakt aus dem gesamten ^{230}Th errechnet werden. Das kann im Zweikomponentensystem unter der in der Praxis nahezu immer bestätigten Annahme geschehen, dass das detritische Thorium ein konstantes initiales $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ -Verhältnis gehabt hat. Diese

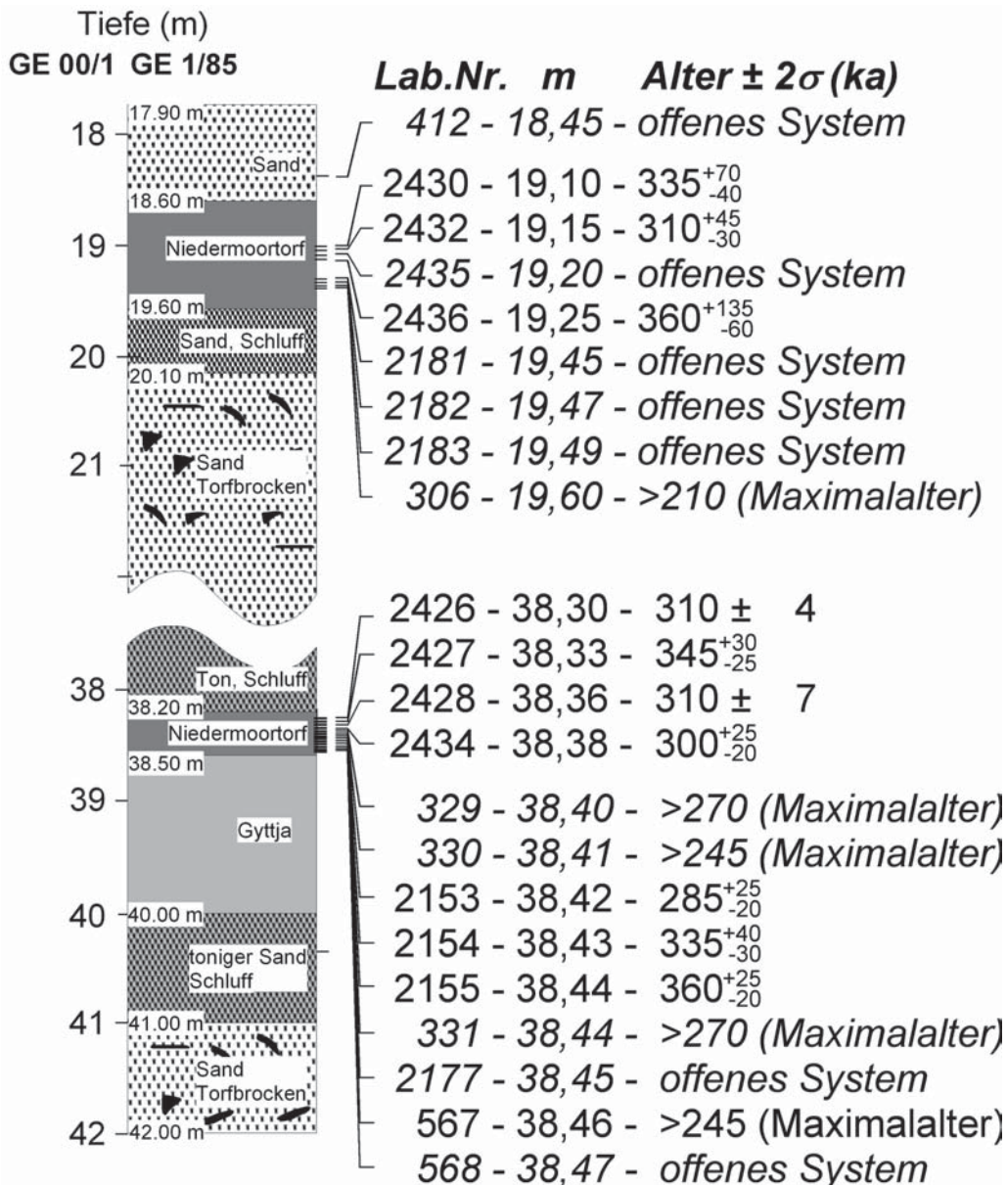


Abb. 3 Probeentnahmestellen und $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter der beiden Bossel-Kerne. Die Tiefen sind pollenanalytisch auf den Kern GE 00/1 bezogen. Nur die Proben, die weit genug entfernt von den Rändern der humosen Schichten entnommen worden waren, lieferten zuverlässige $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter (mit revidierten Daten von Geyh / Müller 2005).

Annahme bedeutet, dass es nur eine Staubquelle mit einer bestimmaren Thorium-Isotopenzusammensetzung während des Moorbwachstums gegeben hat. Da ^{232}Th wegen seiner hohen Halbwertszeit als ein quasi stabiles Isotop anzusehen ist, wird seine Aktivität zum Maß für die detritische Kontamination.

Jedes duale Mischsystem lässt sich mit einer linearen Gleichung beschreiben. Beliebige Parameter der beteiligten Komponenten liefern als graphische Lösung eine Mischgerade. Darauf aufbauend hat Rosholt (1976) für die Auswertung der U/Th-Messwerte unreiner Proben zwei Diagramme vorgeschlagen. Wenn unterschiedlich detritisch belastetes Material gleichen Alters untersucht wird, ergibt sich im Rosholt-I Diagramm mit den $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ - und $^{234}\text{U}/^{232}\text{Th}$ Aktivitätsverhältnissen eine Gerade, im Rosholt-II Diagramm mit den

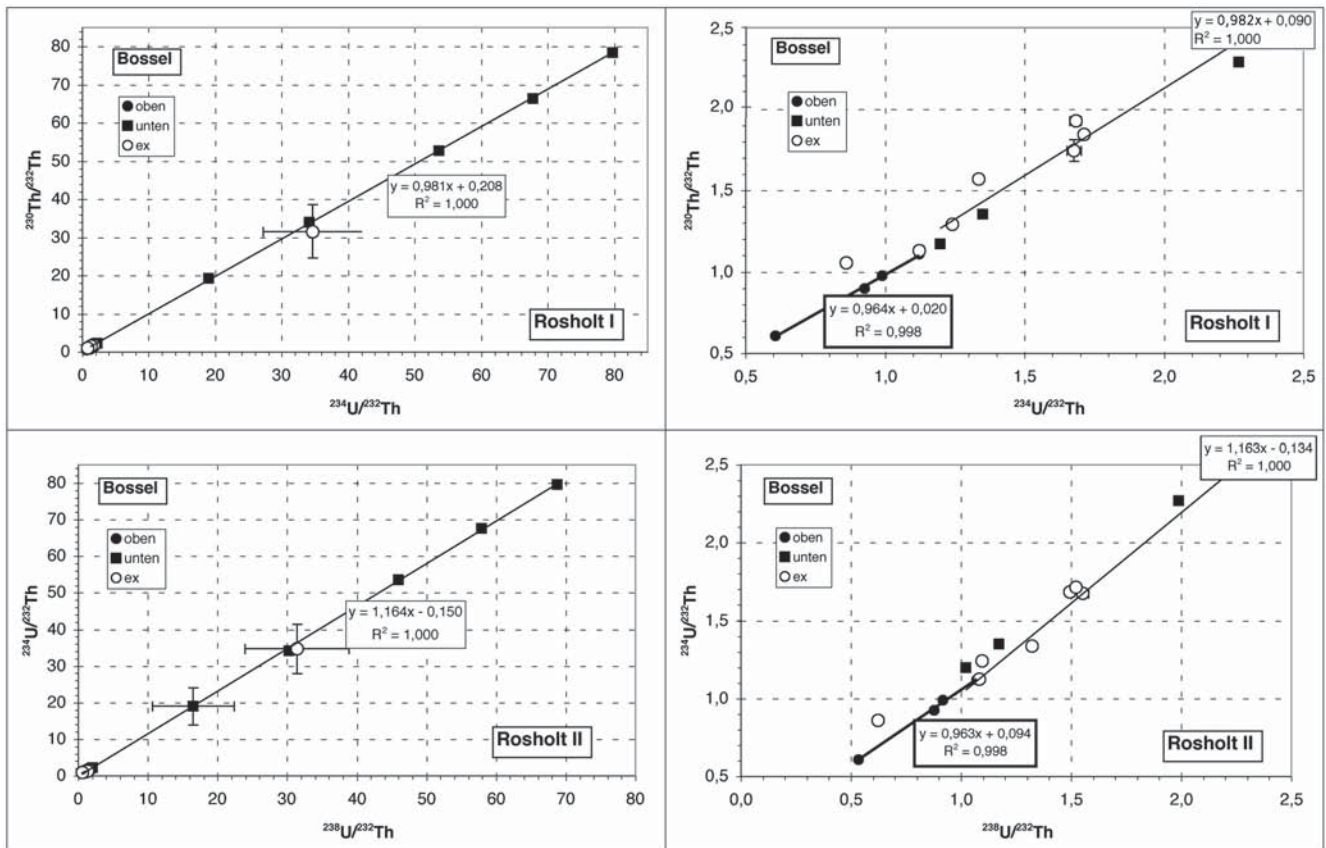


Abb. 4 Rosholt-I und II Diagramme (Rosholt 1976): Die dick umrandeten Regressionsgleichungen beziehen sich auf die oberen Proben, die dünn umrandeten auf die unteren. – Links: kleine Auflösung. – Rechts: große Auflösung. Die meisten Standardabweichungen (2s) sind so klein, dass die Symbole die Fehlerbalken verdecken. – Oben: Rosholt-I Diagramme: Erst bei großer Auflösung werden abseits der »Isochrone« liegenden Datenpunkte sichtbar. – Unten: Rosholt-II Diagramme: Auch hier sind erst bei hoher Auflösung abseits der Gerade liegende Punkte erkennbar.

$^{234}\text{U}/^{232}\text{Th}$ - und $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ Aktivitätsverhältnissen eine andere (Abb. 4). Die Gerade des Rosholt-I Diagramms wird – methodisch nicht ganz korrekt – »Isochrone« genannt, weil ihre Steigung dem $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Aktivitätsverhältnis, dem Chronometer, entspricht. Das aktuelle $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ -AV liefert der Schnittpunkt der Gerade mit der Y-Achse. Es wird zur Berechnung der Aktivität des radiogenen ^{230}Th aus der gesamten ^{230}Th -Aktivität benötigt.

Wie Abbildung 4 (links) für alle Messwerte des Bossel-Profiles zeigt, fallen bei kleiner Auflösung scheinbar alle Punkte auf die »Isochrone«. Erst bei großer Auflösung (Abb. 4, rechts) werden wenige abseits liegende Messwerte (Ex-Werte) sichtbar, die die an die $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Methode gebundene Bedingung einer dualen Mischung nicht erfüllen und deshalb von der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Altersberechnung auszuschließen waren.

Es gibt zwei Gründe, warum nicht mehr Ex-Werte mit den Rosholt-Diagrammen erkannt worden sind: Die Uran- und Th-Gehalte als auch deren Isotopenzusammensetzungen sind nicht miteinander korreliert. Geringe Störungen dieser geochemischen Systeme wirken sich kaum gegenseitig aus. Die durch denselben Nenner der beiden Isotopenverhältnisse der Rosholt-Diagramme bedingte Null-Korrelation kann deshalb den Korrelationskoeffizient bis nahe Eins anheben (Geyh / Müller 2005; Geyh 2008). Letzterer ist daher kein Kriterium für die Zuverlässigkeit von $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Altern, wie in vielen Publikationen behauptet wird.

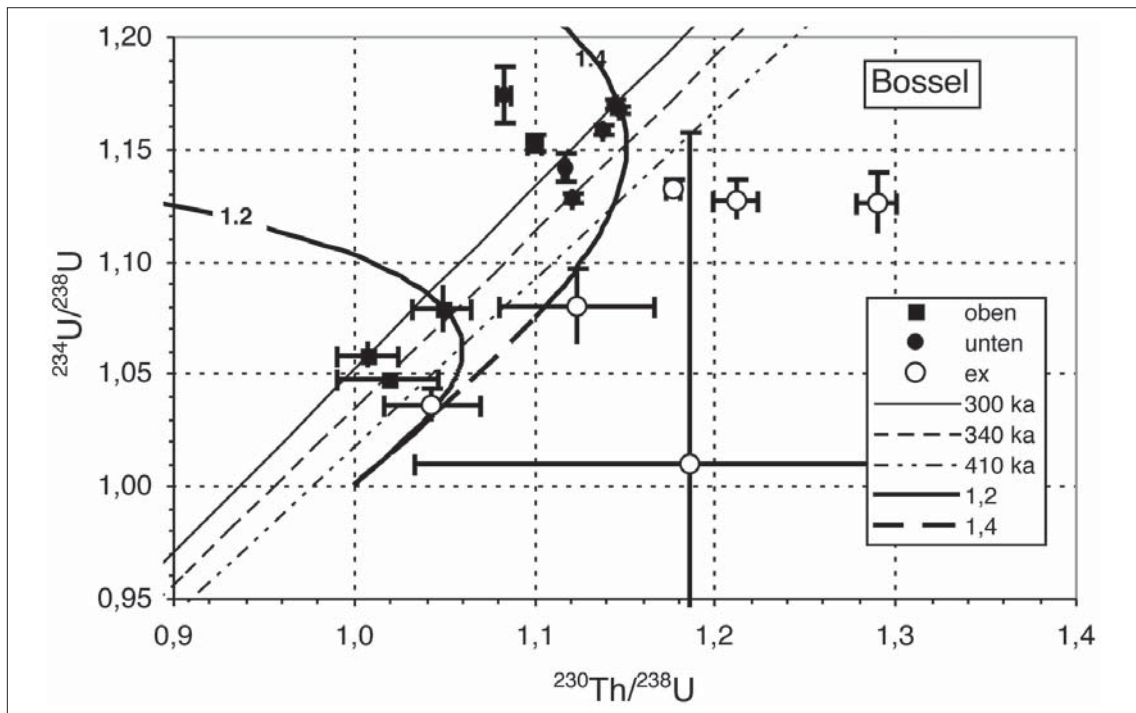


Abb. 5 $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Entwicklungsdiagramm der Aktivitätsverhältnisse vom Bossel-Profil: Sieben U/Th-Isotopenverhältnisse erweisen sich als Exwerte, da sie rechts von der nicht gezeigten, aber mit der 410ka-Isochrone quasi zusammenfallenden Isochrone für unendlich große Alter liegen. Diese Werte waren von der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Altersbestimmung auszuschließen. Die initialen $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -Aktivitätsverhältnisse in Torfen unterscheiden sich häufig drastisch, ohne die Ursachen genau zu kennen. Bei den Holstein-Proben waren zwei Werte von 1,2 und 1,4 maßgeblich.

Urangewinn/Uranverlust – offene Systeme, Drei-Komponenten-Systeme

Es gibt mehrere Prozesse, die physikalisch und geochemisch verstanden werden, aber für die es keine Parameter gibt, um fehlerhafte $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter korrigieren zu können. Als Lösung bietet sich an, die entsprechenden Messwerte sicher zu identifizieren und von der Endauswertung auszuschließen.

Der wichtigste dieser störenden Prozesse ist postsedimentärer Gewinn oder Verlust von Uran in den gelagerten und zu datierenden Ablagerungen, also die Entstehung offener Systeme. In diesem Falle sind zwei Szenarien zu unterscheiden:

1. Grundwasser, das die geohydraulisch niemals völlig dichten hangenden und liegenden Schichten viele Jahrhunderttausende lang durchflossen hat, löste Uran, sofern es Sauerstoff enthielt. Das $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Aktivitätsverhältnis hat sich dadurch ebenso wie das $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter erhöht.
2. War das Grundwasser frei von Sauerstoff, wurde Uran an Humusstoffe gebunden. Das $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -AV nahm ab, woraus ein zu kleines $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter resultiert.

In beiden Fällen weichen die $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter beträchtlich von den tatsächlichen Altern ab. Von diesen Prozessen auch betroffen ist das $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -Aktivitätsverhältnis, weil das seltenere ^{234}U leichter wasserlöslich ist als ^{238}U , allerdings normalerweise nur in den oberen und unteren Randschichten. Störungen treten aber auch in Teilen der Kernzone auf, wenn z. B. sandige Einlagerungen vorhanden sind, in die Grundwasser tief eindringen kann, ohne vorher seinen gelösten Sauerstoff oder enthaltenes Uran zu verlieren.

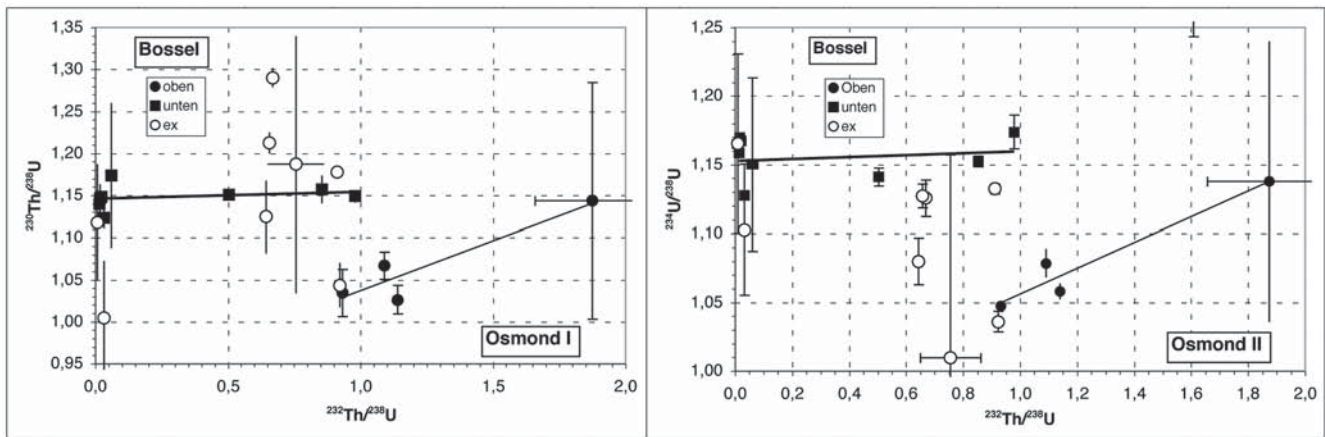


Abb. 6 Isotopen-Diagramme nach Osmond (1970): Es ergeben sich für die obere und untere humose Schicht unterschiedliche Gerade, die die geänderten ökologischen Bedingungen während ihrer Entstehung widerspiegeln.

Osmond-I Diagramm	bestens geeignet
Isotopenentwicklungsdiagramm	bestens geeignet
Osmond-II Diagramm	sehr gut geeignet
Rosholt-I Diagramm	geeignet
Rosholt-II Diagramm	weniger geeignet

Tab. 2 Eignung der verschiedenen Auswahlverfahren.

Die Rosholt-I und Rosholt-II Diagramme erweisen sich nicht nur im vorliegenden Fall als wenig effizient, um Aktivitätsverhältnisse gestörter Proben (offene Kreise in **Abb. 4**) zu identifizieren. Wesentlich effektiver ist das Isotopenentwicklungsdiagramm (**Abb. 1; 5**), in dem alle sieben Ex-Werte erkennbar sind.

Gleichermaßen effizient sind die beiden Osmond-I und Osmond-II Diagramme (**Abb. 6**; Osmond u. a.

1970). Bei ihnen werden die $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ - über den $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ -Aktivitätsverhältnissen bzw. die $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ - über den $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ -Aktivitätsverhältnissen aufgetragen. Vier der Aktivitätsverhältnisse liegen abseits der beiden Geraden, die für die oberen und unteren Schichten zu unterscheiden sind. Die größere Effizienz der Osmond-Diagramme ist im Vergleich zu den Rosholt-Diagrammen darauf zurückzuführen, dass jede geochemische Störung (z. B. Uranmobilisation) des angenommenen radioaktiven Gleichgewichts zwischen dem Mutterisotop ^{238}U und seinem Tochterisotop ^{234}U die entsprechenden U/Th-Aktivitätsverhältnisse so stark verändert, dass die Nullkorrelation den Korrelationskoeffizient nicht mehr auf Eins anzuheben vermag. Die Beobachtung, dass für die unteren und oberen organischen Ablagerungen des Bosselprofils je eine Gerade erhalten wird, spiegeln die unterschiedlichen ökologischen Bedingungen zu Beginn und in der Mitte des Holstein-Interglazials wider (Geyh / Müller 2005).

Ein anderes störendes Problem besteht, wenn sich das Uran- oder Thorium-Isotopenverhältnis im Grundwasser bzw. Staub während des Niedermoorwachstums geändert hat. In diesem Fall liegen Drei- oder Mehrkomponentensysteme vor, die in den Rosholt-Diagrammen an zwei oder mehr parallelen »Isochronen« gleicher Steigung zu erkennen sind, sofern ausreichend viele Probenpunkte vorliegen. Dieses Problem ist beim Bossel-Profil nicht relevant.

Der naheliegende Versuch, die $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter über der Tiefe aufzutragen und deren Zuverlässigkeit an einer Zunahme zu erkennen, scheitert an der zu geringen Genauigkeit von ± 10 bis $> \pm 25$ ka (2σ) der Einzelwerte (**Tab. 1**). Die bisher erreichte altersmäßige Auflösung reicht gerade zu einer sicheren Zuordnung zu einzelnen MIS-Stadien aus.

Die Effizienz der beschriebenen Auswahlverfahren zum Erkennen gestörter und ungestörter Isotopenverhältnisse wurde mit sehr vielen $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Daten interglazialer organischer Ablagerungen in Deutschland,

Tab. 3 Mittelwerte und Standardabweichungen ($\pm 2\sigma$) der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter vom Holstein-Typusprofil Bossel.

	Alter (ka)	Standardabweichung		χ^2	Probenzahl
		Einzelwert (ka)	Mittelwert (ka)		
Obere Schicht	325	± 25	± 13	0,7	3
Untere Schicht	311	± 12	± 12	10,6	7
Beide Schichten	312	± 12	± 4	11,6	10

Österreich, der Schweiz, von Weißrussland, Russland und Litauen ermittelt (Tab. 2). Dazu ist ergänzend zu bemerken, dass keines der Auswahlverfahren der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Altersbestimmung allein alle ungeeigneten Aktivitätsverhältnisse zu identifizieren vermochte. Um konsequent zu sein, wurden alle Datensätze ausgeschlossen, die von wenigstens einem Verfahren als für die Altersbestimmung ungeeignet erkannt worden sind, auch wenn das entsprechende $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter scheinbar zu allen anderen gepasst hat.

ERGEBNISSE DER RADIOMETRISCHEN ALTERSBESTIMMUNG DES HOLSTEIN-INTERGLAZIALS

15 der 22 datierten Proben erwiesen sich als geschlossene Systeme; fünf lieferten radiometrisch $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Maximalalter, die nicht verwertbar sind. Die Standardabweichung des Mittelwerts der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter (Abb. 3; Tab. 3) hat sich auf ± 4 ka gegenüber früher (Geyh / Müller 2005) leicht erhöht, da die verbesserten Auswahlverfahren (Geyh 2008) zwei weitere Messwerte ausgesondert haben.

Die Standardabweichungen der Mittelwerte sind nur mathematisch relevant und spiegeln kaum die erreichbare Präzision der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Altersbestimmung von Torfen wider. Sie dürfte eher der mittleren Standardabweichung der Einzelwerte entsprechen. Das bedeutet, dass beim derzeitigen Stand der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Methode zwar unterschiedliche Interglaziale altersmäßig sicher voneinander unterschieden werden können, aber eine höher aufgelöste Chronostratigraphie eines Interglazials nicht zu erreichen ist.

Nach unseren Ergebnissen sind die organischen Ablagerungen des Holstein-Typusprofils Bossel zuverlässig dem MIS 9 zuzuordnen. Zusätzlich gestützt wird dieses Ergebnis durch neue IR-RF-Daten. Deren Datierungsbereich ist nach Vergleich mit Ergebnissen anderer radiometrischen Datierungsmethoden größer als der der OSL-Methoden.

WEITERE INTERGLAZIALVORKOMMEN IN DEUTSCHLAND

Die Schwierigkeiten, denen Quartärgeologen, Pollenanalytiker und Paläobotaniker gegenüber stehen, wenn sie Interglazial- und Glazialablagerungen den marinen MIS-Stadien zuordnen wollen, spiegeln sich in den z. T. widersprüchlichen altersmäßigen Zuordnungen wider, die insbesondere bei unvollständigen »Interglazial«-Vorkommen am Fluss Dömnitz (Lkr. Prignitz), Wacken (Kr. Steinsburg), in Schöningen (Lkr. Helmstedt) und in Reinsdorf (Lkr. Helmstedt) deutlich werden. Aus dieser Sicht ist das Eingeständnis des Quartärgeologen Lothar Eißmann (Leipzig) wissenschaftlich nicht hoch genug zu werten, der trotz seiner umfassenden Erfahrungen nach Aufnahme von über 1000 km Quartär-Profilen in den mitteldeutschen Tagebauen bekennt (Eißmann 2002), nur die obere der beiden oberhalb der glazialen Elster-Ablagerungen immer

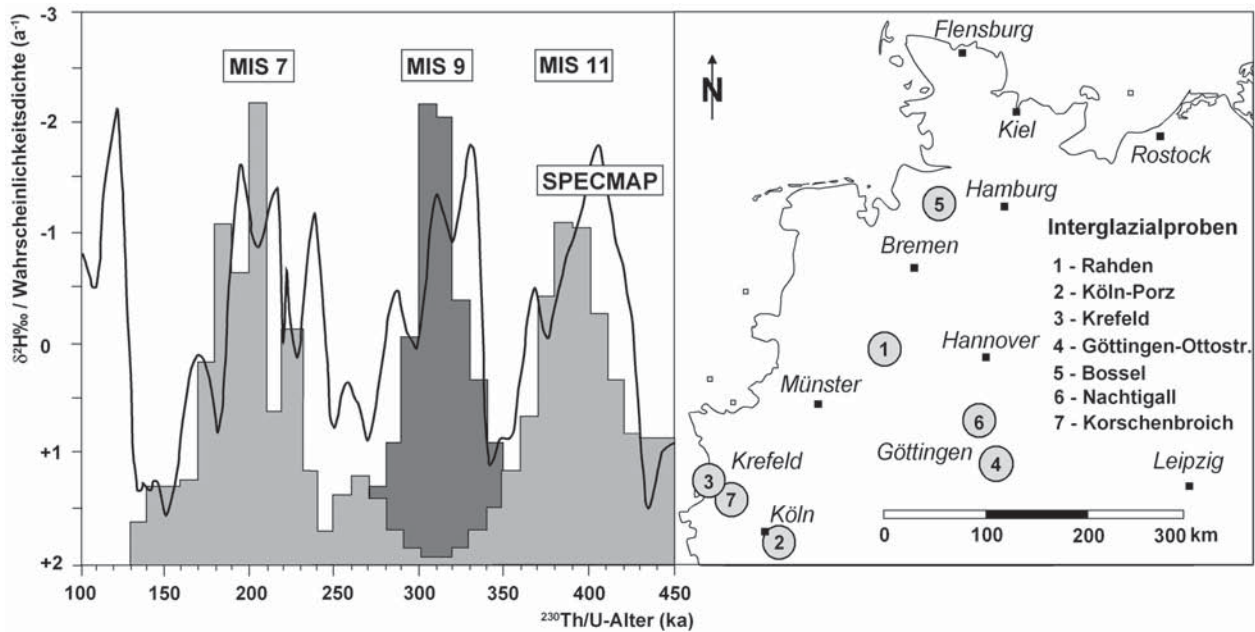


Abb. 7 Histogramm der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Daten vor-eezeitlicher interglazialer Ablagerungen in Deutschland. Die Zuverlässigkeit der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter spiegelt sich in der engen Anlehnung ihrer Häufungen an die MIS-Stadien ungerader Zahlen wider. Die kleinen Gipfel zwischen 290-250 und 160-130 ka gehören zu den wenigen $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter, die von den Auswahlverfahren nicht erfasst werden konnten. Die Kurve im linken Teil entspricht dem Verlauf der $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve der SPECMAP (Imbrie u. a. 1984).

wieder vorzufindenden organischen Interglazialschichten sicher dem Eem zuordnen zu können. Die unteren organischen Ablagerungen gehören seiner Ansicht nach entweder dem MIS 7 oder dem MIS 9 an.

Neue $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter um 320 ka von Proben des »Reinsdorf«-Interglazials (vgl. u.; Beitrag Sierralta / Frechen / Urban in diesem Band) entsprechen denen der Holstein-Proben aus Bossel. Analoge Ergebnisse sind für das »Schöningen«-Interglazial zu erwarten, wenn die beschriebenen Auswahlverfahren konsequent auf die auf dem Workshop vorgestellten Messwerte angewandt werden.

Die methodische Zuverlässigkeit der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter interglazialer Torfe wird mit Datierungen weiterer Interglazialvorkommen in Deutschland belegt, wobei es unwichtig ist, dass einige von ihnen pollenanalytisch nicht mit der marinen Isotopenchronologie zu korrelieren waren. Das Histogramm (**Abb. 7**) der 61 $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter vor-eezeitlicher Proben zeigt drei enge Häufungen bei den ungeraden MIS-Stadien, die Interglaziale repräsentieren. Die $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter gehören zu Proben aus Bossel (13 von 22 $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Daten), aus dem Tagebau Schöningen (9 von 13 früherer $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Daten), der Grube Nachtigall (Lkr. Holzminden; 10 von 14 $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Daten), der Ottostraße in Göttingen (16 von 19 Ergebnissen; Grüger 1994) und aus Kernbohrungen in Köln-Porz (3 von 3 $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Daten), Rahden (Lkr. Münden-Lübecke; 4 von 5 $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Daten), Krefeld (3 von 3 $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Daten) und Korschenbroich (Rhein-Kreis Neuss; 3 von 3 $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Daten). Die neuen $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter vom »Reinsdorf-Interglazial« (vgl. u.; Beitrag Sierralta / Frechen / Urban in diesem Band) und die vom Profil Tottenhill in Norfolk PE33/GB (Rowe u. a. 1997) passen bestens zu diesem Histogramm. Wären viele der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter dieser organischen Ablagerungen unzuverlässig, hätte es Häufungen von Ausreißern in Glazialperioden (gerade MIS-Stadien) geben müssen. Es fallen aber nur wenige $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter in die glazialen Zeitabschnitte 250-290 ka und 130-160 ka. Sie wurden von den Auswahlverfahren nicht erfasst, weil es für die Auswertung mit den Osmond- und Rosholt-Diagrammen zu wenig Daten (<3) gegeben hat. Es werden nämlich immer mehr als drei Aktivitätsverhältnis-Paare benötigt, um eine zuverlässige »Isochrone« festzulegen. Zwei Punkte werden von jeder Geraden getroffen.

NEUE IR-RF-DATEN ZUM ALTER DES HOLSTEIN-INTERGLAZIALS

Krbetschek / Eißmann (2008) geben eine zusammenfassende Darstellung einer auf geochronometrische Daten gestützten Einordnung des Saale-Komplexes, die sich auf langjährige Forschungen insbesondere im Typgebiet der Elster- und Saale-Eiszeit stützt. Aus Gründen des Aufschluss- und Bearbeitungsstandes werden darin vorerst Angaben zum Holstein-Interglazial, der Liegendgrenze dieses Abschnittes, auf einzelne Vorkommen beschränkt. Im letzten Jahrzehnt ist eine sichere Datierung mittelpleistozäner Sedimente mit der Entwicklung der Infrarot-Radiofluoreszenzdatierung (IR-RF) möglich geworden, die von Trautmann u. a. (1999) unter der Bezeichnung Radiolumineszenzdatierung (RL) erstmal vorgestellt wurde. Trotz internationaler wissenschaftlicher Anerkennung (z. B. Boetter-Jensen u. a. 2003) ist die Anwendung noch immer auf das Lumineszenz-Datierungslaboratorium Freiberg (Institut für Angewandte Physik der TU Freiberg) beschränkt, weil bisher Messgeräte kommerziell nicht angeboten werden. Vergleiche mit unabhängigen physikalischen Datierungsverfahren wurden bis etwa 300 ka erfolgreich durchgeführt (Degering / Krbetschek 2007). Physikalische Grundlagenuntersuchungen (z. B. Erfurt / Krbetschek 2003) lassen einen noch weitaus höheren Datierungsbereich bis zu 500 ka, im günstigen Fall bis 800 ka, erwarten.

Die mit dieser Methode ermittelten radiometrischen Alter von Proben, die mittelbare und unmittelbare Belege zur Einstufung des Holstein-Interglazials geben, beziehen sich auf die letzte Lichtexposition der Sedimentpartikel während des Transports und der Ablagerung:

1. Die Datierung des Holsteins von Munster-Breloh/Lüneburger Heide (Lkr. Heidekreis; Müller 1974; neue Bohrung und pollenanalytische Bearbeitung durch die Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Geologisches Institut) erbrachte ein Alter von 334 ± 21 ka: Degering / Krbetschek 2007).
2. Pollenanalytische Daten (T. Litt) und IR-RF Daten (M. Krbetschek) des 1996 temporär aufgeschlossenen Holstein-Vorkommens von Benndorf bei Leipzig (Lkr. Delitzsch) werden derzeit für eine Publikation vorbereitet. Ein erstes vorläufiges Alter von 354 ± 24 ka liegt vom liegenden, spätelsterzeitlichen »Krippehnaer Schotter« vor. Für die hangenden frühsaalezeitlichen schluffigen Sande wurden 293 ± 35 ka und 280 ± 20 ka erhalten. Eine Korrelation der Interglazialsedimente zu MIS 9 ist damit anzunehmen.
3. Frühsaalezeitliche Sedimente (Saale-Komplex) von Wallendorf und Klinge (Lkr. Forst) lieferten Ergebnisse bis in den Zeitbereich um 300 ka (Krbetschek u. a. 2008), die im geologischen Kontext ebenfalls eine Zuordnung des Holsteins zum MIS 9 nahe legen und eine Korrelation mit MIS 7 ausschließen.
4. Die IR-RF Datierungen am Profil Schöningen 13-II sind noch nicht abgeschlossen. Die vorläufigen Ergebnisse liefern ein sicheres maximales Alter des »Reinsdorf«- Interglazials entsprechend MIS 9. Ein jüngeres Alter ist nach den bisher vorliegenden Daten nicht sicher auszuschließen.

Eine tiefer gehende methodische Bewertung älterer TL-Daten von Schöningen (Karelin 1997) soll hier nicht vorgenommen werden. Sie sind prinzipiell nicht gänzlich zu verwerfen, da sie vorteilhaft an zwei unterschiedlichen Mineralfraktionen (Quarz und Kalifeldspat) durchgeführt worden sind. Auch diese Ergebnisse legen eine Einstufung des »Reinsdorf«-Interglazial in MIS 9 nahe.

DISKUSSION IM LICHT NEUER VERÖFFENTLICHUNGEN ZUM HOLSTEIN BZW. MIS 9/MIS 11

Die Publikationen über das Holstein/Hoxnian-Interglazial der letzten Jahrzehnte liefern vielfältige Belege, dass es mit pollenanalytischen, paläobotanischen, quartärgeologischen und lithostratigraphischen Metho-

den allein nicht gelingt, terrestrische Ablagerungen eindeutig und sicher einzelnen marinen Isotopenstadien (MIS) zuzuordnen. Nur in zwei Fällen wurden Interglazial-spezifische Eigenschaften gefunden, die aus verschiedenen Gründen allerdings nicht in allen Profilen nachweisbar sind. Erfolgreicher waren multidisziplinäre Studien, in die mehrere, als zuverlässig anwendbar erwiesene radiometrische Altersbestimmungsmethoden (Geyh 2005) einbezogen worden sind (Rowe u. a. 1997; 1999; Geyh / Müller 2005; Degeering / Krbetschek 2007; Krbetschek / Eißmann 2008; Krbetschek u. a. 2008, Sierralta / Frechen / Urban in diesem Band). Auch Warvenzählungen (Müller 1974; 1992; Müller / Höfle 1994; Meyer 1974) haben dazu beigetragen.

Geyh / Müller (2005) haben vier nachprüfbare Argumente für die Zuordnung des Holstein-Interglazials zum MIS 9 in die wissenschaftliche Diskussion eingebracht:

1. Das mittlere $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter der Proben vom Holstein-Typusprofil Bossel beträgt 312 ± 4 ka. Es ist mit dem $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter von 317 ± 14 ka (Rowe u. a. 1997) vergleichbar, das vom Profil Tottenham/Nar Valley/UK bestimmt worden ist. Ventris (1996) hatte diese Ablagerungen in das Hoxnian-Interglazial eingestuft, was allerdings inzwischen umstritten ist (C. Turner, pers. Mitt.). Der scheinbare Widerspruch unserer Einordnung zu den $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Daten des englischen Hoxnian-Typusprofils Marks Tey (Rowe u. a. 1999), die an der weniger geeigneten Karbonatfraktion limnischer Sedimente bestimmt worden waren, besteht nach der Berechnung der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Maximalalter von >245 ka aus den veröffentlichten Messwerten nicht mehr (Geyh / Müller 2005). Diese Proben waren mit 95% Wahrscheinlichkeit älter als 245 ka, schließen also eine Einstufung in MIS 9 nicht aus.
2. Eine unverwechselbare interglazialspezifische Eigenschaft des Holstein-Interglazials ist ein in seiner Mitte aufgetretener kurzer Klimarückschlag, in dem die Zahl der thermophilen Bäume stark abnahm und *Taxus* ganz verschwand (Geyh / Müller 2007). Ein vergleichbarer Klimaverlauf ist in den älteren Rhume- und Praclaux-Interglazialen nicht vorhanden. Der Einwand von Nitychoruk u. a. (2006), dass so kurze Klimaänderungen pollenanalytisch nicht erfassbar seien, gilt für Pollenzählungen an jahreszeitlich geschichteten Sedimenten nicht.
3. Ein eindeutiges Indiz zur Identifikation des Rhume-Interglazials sind die zwei Gelgenbach-Interstadiale, die etwa 10 ka nach ihm auftraten und mit den beiden Jagonas-Interstadialen nach dem Praclaux-Interglazial zu vergleichen sind. Es gibt keine Pendants in einem der nachfolgenden Interglaziale, insbesondere nicht nach dem Holstein- und dem Landos-Interglazial.
4. Das Holstein-Interglazial dauerte nach Diatomen-Warvenzählungen 15000-16000 Jahre (Müller 1974; Meyer 1974). Dazu kommt ein kurzes Spätglazial (Müller / Höfle 1994), das nach Linke (1993) etwa 2500 Jahre lang war. Das gesamte Rhume-Interglazial umfasst etwa 25000 Jahresschichten (Müller 1992; Bittmann / Müller 1996). Dazu kommt das etwa 8400 Jahre dauernde Spätglazial. Die deutlich unterschiedlichen Zeitspannen der beiden Interglaziale entsprechen denen von MIS 9 und MIS 11 der Altersskalen der Antarktischen Eiskerne von Vostok (Petit u. a. 1999) und vom Dom C (EPICA Community Members 2004).

Es ist nur schwer nachvollziehbar, warum diese klar formulierten und wissenschaftlich überprüfbaren Argumente einer Zuordnung des Holstein-Interglazials zum MIS 9 in späteren Arbeiten, in denen die Zuordnung des Hoxnian- oder Holstein-Interglazials zum MIS 11 verteidigt werden, nicht auf- oder angegriffen werden.

Lediglich Nityrochouk u. a. (2006) versuchen mit physikalischen Argumenten, eine Zuordnung des Holstein-Interglazials zum MIS 11 zu belegen, die aber einer seriösen Prüfung nicht standhalten. Die methodischen, selten quantifizierbaren Schwierigkeiten bei der Interpretation von $\delta^{18}\text{O}$ -Profilen limnischer Sedimente werden zwar angesprochen, aber nicht konsequent berücksichtigt. Die Korrelation des limnischen $\delta^{18}\text{O}$ -Profils vom See Ossówka in Ostpolen (bei Biała Podlaska in der Woiwodschaft Lublin; Nitychoruk 2000;

Nitychoruk u. a. 2005) mit einem marinen $\delta^{18}\text{O}$ -Profil ist daher weder visuell noch mathematisch nachvollziehbar. Auch die TL-Daten von 431,7 bis 430,9ka BP sind für diesen Korrelationsversuch ungeeignet (Krupiński 1995), da sie eine Genauigkeit vortäuschen, die um mindestens eine Größenordnung über der tatsächlich erreichbaren liegt. Abgesehen davon fallen diese TL-Alter in einen Bereich, der mit dieser älteren Datierungsmethode sicher nicht erreichbar war (Wintle 2008; Zöller 2010). Letztendlich wird das revidierte ESR-Alter eines Knochens aus Hoxnian-Schichten angeführt (Grün / Schwarz 2000), das ursprünglich eine Zuordnung zum MIS 9 belegen sollte (Grün u. a. 1988; Schwarcz / Grün 1993). Die aus denselben Messwerten berechneten revidierten ESR-Alter zwischen 100-400ka hängen entscheidend von der Wahl des Modells ab, das die Aufnahme von Uran im Knochen während Alterung beschreibt. Diese Wahl muss ohne gesicherte Annahmen getroffen werden. Entgegen der Darstellung in dieser Publikation werden die ESR-Alter nicht durch die parallel bestimmten $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter sicherer, weil Knochen als offene Systeme keine zuverlässige $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Altersbestimmung zulassen.

Abgesehen davon haben die zwei bisher durchgeführten internationalen Vergleichstests (Hennig u. a. 1985; Barabas u. a. 1993) keine überzeugenden Beweise für die Zuverlässigkeit von ESR-Daten an sich geliefert. Zuletzt behaupten Nitychoruk u. a. (2006) ohne Angabe wenigstens eines Grundes oder ein Zitat, dass $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Datierungen organischer Ablagerungen unzuverlässig seien.

Roe u. a. (2009) stellen paläobotanische Analogieschlüsse für ihre Zuordnung des Hoxnian-Interglazials zum MIS 11 vor. Dieses Ergebnis ist ähnlich problematisch wie die anderer methodisch analoger Arbeiten. Ein Beleg dafür mag die Zuordnung des »Schöningen-Interglazials« zu MIS 7 sein, die nach den vorläufigen, auf dem »Schöningen«-Workshop vorgestellten, aber noch nicht endgültig ausgewerteten $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Ergebnissen (Sierralta / Frechen / Urban in diesem Band) in Frage zu stellen ist.

Auch die neuen Aminosäure-stratigraphischen Ergebnisse von Roe u. a. (2009) lassen die Frage nach einer Zuordnung zu MIS 9 oder MIS 11 offen. Die Arbeit geht auf keines der vier oben genannten Argumente ein, verweist allerdings in einem Zitat auf unsere abweichende Auffassung. Roe u. a. distanzieren sich vehement von der Vorstellung (Geyh / Müller 2006), dass es zwei holstein-ähnliche Interglaziale (auch Scourse u. a. 1999, Scourse 2006) im Quartär auf den Britischen Inseln gegeben haben mag, nicht aber in den Region der südlichen Nordsee und der westlichen Ostsee. Sie drängen auf eine Fortsetzung umfassender multidisziplinärer Studien zu Holstein-ähnlichen Interglazialen über England hinaus.

Meijer / Cleveringa (2009), die eine umfassende Aminosäure-Stratigraphie der mittel- und spätpleistozänen Ablagerungen in den Niederlanden und des südlichen Nordseebeckens vorstellen, ordnen das Holstein-Interglazial dem MIS 9 zu, ohne auf die vier Argumente im Einzelnen einzugehen. Auch sie haben Belege, dass *Pterocarya*-Pollen keine Holstein-Anzeiger sind.

Ashton u. a. (2008) diskutieren neue Ergebnisse von Aminosäure-, Pollen und Käferuntersuchungen an interglazialen Sedimenten in Hoxne. Die Autoren ordnen danach die Nach-Hoxnian-Sequenz dem späten MIS 11 zu und vergleichen ihre Ergebnisse mit anderen palynologischen Sequenzen in Europa. Mit den vorliegenden radiometrischen Daten setzen sie sich nicht auseinander.

Toucanne u. a. (2009) bezeichnen ihre an bis 1,2Ma alten marinen Sedimenten vom Golf von Biscaya gewonnenen Ergebnisse als so gesichert, dass sie jede weitere Diskussion über die Gleichstellung des Holstein-Interglazials mit MIS 11 ausschließen. Ihre Argumentation stützt sich im wesentlichen auf eine Zuordnung der Elster-Eiszeit zu MIS 12, für das die höchste Sedimentationsrate während der letzten 1,2Ma gefunden wurde. Die Autoren bleiben allerdings den Beweis schuldig, dass die untersuchten Sedimente nur glazialen Ursprungs waren und begründen nicht, warum es gerade die Elster-Eiszeit und keine frühere die höchste Ablagerungsrate gehabt haben soll. Unsere $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Daten vom Bossel-Profil als auch die Ergebnisse anderer Autoren, die zu einer Zuordnung zum MIS 9 führen, bezeichnen Toucanne u. a. (2009) als spekulativ, ohne dafür nachvollziehbare und überprüfbare Argumente anzugeben.

ZUSAMMENFASSUNG

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es bisher keine wissenschaftlich ernst zu nehmende Auseinandersetzung mit den Argumenten von Geyh / Müller (2005) für eine Zuordnung des Holstein-Interglazials zu MIS 9 gibt. Keine der neueren wissenschaftlichen Publikationen hat diese chronologische Zuordnung widerlegt. Das von 308-316 ka reichende mittlere $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Alter (2σ) der Proben vom Holstein-Typusprofil Bossel ist nach Anwendung aller bekannten Korrektur- und Auswahlverfahren sehr belastbar, darf allerdings nicht mit der Dauer des Holstein-Interglazials verwechselt werden. Die Zuverlässigkeit der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Daten interglazialer organischer Ablagerungen wurde mit entsprechenden Ergebnisse voreem-zeitlicher Proben aus Deutschland und England mehrfach nachgewiesen.

Methodisch unabhängige Radiolumineszenz-Datierungen (IR-RF-Methode) an holsteinzeitlichen Sedimenten bzw. Proben aus Liegend- und Hangendschichten sprechen ebenfalls für eine Zuordnung des Holstein-Interglazials zu MIS 9. Für beide radiometrische Methoden wurden Auswerteverfahren angewendet, die verlässliche Korrekturen für Auswirkungen störender Primär- und Sekundäreffekte oder einen sicheren Ausschluss unzuverlässiger Messwerte von der Altersbestimmung erlauben („Isochronen«-Methode bei der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Datierung; single-aliquot-Technik bei der IR-RF-Datierung). Die Ergebnisse beider Methoden haben externe Vergleichstests ($^{230}\text{Th}/\text{U}$) bzw. Paralleluntersuchungen an stratigraphisch gleich alten Proben (IR-RF) erfolgreich bestanden. Damit sind die wesentlichen Voraussetzungen als erfüllt anzusehen, diese radiometrischen Daten und die damit verbundene Zuordnung der Holstein-Interglazials in Deutschland zu MIS 9 als zuverlässig anzusehen.

LITERATUR

- Ashton u. a. 2008: N. Ashton / S. G. Lewis / S. A. Parfitt / K. E. H. Penkman / G. R. Coope, New evidence for complex climate change in MIS 11 from Hoxne, Suffolk, UK. *Quaternary Science Reviews* 27 (7-8), 2008, 652-668.
- Barabas u. a. 1993: M. Barabas / R. Walther / A. Wieser / U. Radtke / R. Grün, Second interlaboratory-comparison project on ESR dating. *Applied Radiation and Isotopes* 44, 1993, 119-129.
- Bassinot u. a. 1994: F. C. Bassinot / L. D. Labeyrie / E. Vincent / X. Quidelleur / N. J. Shackleton / Y. Lancelot, The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal. *Earth Planetary Science Letters* 126, 1994, 91-108.
- Bittmann / Müller 1996: F. Bittmann / H. Müller, The Kärlich Interglacial site and its correlation with the Bilshausen sequence. In: C. Turner (Hrsg.), *The Early Middle Pleistocene in Europe. Proceedings INQUA Subcommission on European Quaternary Stratigraphy, Cromer-Symposium, Norwich 1990 (Rotterdam 1996)* 187-193.
- Boetter-Jensen u. a. 2003: L. Boetter-Jensen / S. W. S. McKeever / A. G. Wintle, *Optically Stimulated Luminescence Dosimetry* (Amsterdam 2003).
- Degering / Krbetschek 2007: D. Degering / M. R. Krbetschek, Dating of Interglacial Deposits by Luminescence Methods. In: F. Sirocko / M. Claussen / M. F. Sánchez-Goni / Th. Litt (eds), *The Climate of Past Interglacials. Developments in Quaternary Science* 7 (Amsterdam 2007) 157-172.
- Eißmann 2002: L. Eißmann, Quaternary geology of eastern Germany (Saxony, Saxon-Anhalt, south Brandenburg, Thüringia), type area of the Elsterian and Saalian Stages in Europe. *Quaternary Science Reviews* 21, 2002, 1275-1346.
- Emiliani 1955: C. Emiliani, Pleistocene temperatures. *Journal of Geology* 63, 1955, 538-573.
- EPICA community members 2004: EPICA Community Members, Eight glacial cycles from an Antarctic ice core. *Nature* 429, 2004, 623-628.
- Erfurt / Krbetschek 2003: G. Erfurt / M. R. Krbetschek, Studies on the physics of the infrared radioluminescence of potassic feldspar and on the methodology of its application to sediment dating. *Radiation Measurements* 37, 2003, 505-510.
- Geyh 2005: M. A. Geyh, *Handbuch der physikalischen und chemischen Altersbestimmung* (Darmstadt 2005).
- 2008: M. A. Geyh, $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating of interglacial and interstadial fen peat and lignite: Potential and limits. *Eiszeitalter und Gegenwart. Quaternary Science Journal* 57 (1-2), 2008, 78-98.
- Geyh / Müller 2005: M. A. Geyh / H. Müller, Numerical $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating and a palynological review of the Holsteinian/Hoxnian Interglacial. *Quaternary Science Reviews* 24, 2005, 1861-1872.
- Geyh / Müller 2005a: M. A. Geyh / H. Müller, Reply: Missing evidence for two Holstein-like Interglacials. Reply to the comments by J. D. Scourse: Numerical $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating and a palynological review of the Holsteinian/Hoxnian Interglacial. *Quaternary Science Reviews* 25, 2005, 3072-3073.
- Geyh / Müller 2007: M. A. Geyh / H. Müller (2007). Palynological and geochronological study of the Holsteinian/Hoxnian/ Landos Interglacial. In: F. Sirocko / M. Claussen / M. F. Sánchez-Goni / Th. Litt (Hrsg.), *The Climate of Past Interglacials. Developments in Quaternary Science* 7 (Amsterdam 2007) 387-396.

- Geyh / Techmer 1997: M. A. Geyh / A. Techmer, $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Datierungen der organogenen Sedimente der Bohrung Groß Todtsborn (Kr. Harburg, Niedersachsen). Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft 4, 1997, 103-110.
- Geyh u. a. 1997: M. A. Geyh / G. Hennig / D. Oezen, U/Th-Datierung interglazialer und interstadialer Niedermoor torfe und Lignite – Stand und Zukunft. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft 4, 1997, 187-200.
- Grüger u. a. 1994: E. Grüger / H. Jordan / D. Meischner / P. Schlie, Mittelpleistozäne Warmzeiten in Göttingen, Bohrungen Ottostraße und Akazienweg. Geologisches Jahrbuch A 134, 1994, 167-210.
- Grün / Schwarcz 2000: R. Grün / H. P. Schwarcz, Revised open system U-series/ESR age calculations for teeth from Stratum C at the Hoxnian Interglacial type locality, England. Quaternary Science Reviews 19, 2000, 1151-1154.
- Grün u. a. 1988: R. Grün / H. P. Schwarcz / J. Chadam, ESR dating of tooth enamel: coupled correction for U-uptake and U-series disequilibrium. Nuclear Tracks and Radiation Measurements 14/1-2, 1988, 237-241.
- Heijnis 1992: H. Heijnis, Uranium/thorium dating of Late Pleistocene peat deposits in N.W. Europe [unpubl. Diss. Univ. Groningen 1992] <http://dissertations.uib.rug.nl/faculties/science/1992/h.heijnis/> (13.09.2012).
- Heijnis / van der Plicht 1992: H. Heijnis / J. van der Plicht, Uranium/Thorium dating of Late Pleistocene deposits in NW Europe, uranium/thorium isotope systematics and open-system behaviour of peat layers. Chemical Geology (Isotope Geoscience Section) 94, 1992, 161-171.
- Heijnis u. a. 1993: H. Heijnis / J. Ruddock / P. Coxon, A uranium-thorium dated late Eemian or early midlandian organic deposit from near Kilfenora between Spa and Fenit, Co. Kerry, Ireland. Journal of Quaternary Science 8, 1993, 31-43.
- Hennig u. a. 1985: G. J. Hennig / M. A. Geyh / R. Grün, The first inter Laboratory ESR comparison project phase II: Evaluation of equivalent doses (ED) of calcites. Nuclear Tracks and Radiation Measurements 10, 1985, 945-952.
- Imbrie u. a. 1984: J. Imbrie / J. H. Hays / D. G. Martinson / A. McIntyre / A. C. Mix / J. J. Morley / N. G. Pisias / W. L. Prell / N. J. Shackleton, The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine $\delta^{18}\text{O}$ record. In: A. L. Berger / J. Imbrie / J. Hays / G. Kukla (Hrsg.), Milankovitch and climate: Understanding the response to astronomical forcing. Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Milankovitch and Climate, Palisades, New York, November 30 – December 4, 1982 (Dordrecht u. a. 1984) 269-305.
- Karelin 1997: P. Karelin, Untersuchungen zur Datierungsanwendung des 325°C -TL-Peaks in Quarzen aus dem nordischen Vereisungsgebiet Deutschlands [unpubl. Diss. Univ. Heidelberg 1997].
- Krbetschek / Eißmann 2008: M. R. Krbetschek / L. Eißmann, Geochronologische Daten aus der Typregion der Elster- und Saale-Inlandvergletscherungen. Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt (Wien) 62, 2008, 169-171.
- Krbetschek u. a. 2008: M. R. Krbetschek / D. Degering / W. Alexowsky, Infrarot-Radiofluoreszenz-Alter (IR-RF) unter-saalezeitlicher Sedimente Mittel- und Ostdeutschlands. Zeitschrift der deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften 159/1, 2008, 133-140.
- Krupiński 1995: K. M. Krupiński, Pollen stratigraphy and succession of vegetation during the Mazovian interglacial based on studies of sediments from Podlasie. Acta Geographica Lodziensia 70, 1995, 1-200.
- Linke 1993: G. Linke, Zur Geologie und Petrographie der Forschungsbohrung qho 1-5, der Bohrung Hamburg-Bilbrook und des Vorkommens von marinem Holstein im Gebiet Neuwerk-Scharhörn. Geologisches Jahrbuch A 138, 1993, 35-76.
- Litt u. a. 2005: T. Litt / D. Ellwanger / E. Villinger / S. Wansa, Das Quartär in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002. Newsletter of Stratigraphy 41/1-3, 2005, 385-399.
- Meijer / Cleveringa 2009: T. Meijer / P. Cleveringa, Aminostratigraphy of Middle and Late Pleistocene deposits in The Netherlands and the southern part of the North Sea Basin. Global and Planetary Change 68, 2009, 326-345.
- Meyer 1994: K.-J. Meyer, Pollenanalytische Untersuchungen und Jahresschichtzählungen an der holsteinzeitlichen Kieselgur von Hetendorf. Geologisches Jahrbuch A 21, 1994, 87-105.
- Müller 1992: H. Müller, Climatic changes during and at the end of the interglacials of the Cromerian Complex. In: G. J. Kukla / E. Went (eds), Start of a Glacial. Nato ASI Series, 13 (Berlin, Heidelberg 1992) 55-69.
- 1994: H. Müller, Pollenanalytische Untersuchungen und Jahresschichtzählungen an der holstein-zeitlichen Kieselgur von Munster-Breloh. Geologisches Jahrbuch A 21, 1994, 107-140.
- Müller / Höfle 1994: H. Müller / H.-C. Höfle, Das Holstein-Interglazialvorkommen bei Bossel westlich von Stade und Wanhöden nördlich Bremerhaven. Geologisches Jahrbuch A 134, 1994, 71-116.
- Nitychoruk 2000: J. Nitychoruk, Climate reconstruction from stable-isotope composition of the Mazovian Interglacial (Holsteinian) lake sediments in eastern Poland. Acta Geologica Polonia 50, 2000, 247-294.
- Nitychoruk u. a. 2005: J. Nitychoruk / K. Bińka / J. Hoefs / H. Ruppert / J. Schneider, Climate reconstruction for the Holsteinian Interglacial in eastern Poland and its comparison with isotope data from marine Isotope Stage 11. Quaternary Science Reviews 24, 2005, 631-644.
- 2006: J. Nitychoruk / K. Bińka / H. Ruppert / J. Schneider, Holsteinian Interglacial = Marine Isotope Stage 11? Quaternary Science Reviews 25 (21-22), 2006, 2678-2681.
- Osmond u. a. 1970: J. K. Osmond / J. P. May / W. F. Tanner, Age of the Cape Kennedy barrier and lagoon complex. $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating of interglacial and interstadial fen peat and lignite: Potential and limits. Journal of Geophysical Research 75, 1970, 469-479.
- Petit u. a. 1999: J. R. Petit / J. Jouzel / D. Raynaud / N. I. Barkov / J. M. Barnola / I. Basile / M. Bender / J. Chappellaz / J. Davis / G. Delaygue / M. Delmotte / V. M. Kotlyakov / M. Legrand / V. Lipenkov / C. Lorius / L. Pépin / C. Ritz / E. Saltzman / M. Stievenard, Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok Ice Core, Antarctica. Nature 399, 1999, 429-436.
- Reille u. a. 2000: M. Reille / J.-L. de Beaulieu / H. Svobodova / V. Andrieu-Ponel / C. Goeury, Pollen analytical biostratigraphy of the last five climatic cycles from a long continental sequence from the Velay region (Massif Central, France). Journal of Quaternary Science 15/7, 2000, 665-685.
- Roe u. a. 2009: H. M. Roe / G. R. Coope / R. J. N. Devoy / C. J. O. Harrison / K. E. H. Penkman / R. C. Preece / D. C. Schreve, Differentiation of MIS 9 and MIS 11 in the continental record: vegetational, faunal, aminostratigraphic and sea-level evidence from coastal sites in Essex, UK. Quaternary Science Reviews 28, 2009, 2342-2373.

- Rosholt 1976: J. N. Rosholt, $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating of travertine and caliche rinds. The Geological Society of America, Abstracts and Program 8, 1976, 1076.
- Rowe u. a. 1997: P. J. Rowe / D. A. Richards / T. C. Atkinson / S. H. Bottrell / R. A. Cliff, Geochemistry and radiometric dating of a Middle Pleistocene peat. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61, 1997, 4201-4211.
- 1999: P. J. Rowe / T. C. Atkinson / C. Turner, U-series dating of Hoxnian interglacial deposits at Marks Tey, Essex, England. *Journal of Quaternary Sciences* 14/7, 1999, 693-702.
- Schwarz / Grün 1993: H. P. Schwarz / R. Grün, ESR dating of the lower industry. In: R. Singer / B. G. Gladfelder / J. J. Wymer (Hrsg.), *The Lower Paleolithic Site at Hoxne, England (Chicago 1993)* 203-205.
- Scourse 2006: J. D. Scourse, Comment on: Numerical $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating and a palynological review of the Holsteinian/Hoxnian Interglacial by Geyh and Müller. *Quaternary Science Reviews* 25 (21-22), 2006, 3070-3071.
- Scourse u. a. 1999: J. D. Scourse / W. E. N. Austin / H. P. Sejrup / M. H. Ansari, Foraminiferal isoleucine epimerization determinations from the Nar Valley Clay, Norfolk, UK; implications for Quaternary correlations in the southern North Sea Basin. *Geological Magazine* 136, 1999, 543-560.
- Shackleton 1969: N. J. Shackleton, The last interglacial in the marine and terrestrial records. *Proceedings of the Royal Society of London B* 174, 1969, 135-154.
- Shackleton / Opdyke 1973: N. J. Shackleton / N. D. Opdyke, Oxygen isotope and palaeomagnetic stratigraphy of Equatorial Pacific core V28-238: Oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 10^5 year and 10^6 year scale. *Quaternary Research* 3/1, 1973, 39-55.
- Toucanne u. a. 2009: S. Toucanne / S. Zaragosi / J. F. Bourillet / P. L. Gibbard / F. Eynaud / J. Giraudeau / J. L. Turon / M. Cremer / E. Cortija / P. Martinez / L. Rossignol, A 1.2 Ma record of glaciation and fluvial discharge from the West European Atlantic margin. *Quaternary Science Reviews* 28, 2009, 2974-2981.
- Trautmann u. a. 1999: T. Trautmann / M. R. Krbetschek / A. Dietrich / W. Stolz, Feldspar radioluminescence: A new dating tool and its physical background. *Journal of Luminescence* 85, 1999, 45-58.
- Urey 1950: H. C. Urey, The high temperature stage in the evolution of the terrestrial planets. *Science* 112 (2912), 1950, 451-452.
- van der Pflicht / Heijnis 1989: J. van der Pflicht / H. Heijnis, Dating by uranium/thorium disequilibrium. *Proceedings of the 5th Working Meeting »Isotopes in Nature«, Leipzig, September 1989 (Leipzig 1989)* 181-192.
- van der Wijk u. a. 1986: A. van der Wijk / F. El-Daoushy / A. R. Arends / W. G. Mook, Dating peat with U/Th disequilibrium: Some geochemical considerations. *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)* 59, 1986, 283-292.
- Ventris 1996: P. Ventris, Hoxnian interglacial freshwater and marine deposits in northwest Norfolk, England and their implications for sea-level reconstruction. *Quaternary Science Reviews* 15, 1996, 437-450.
- Wintle 2008: A. Wintle, Luminescence dating: where it has been and where it is going. *Boreas* 37, 2008, 471-482. DOI 10.1111/j.1502-3885.2008.00059.x.
- Zöller 2010: L. Zöller, New approaches to European loess: a stratigraphic and methodical review of the past decade. *Central European Journal of Geosciences* 2/1, 2010, 19-31.

ZUSAMMENFASSUNG / ABSTRACT

Zum radiometrischen Alter des Holstein-Interglazials

Die Diskussion über die Einstufung des Holstein-Interglazials in eines der Stadien der marinen Isotopenchronologie (MIS) engte sich in den letzten Jahrzehnten immer mehr auf MIS 11 ein, gestützt vor allem auf pollenanalytische, sedimentologische und quartärgeologische Analogieschlüsse. Die Schwächen dieser Methodik sind bekannt und können nur durch eine stärkere Einbindung radiometrischer Datierungsmethoden überwunden werden, so wie es in England schon mit unterschiedlichem Erfolg praktiziert wird. Die Anwendung der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Methode auf torfige Proben des Holstein-Typusprofils Bossel lieferte mit 312 ± 4 ka ein mittleres radiometrisches Alter, das für eine Zuordnung zu MIS 9 spricht. Das Ergebnis ist methodisch gesehen sehr belastbar, weil es auf nachvollziehbaren Prüf- und Auswahlverfahren der Messergebnisse beruht. Es wird zusätzlich durch $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Daten anderer interglazialer Ablagerungen als auch neue Radiolumineszenz-Daten vor- und nach-holsteinzeitlicher Sedimente aus Deutschland bestätigt.

Radiometric Ages of the Holsteinian Interglacial Stage

Over the last several decades, pollen analyses, and sedimentological and Quaternary geology studies have increasingly pointed to assignment of the Holsteinian Interglacial to MIS 11 (Stage 11 of the marine isotope chronology). The well known weaknesses of these methods can be overcome only by radiometric dating methods, as have been used in the UK with differing degrees of success. A mean age of 312 ± 4 ka has been obtained with the $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating method on peaty material from the Holsteinian Type Section at Bossel in northern Lower Saxony, Germany. This result places the Holsteinian Interglacial Stage in MIS 9. This result can be viewed as reliable as it is based on a comprehensive procedure for testing the validity of the raw data and selection of the useful values. This assignment is confirmed by $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating of other palynologically coeval interglacial deposits as well as by new radioluminescence ages for pre- and post-Holsteinian sediments in Germany.

ONE FIRST CHRONOMETRIC DATE FOR THE LOWER PALAEOLITHIC OCCUPATION AT SCHÖNINGEN 13 I

Since 1983 long-term archaeological excavations have been conducted in the area of the Schöningen brown-coal mine, which covers an area of about 6 km². During the course of the ongoing mining operation, an area of more than 400 000 m² has been excavated, with most sites dating from the Neolithic to the Iron Age (Thieme / Maier 1995, 107-187). Since 1992, several Lower Palaeolithic sites have been discovered in Middle Pleistocene interglacial sediments and partially excavated (Thieme et al. 1993; Thieme / Maier 1995, 57ff.; Thieme 2007a). The sediment layers of the Pleistocene exposures (up to 30 m thick) were permanently monitored, analysed (Mania 1995; 2007; Urban 1995; 2007) and archaeologically excavated. The oldest site Schöningen 13 I comprise flint artefacts and remains of fossil fauna, attributed to the earliest part of the Holsteinian complex. Based on palynological studies by Urban (1995) the Schöningen 12 site (at a stratigraphical higher position) contains sediments of the succeeding interglacial which was termed *Reinsdorf Interglacial*. Flint artefacts, a *Palaeoloxodon antiquus*-fauna and four wooden tools (interpreted as cleft hafts) were recovered. The layer Schöningen 13 II-4 is attributed to the same interglacial and interpreted as a horse hunting camp. In addition to the skeletal remains of at least 20 horses it yielded flint artefacts and eight wooden javelins. These implements are, up to now, the oldest-known completely preserved hunting weapons of humankind (Thieme 1997; 1999). The controversially (e. g. Jöris / Baales 2003) discussed age model for the Schöningen sequence is primarily based on geological observations (Mania 2007) as well as biostratigraphic results, which provide a relative age framework only and therefore need to be supported or refuted by reliable chronometric age determinations.

LOCATION AND STRATIGRAPHY OF SCHÖNINGEN

Schöningen is located about 100 km southeast of Hannover in the northern foreland of the Harz Mountains and at the south-eastern edge of the Triassic limestone ridge called the Elm. This area belongs to the northern region of the 70 km long sub-herzyc basin between Helmstedt and Staßfurt.

The oldest Pleistocene deposits in the mine are the sediments of the Elster Glaciations (**fig. 1**). Of great importance is a series of stratigraphically overlying sedimentological units and features, which were documented within the Schöningen sequence. They are interpreted as a series of six major erosional channels in the southern part of the open-cast mine (Thieme / Mania 1993; Mania 2007). These channels and their associated sediments were correlated in a model with a sequence of succeeding interglacial/glacial cycles. They were named Schöningen I-VI and, according to the age model represent the time from the Holsteinian to the Holocene. However, there is little chronometric data available and the correlations within the age model are debated. The channels (cycles) I-III contain limnic sediments in between deposits of the

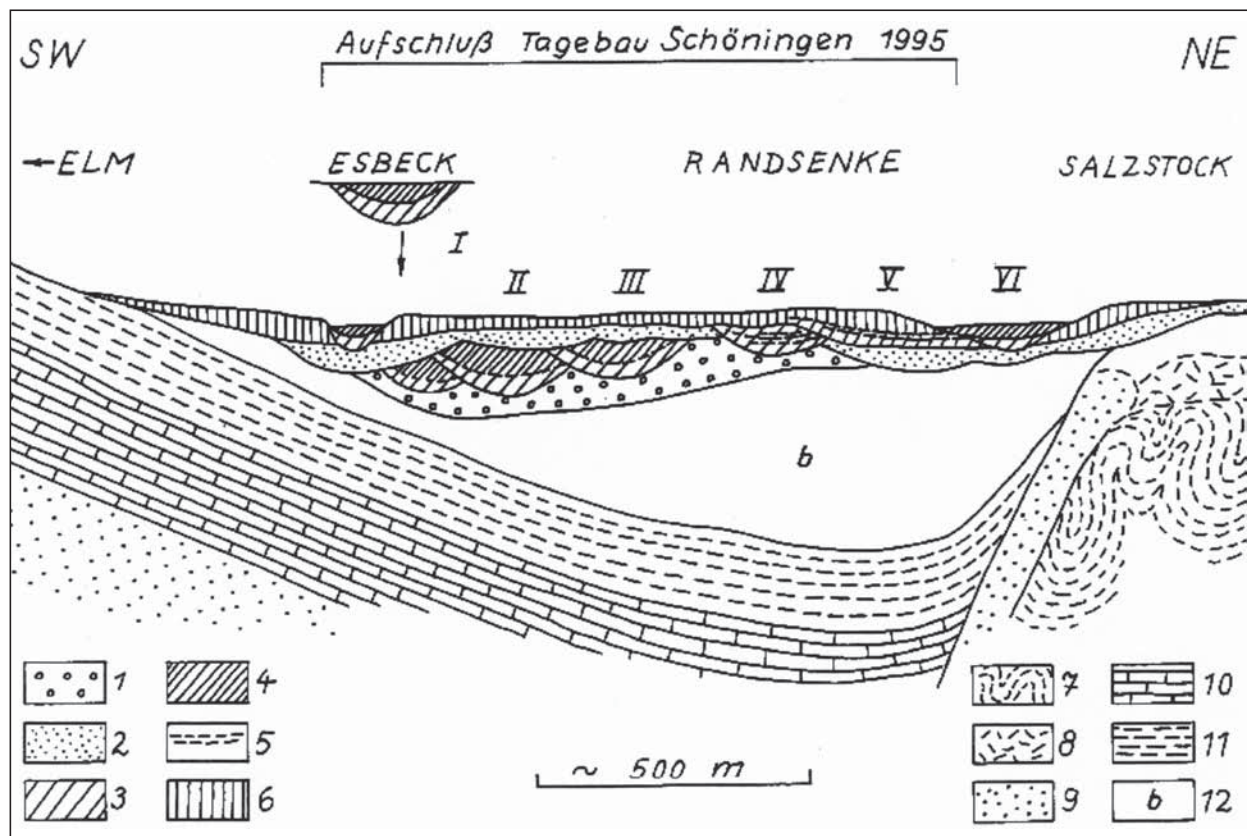


Fig. 1 Schematic section of the cyclic Quaternary sediment sequence in the depression along the Staßfurt-Helmstedter Salt Dome as exposed in the lignite mine of Schöningen. The scale of about 2 km between Cycle VI and the salt dome is compressed in this figure. The oldest interglacial sediments (Schöningen I) in the southern part of the pit probably belongs to the Holsteinian Interglacial. The sediments of the second channel (Schöningen II) are attributed to the »Reinsdorf Interglacial«. The Schöningen III channel is also older than the Saale glacial *sensu stricto* (Drenthe) and the cycle of Schöningen IV, younger than the Drenthe, contains an extensive double soil complex. The infill of channels Schöningen V and VI are correlated to the Eemian interglacial and the Holocene, respectively. – **1** Elsterian glacial deposits. – **2** Saalian glacial deposits. – **3** Lacustrine deposits. – **4** Limnic telmatic sequences. – **5** Soil complexes. – **6** Loess deposits. – **7** Evaporates (Zechstein). – **8** Gypsum cap rock. – **9** Buntsandstein. – **10** Triassic limestone (Muschelkalk). – **11** Triassic deposits (Keuper); **12** Tertiary deposits. – (After Mania 1995, fig. 24).

Elster and Saale glacials *sensu strictu* and cycle V, which is unequivocally attributed to the Eemian (MIS 5e) (fig. 1).

The oldest interglacial sediments (Schöningen I) probably belong to the Holsteinian Interglacial (fig. 1), but a palynological correlation of cycle I at Schöningen to profiles within the same mine which have yielded Holsteinian pollen assemblages is not securely established (Mania 2007). The Schöningen II channel is filled with sediments of the »Reinsdorf Interglacial« (Thieme et al. 1993) and the ensuing Fuhne cold stage. The »Reinsdorf Interglacial« is a biostratigraphically termed unit which is located between the Elster and Saale *sensu stricto*. While previously its vegetation history could not be correlated neither with the preceding Holsteinian nor the succeeding Schöningen III Interglacial (Urban 1995), the »Reinsdorf Interglacial« is now considered as a local variant of the Holsteinian (Urban / Sierralta, this volume; Bittmann, this volume). The Schöningen III Interglacial is believed to correlate with the Dömnitz Interglacial. The Schöningen IV channel is younger than the Saale glacial *sensu stricto* (Drenthe) and contains a double soil complex. The infill of the channels V and VI are correlated to the (last) Eemian Interglacial and the Holocene, respectively.

The age estimates for the Lower Palaeolithic sites of Schöningen are based on the reconstructed geological sequence, which is correlated by Mania (1998; 2006) to the generalized climatostratigraphy of Central Europe. This concept supposes a more or less uninterrupted complete sedimentological sequence with key sediments as clearly identified chronostratigraphic markers. Palynological data for the sediments directly above the Elsterian deposits in the »Südfeld« of the mine with its archaeological sites is not available yet and the attribution to the Holsteinian is tentative (Mania 2007). Age estimates for the Schöningen sequence are so far dependent on such attributions of deposits to pollen stages and their subsequent correlation to systems which can provide age estimates. The general correlation of the Holsteinian with MIS 11 (e.g. Ashton et al. 2008; Scource 2006) is questioned (Geyh / Müller 2005), because there is strong chronometric support to correlate the Holsteinian with MIS 9 (Geyh / Müller 2007; Geyh / Krbetschek this volume). Such a discrepancy in the dating of terrestrial records and their attribution to MISs causes severe problems, especially when correlations to MISs are used to establish the age of sedimentary sequences. A recent stacking of oxygen isotope data was provided by Lisiecki / Raymo (2005), which can be assumed as a representative model of approximate age estimate for marine isotope stages (MIS), giving ~116-130 ka for MIS 5e, ~191-243 ka for MIS 7, ~300-337 ka for MIS 9 and ~374-424 for MIS 11. However, differences between the marine and the terrestrial record are known, e.g. the base of the Eemian interglacial appears to be about 6 ka younger than the base of MIS 5 (Shackelton et al. 2003). Therefore such marine frameworks can serve as references only. The reconstructed sequence of Schöningen is based on the interpretation of the sediments and channel fills to represent almost complete climatic cycles which allow generalized correlations of warm/cold indicating sediments, while other data might suggest a different scenario (e.g. Jöris / Baales 2003). However, in any age model it can not be assumed *a priori* that every inherent hiatus in sedimentation has been recognized and numerical age determinations are required for the verification of any model.



Fig. 2 Excavation of the Lower Palaeolithic site of Schöningen 13 I in July 1994 (x 408-409, y 29; c. 102 m NN). View of the exposed layer which contained some stone artefacts and faunal remains in between a thin layer of gravely sand with cobbles, just below a mud layer (on the whole several metres thick). – (Photo P. Pfarr).

THE SITE OF SCHÖNINGEN 13 I

The oldest evidence of human occupation at Schöningen, a lakeshore site, is located in sediments attributed to the earliest part of the Holsteinian complex (Channel Schöningen I; **fig. 1**). This Lower Palaeolithic site was discovered and partially excavated (120 m²) in 1994 (Thieme 1995; 2007b; **fig. 2**).

The archaeological material comprises flint artefacts, mostly small flakes and some notched flake tools. Some flints exhibit macroscopic signs of severe heating to high temperature. The few faunal remains are from steppe elephant (*Mammuthus trogontherii*), bovid, horse and red deer.

The small lithic assemblage does not allow a more specific attribution and is considered as Lower Palaeolithic from a technological and typological perspective. The stratigraphic position of the archaeological site of Schöningen 13 I at the beginning of the fifth climatic cycle (Mania 1998) indicates an age deep in the Mid-Pleistocene. The preliminary thermoluminescence age determination of a single burnt flint from this site yielded >400 ka BP (Richter 1998). This age was in general accordance with the proposed chronostratigraphic framework of the deposits consisting of the assumed quasi continuous cycle of channels representing the main Pleistocene climatic changes (Mania 1998). However, when considering the large 2σ -uncertainties the possible ages range from MIS 13 to MIS 9 (Richter 1998).

Thermoluminescence (TL) ages were obtained for the sediments from Schöningen 13 I with an experimental approach by Karelin (1997). TL measurements on quartz from the sediments of Schöningen 12 B2 (Reinsdorf Interglacial, cycle II-2) yielded an age of 247 ± 61 ka, while for layer Schöningen 12 C1 (Reinsdorf Interglacial) the same method obtained 359 ± 66 ka. Samples from Schöningen C2 yielded 288 ± 76 ka with TL on quartz and 255 ± 55 ka with Infrared Stimulated Luminescence (IRSL) on the feldspar extract (Karelin 1997). The sediments of the archaeological layer of Schöningen 13 I were dated with TL to 345 ± 52 ka on the quartz and 344 ± 81 ka on the feldspar component (Karelin 1997). Statistically all these results agree and bridge three interglacial periods. However, several of these dates were obtained with a novel technique, which are difficult to verify and therefore have to be considered with caution until this technique is validated. Moreover, the TL ages (Karelin 1997) were calculated using the lower present day water content (groundwater level is nowadays below due to mining activities albeit water saturation of the sediments must be assumed in Schöningen for the entire burial time due to the preservation of organic materials, like the javelins. As a result these luminescence ages can represent minimum estimates only.

While chronometric information is needed for the geological stratigraphy, it is desirable to obtain such dating for prehistoric events which can be related to human activities. The luminescence methods mentioned above allow the determination of the time of sediment deposition, which might have happened considerably later than the Palaeolithic occupation. However, due to the antiquity of the deposits time deviation is very likely negligible. This also applies to TL dating of heated flint from Schöningen 13 I. The analysis of the site is ongoing and no specific spatial patterns or evident structures were observed during the excavation. Therefore it cannot be shown that the thermal alterations of flints from the find layer were due to past human activities and the heating could have been caused by a natural fire. The flint artefacts were recovered in sediments (fig. 2) together with naturally fractured flint. It is even not always possible to unequivocally differentiate between a natural piece and an artefact. Not any unequivocal artefact with clear signs of heat alteration has been identified so far. However, the nature of the deposit (sandy/gravel) and its location at a shore are not consistent with environments being frequently exposed to fire and the occurrence of a natural fire has to be considered as unlikely. In any case, the time difference between a natural and an anthropogenic fire and/or occupation seems to be negligible for a site of such antiquity. Furthermore, the unworked flints do not show any signs of having been exposed to the surface for periods significantly longer than the artefacts; in fact both find categories have relatively sharp edges. One such heated flint was previously dated with thermoluminescence (Richter 1998). The initial TL age of this sample was considered as a minimum age because of the use of an extrapolation procedure and not taking into account the supralinearity correction (Richter 1998). Moreover, the analysis was based on a less well founded γ -dosimetry from Karelin (1997), which was obtained on sediment from a location at some distance from the origin of the heated flint sample. Furthermore, the sediment of the find layer at

that location contained less gravels compared to the reported origin of the flint samples. This measurement is therefore not representative for the γ -dose rate for this study. New *in situ* measurements with dosimeters and portable equipment, as well as laboratory γ -spectrometry are presented here. The TL age of Richter (1998) is replaced here with a revised TL-age where the palaeodose is determined with a more appropriate procedure (slide), the γ -dosimetry is based on new dosimetric measurements with α - $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ dosimeters and the water saturation capacity of the sediment is measured and considered in the age calculation.

PRINCIPLE OF THERMOLUMINESCENCE DATING

Thermoluminescence (TL) dating of heated flint artefacts is a well established method to date especially Middle Palaeolithic archaeological sites (e.g. Valladas 1988; Mercier 1991; Richter 2010). The age of the past human activity of lighting a fire can be directly determined.

TL dating is based on the accumulation of electrons in excited states in the crystal lattice caused by omnipresent ionizing radiation. The resulting metastable states are quantitatively measured by thermoluminescence analysis and provide the radiation dose the sample has received since the last zeroing (heating), e.g. by fire when all initial excited states were eliminated. Only such metastable stages are considered, which have a life time of at least an order of magnitude longer than the age to be determined. If the rates of all ionizing radiation sources (dose rate) at the sample position are known, an age can be calculated.

Dosimetric dating presumes constant dose rates over the entire burial time. In flint TL dating only the inner part of a sample is considered, comprising of the internal (α and β) and external (γ and cosmic) dose rates only (Richter 2007). The stability of the internal dose rates is not contested over the time range of interest because all part of a sample showing macroscopical traces of geochemical alterations, like patination, are discarded. The constancy of the external γ -dose rate from the surrounding sediment in the recent past can be verified, e.g. by HpGe γ -ray spectrometry. Ancient (repeated) occurrences of disequilibria between the members of the uranium decay chain cannot be excluded by such analysis. However, the lack of such is usually interpreted as indication that the decay chains have always been in secular equilibrium and the external γ -dose rate is thus assumed to have been stable over the entire burial period.

HpGe γ -ray spectrometry does allow the analysis of the small particles of the sediments only. But sediment layers in archaeological sites often contain larger pieces of rocks. HpGe γ -ray spectrometry on sediment samples in the laboratory may therefore not be representative for the actual radiation conditions at the sampling spot (Schwarcz 1994). Therefore the external γ -dose of such »lumpy« sites is preferentially measured with dosimeters buried at least 30 cm deep into the profiles (Richter 2007). Flint samples are removed from their context by excavation and the external γ -dose rate therefore can not be measured at exactly the sample's position any more. Therefore measurements in positions considered as representative of the samples' geometries have to be performed. In order to approach a good estimate of the external γ -dose, several positions next to the samples' locations are measured and the average result is used for the age calculation. As a result the individual TL ages may be too young or too old and a larger range of ages is obtained because of the use of a mean external γ -dose rate for all samples, which is not necessarily the correct one for each sample. In consequence individual TL age results do not necessarily represent the true age of their last heating or of an occupation. This also explains the common observation of a large variability of TL age results for a given layer, which is *a priori* assumed to represent a more or less single event of a time length which can not be resolved by any chronometric dating method.

tube	natural moisture (%)	water saturation (%)	correction factor for »dry« γ -dose-rate	correction factor for »present moisture« γ -dose-rate
13 I-2	11	14	0.85	0.97
13 I-3	14	18	0.82	0.95
13 I-4	12	17	0.81	0.96
average	12	16	0.83	0.96

Tab. 1 Moisture measurements in the laboratory and γ -dose-rate correction factors for water saturation.

However, the positions for dosimeters are chosen randomly and their individual geometries are unknown because they are inserted 30 cm deep into the sediment profiles. The latter applies to the independently and randomly chosen flint samples for dating as well. A precise and reliable TL age can be obtained only from a large number of samples and where the average external γ -dose rate was obtained with a large number of dosimeters. This implies that the heating took place within a reasonably short time interval and at the same time for all samples. The latter is generally assumed for Palaeolithic sites, which commonly represent palimpsests accumulated in time periods too short to be of significant relevance for the interpretation. It is therefore only the TL-dating of several samples from a Palaeolithic layer which can provide a good age estimate of the heating and thus the occupation of a site. Results on few or single samples – as in this case – can provide only a rough age estimate.

DOSIMETRY FOR SCHÖNINGEN 13/I

Based on HpGe γ -ray spectrometry, which are indicating the recent absence of disequilibria of the U- as well as the Th-decay chain, the long-term stability of the external γ -dose rate from the surrounding sediment of the flint samples from Schöningen 13 I was assumed. Here, only the external γ -dose needs to be taken into account because the flint sample was stripped off the parts affected by α and β radiation from the sediment. The preservation of organic material suggests that the majority of the sequence of Schöningen was located below the water table for most of its burial time. Therefore any present dosimetric measurement of the sediments need to be corrected for water saturation of the sediments, and the water saturation capacity had to be estimated as a further improvement of the estimation of the effective external γ -dose-rate. Several sediment samples in steel tubes of about 10 cm diameter and 20 cm lengths were taken from the profiles in order to measure the sediment moisture. After weighing the sample for its present moisture, the tube was filled up with water (any surplus water removed) and weighted again. After several weeks of storage at 70 °C the dry weight was determined and the ratios of the weights provided the natural and water saturation content (**tab. 1**). The present day »as is« γ -doses as measured *in situ* by portable γ -ray spectrometry or dosimeters, or in the laboratory by HpGe γ -ray spectrometry of dried sediment material, were corrected for water saturation conditions. Correction followed Aitken (1985) and not Aitken / Xie (1990) because the external γ -dose had to be corrected for the size and shape of the flint sample (effective external γ -dose rate after Valladas 1985).

In the field two portable γ -ray spectrometers were employed, both equipped with NaI crystals of different sizes. The Target NanoSpec is a multiple channel equipment while the Harwell spectrometer can discriminate only four channels. Therefore the latter provides less resolution and is more prone to temperature-dependent drift. The average factors (**tab. 1**) to correct for water saturation conditions were employed (**tab. 2**).

Tab. 2 Field measurements of the γ -dose rate using portable NaI γ -ray spectrometers.

equipment	position	present <i>in situ</i> γ -dose rate ($\mu\text{Gy a}^{-1}$)	water-saturation corrected γ -dose rate ($\mu\text{Gy a}^{-1}$)
Nutmaq-Harwell 4-channel	1	921 \pm 120	884
Nutmaq-Harwell 4-channel	2	944 \pm 120	906
NanoSpec 2x2« NaI(Tl)	3	620 \pm 43	595
NanoSpec 2x2« NaI(Tl)	4	610 \pm 53	586

Tab. 3 Results of $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ dosimeter measurements corrected for water saturation. – * Standard deviation of dose rates.

dosimeter	»as is« <i>in situ</i> γ -dose rate ($\mu\text{Gy a}^{-1}$)	water saturation corrected γ -dose rate ($\mu\text{Gy a}^{-1}$)	\pm (%)
S-11	758	728	4
S-12	702	673	4
S-15	883	848	5
S-16	683	656	5
S-17	611	586	2
S-19	629	603	8
S-20	674	647	2
average		678	13*

More reliable results for γ -dose rates of heterogeneous sediments can be obtained by dosimeters which were placed into the sediment body for one year. The accuracy of using this type of material was recently shown (Richter et al. 2010). A total of 10 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ dosimeters were implanted in sediment profiles at depths of about 40 cm in order to compensate for the sloping profiles and obtain a 4π -geometry. The γ -dose rate results from the $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ dosimeters are given in **table 3** (two were lost and one failed the analysis).

The results from these different methods of measuring the external γ -dose rate vary considerably by a factor of two. Not surprisingly, the laboratory HpGe γ -ray spectrometry on dry sediment provided the largest dose rates (dry 1051 $\mu\text{Gy a}^{-1}$ and water-saturation corrected 872 $\mu\text{Gy a}^{-1}$) because it did not take into account neither the contribution of the larger sediment components (gravel and small boulders) nor from the sediment layers above and below of the find horizon. This result is therefore not representative for the actual γ -dose rate in the sediment body. The *in situ* dose rates measured with the portable equipment are considerably lower and differ to quite an extent as well. However, they were recorded in different years and in different seasons, therefore some variation is expected. The results of the Nutmaq-Harwell are less reliable than those of the NanoSpec due to its low resolution and the potential temperature drift problem.

The γ -dose rates measured by the dosimeters are considered as the most reliable measurement of the external γ -dose rate, especially as they also provide the opportunity to record the spatial variation. The average value of 678 $\mu\text{Gy a}^{-1}$ (**tab. 3**) lies within the range of the results of the portable equipment and was used in age calculation. An increased uncertainty of 15% was used in order to compensate for unaccounted effects.

The water saturation of three geological, and therefore certainly unheated, flint samples was experimentally determined as $<0.01\%_{\text{weight}}$ after 1 month of immersion in water. While heated flint is probably more porous than unheated one, it is assumed that the attenuation of ionizing radiation by water within the sample is negligible. The internal dose rate of $141 \pm 9 \mu\text{Gy a}^{-1}$ was calculated from the specific activities of the radioisotopes of the flint sample obtained by neutron activation analysis (NAA), taking into account its sensitivity to α -radiation (**tab. 4**). The internal dose rate is considered as temporally constant

U (ppb)	640	±60
Th (ppb)	123	±10
K (ppm)	472	±23
b-value	0.65	± 0.1
effective internal dose rate ($\mu\text{Gy a}^{-1}$)	141	± 9
effective external dose rate ($\mu\text{Gy a}^{-1}$)	713	±96
palaeodose (Gy)	402	±17
age (ka)	470	±60

Tab. 4 Results ($1-\sigma$) of Neutron Activation Analysis and thermoluminescence measurements of sample Schon-1. The effective external dose rate takes into account the shape and weight of the sample (after Valladas 1985) and the effective internal dose rate the sensitivity of the sample to α -radiation.

since burial as only unaltered parts of the sample were used.

The cosmic dose rate of $76 \mu\text{Gy a}^{-1}$ (at 57 78 445 N, 44 30 825 E and 100 m a.s.l.) was taken from tables by Prescott / Stephan (1982), Barbouti / Rastin (1983) and Prescott / Hutton (1994) for an estimated total sediment cover of 20 m prior to excavation, which is assumed to have accumulated constantly after burial of the sample. However, the TL-age result is not significantly affected for varying thicknesses between 10 and 50 m.

THERMOLUMINESCENCE MEASUREMENTS AND RESULTS

Only one heated flint sample (Schon-1) from the screening of the sediments was available for TL analysis. The outer 2 mm surface of the sample was removed with a water cooled low speed saw and carefully crushed in a hydraulic press. Carbonates were removed with HCl (10%) after crushing and/or heating. The exterior as well as the interior material of the flint sample were investigated by the TL heating plateau test after Aitken (1985) in order to determine if the prehistoric heating was sufficient to fully erase the TL signal to allow TL dating analysis. The TL signal is increased by an additional irradiation in the laboratory and its ratio to the natural TL signal is constant (heating plateau) over the peak temperature range between 350 and 390 °C (**fig. 3**), providing evidence for the past full erasure of the TL signal. Between 6 and 12 aliquots were used for each of the 6-7 dose points for the additive as well as for the regenerated dose curve, where the grains for the latter were heated to 360 °C for 90 min in air. This procedure is supposed to induce the least TL sensitivity changes. Thermoluminescence was detected with an »EMI 9236QA« photomultiplier of a Daybreak 1150 system. Schott BG25 and HA3 filters restricted the detection to the UV-blue wavelength band at a heating rate of $5 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$ to 450 °C. In order to base the TL analysis only on the most stable (experimentally determined) energy range and to obtain a more precise result the integral of the TL signals in analysis were defined as the overlapping range in temperature of the heating- and the D_E -plateau (360-390 °C). Irradiations were performed with an external calibrated $^{90}\text{Y}/^{90}\text{Sr}$ β -source. The alpha sensitivity (b-value) after Bowman / Huntley (1984) of 0.65 ± 0.1 (**tab. 4**) was determined by comparing the luminescence response of zeroed (heated in air to 500 °C for 30 min) 4-11 μm fine grain material to single doses from alpha and beta irradiation for 6 aliquots each.

Because the luminescence signal of the sample is at the onset of saturation, we here use a technique similar to the »Australian Slide Method« (Prescott et al. 1993) which is different to the technique used for the same sample in Richter (1998). The new palaeodose was obtained by a multi-aliquot-additive-regeneration (MAAR) slide protocol (Valladas / Gillot 1978; Mercier 1991; 1992) on the 90-160 μm fraction. The additive and regenerated TL data are best approximated by quadratic functions (**fig. 4**). Thereafter, the regeneration growth curve is scaled and shifted along the dose axis (Sanzelle et al. 1996) until the best fit with the additive growth curve is obtained. A constant ratio of the additive TL-signal to the TL-signal of the shifted regenerated curve is a measure of the similarity of the two dose response curves and used as a verification of the appropriateness of the approach (slide) used (after Mercier, 1991). The shift is the palaeodose and was found to be $402 \pm 17 \text{ Gy}$ (**tab. 4**). Based on the described measured parameters and assump-

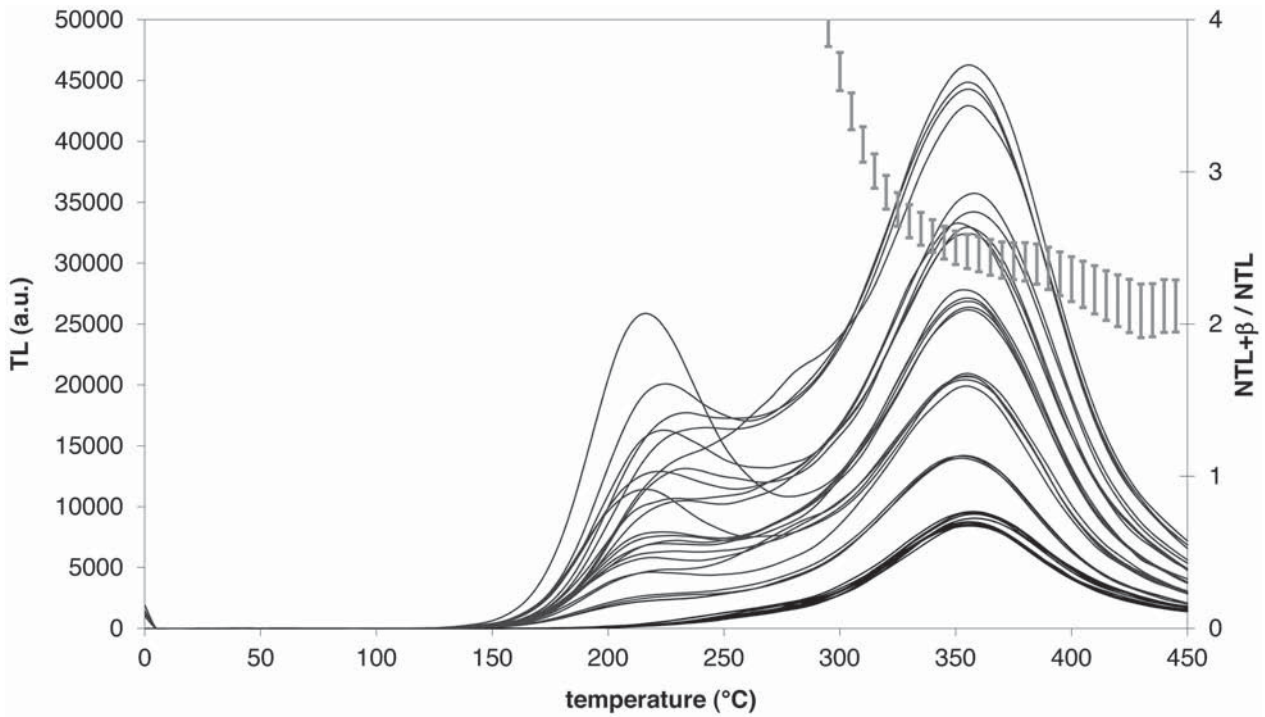


Fig. 3 Additive thermoluminescence glow curves and heating plateau (350-390°C) of sample Schon-1. – (Illustration D. Richter).

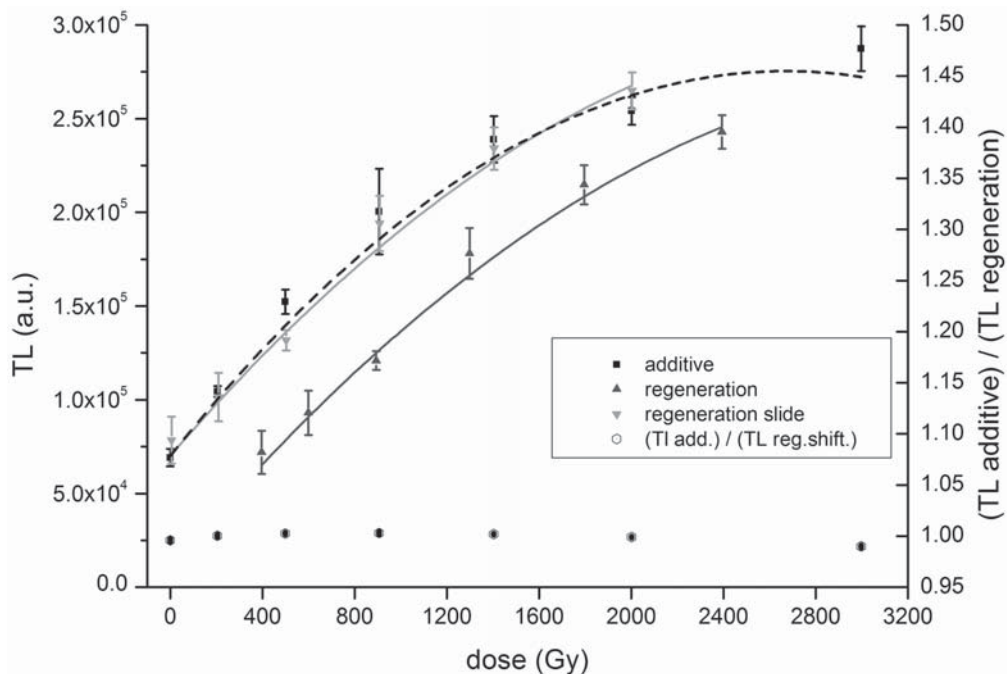


Fig. 4 TL growth curves (polynomial fit) of additive (alpha contribution subtracted; hatched line), regeneration (dark grey line) and shifted (light grey line) regeneration (scaled) of the flint sample Schon-1. The constant TL-ratios (polygon) of the additive to shifted regeneration growth curve at the positions of the additive doses is a measure of the similarity (*»homothétie«* after Mercier 1991) of the two growth curves. – (Illustration D. Richter).

tions a new TL-age estimate for sample Schon-1 of 470 ± 60 ka is calculated following Aitken (1985), which replaces the previous estimate by Richter (1998; **fig. 4**).

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Due to the low internal dose rate of TL age of 470 ± 60 ka for sample Schon-1 is heavily dependent on the external γ -dose rate. The mean value of the external γ -dose rate may deviate considerably from the appropriate actual value for this particular sample. In order to illustrate the influence of the γ -dose rate on a single sample, the possible age range is calculated, based on the maximum and minimum dose rate as measured by the dosimeters (**tab. 3**). A minimum age for sample Schon-1 of 400 ± 50 ka is found, while the maximum age would be 520 ± 60 ka. However, only the TL-dating of more samples will give a better age estimate for the site of Schöningen 13 I. In spite of its singularity and wide range this result is the best age estimate available for this Lower Palaeolithic site. The age fits into the palaeoclimatological and biostratigraphical age model for the sequence of Schöningen of Thieme / Mania (1993) and Mania (1998; 2006), and is in general agreement with the TL ages on the sedimentation of the find layer of Schöningen 13 I using an experimental approach (Karelin 1997). Such an agreement cannot be used as an argument for the general validity of this particular approach, especially as this singular TL result allows other interpretations as well because of its large uncertainties. Because of its singularity, the given age for sample Schon-1 is not sufficient for a discussion of the chronostratigraphy of Schöningen. At a level of 95% probability the single TL age for Schöningen 13 I comprises marine isotope stages (MIS) 10 to MIS 15, or MIS 9 to MIS 16 if the minimum and maximum ranges (which are based on the range of the dosimeter readings) are considered (MIS after Lisiecki / Raymo 2005). This first TL age estimate for the Lower Palaeolithic site Schöningen 13 I (cycle I) may also serve as a maximum age estimate for the overlying layer with the javelins of Schöningen 13 II-4 (Reinsdorf Interglacial, Schöningen cycle II; **fig. 2**).

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Forschungsstelle Archäometrie der Heidelberger Akademie der Wissenschaften located at the Max-Planck Institute for Nuclear Physics in Heidelberg and a »PhD finishing grant« from the Eberhard Karls Universität Tübingen. We thank G. Wagner for his support, guidance and help during this work

which was conducted at his lab in Heidelberg. We are grateful to E. Pernicka from the Eberhard Karls Universität (at the time of the study at the Max-Planck Institute for Nuclear Physics in Heidelberg) for providing the neutron activation results.

REFERENCES

- Aitken 1985: M. J. Aitken, Thermoluminescence dating (London 1985).
- Aitken / Xie 1990: M. J. Aitken / J. Xie, Moisture correction for annual gamma dose. *Ancient TL* 8, 1990, 6-9.
- Ashton et al. 2008: N. Ashton / S. G. Lewis / S. A. Parfitt / K. E. H. Penkman / G. R. Coope, New evidence for complex climate change in MIS 11 from Hoxne, Suffolk, UK. *Quaternary Science Reviews* 27, 2008, 652-668.
- Barbouti / Rastin 1983: A. I. Barbouti / B. C. Rastin, Study of the absolute intensity of muons at sea level and under various thickness absorber. *Journal of Physics G: Nuclear Physics* 9, 1983, 1577-1595.
- Bowman / Huntley 1984: S. G. E. Bowman / D. J. Huntley, A new proposal for the expression of alpha efficiency in TL dating. *Ancient TL* 2, 1984, 6-8.
- Geyh / Müller 2005: M. A. Geyh / H. Müller, Numerical $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating and a palynological review of the Holsteinian/Hoxnian Interglacial. *Quaternary Science Reviews* 24, 2005, 1861-1872.
- 2007: M. A. Geyh / H. Müller, Palynological and Geochronological Study of the Holsteinian/Hoxnian/Landos Interglacial. In:

- F. Sirocko / M. Claussen / M. F. Sánchez-Goni / Th. Litt (eds), *The Climate of Past Interglacials. Developments in Quaternary Science* 7 (Amsterdam 2007) 387-396.
- Jöris / Baales 2003: O. Jöris / M. Baales 2003: Zur Altersstellung der Schöninger Speere. In: J. M. Burdukiewicz / L. Fiedler / W.-D. Heinrich / A. Justus / E. Brühl (eds), *Erkenntnisjäger: Kultur und Umwelt des frühen Menschen. Festschrift für Dietrich Mania. Veröffentlichungen des Landesamtes für Archäologie Sachsen-Anhalt – Landesmuseum für Vorgeschichte* 57 (Halle/Saale 2003) 281-288.
- Karelin 1997: P. Karelin, *Untersuchungen zur Datierungsanwendung des 325° TL-Peaks an Quarzen aus dem nordischen Vereisungsgebiet Deutschlands* [unpubl. diss. Univ. Heidelberg 1997].
- Lisiecki / Raymo 2005: L. E. Lisiecki / M. E. Raymo, A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic ^{18}O records. *Paleoceanography* 20, 2005, 1-17.
- Mania 1995: D. Mania, Die geologischen Verhältnisse im Gebiet von Schöningen. In: Thieme / Maier (eds), *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen* (Hannover 1995) 33-43.
- 1998: D. Mania, Zum Ablauf der Klimazyklen seit der Elstervereisung im Elbe-Saalegebiet. *Præhistoria Thuringica* 2, 1998, 5-21.
- 2006: D. Mania, *Stratigraphie, Klima- und Umweltentwicklung der letzten 400 000 Jahre im Saalegebiet und Harzvorland* (Forschungsstand 2006). *Hercynia N.F.* 39, 2006, 155-194.
- 2007: D. Mania, Das Eiszeitalter und seine Spuren im Tagebau Schöningen. In: Thieme 2007a, 35-61.
- Mercier 1991: N. Mercier, Flint palaeodose determination at the onset of saturation. *Nuclear Tracks and Radiation Measurements* 18, 1991, 77-79.
- 1992: N. Mercier, *Apport des méthodes radionucléaires de datation à l'étude du peuplement de l'Europe et du Proche-Orient au cours du Pleistocène moyen et supérieur* [unpubl. diss. Univ. Bordeaux I 1992].
- Prescott / Hutton 1994: J. R. Prescott / J. T. Hutton, Cosmic ray contributions to dose rates for luminescence and ESR dating: large depths and long-term variations. *Radiation Measurements* 23, 1994, 497-500.
- Prescott / Stephan 1982: J. R. Prescott / L. G. Stephan, The contribution of cosmic radiation to the environmental dose for TL dating. Latitude, altitude and depth dependances. *PACT, Revue du groupe européen d'études pour les techniques physiques, chimiques et mathématiques appliquées à l'archéologie* 6, 1982, 17-25.
- Prescott et al. 1993: J. R. Prescott / D. J. Huntley / J. T. Hutton, Estimation of equivalent dose in thermoluminescence dating – the »Australian slide method«. *Ancient TL* 11, 1993, 1-5.
- Richter 1998: D. Richter, *Thermolumineszenzdatierungen erhitzter Silices aus mittel- und jungpaläolithischen Fundstellen. Anwendungen und methodische Untersuchungen* [unpubl. diss. Univ. Tübingen 1998].
- 2007: D. Richter, Advantages and limitations of thermoluminescence dating of heated flint from Paleolithic sites. *Geoarchaeology* 22, 2007, 671-683.
- Richter et al. 2010: D. Richter / H. Dombrowski / S. Neumaier / P. Guibert / A. Zink, Environmental gamma dosimetry with OSL of $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:C}$. for in-situ sediment measurements. *Radiation Protection Dosimetry* 141, 2010, 27-35.
- Sanzelle et al. 1996: S. Sanzelle / D. Miallier / T. Pilleyre / J. Fain / M. Montret, A new slide technique for regressing TL/ESR dose response curves – Intercomparison with other techniques. *Radiation Measurements* 26, 1996, 631-638.
- Szwarcz 1994: H. P. Szwarcz, Current challenges to ESR dating. *Quaternary Science Reviews* 13, 1994, 601-605.
- Scourse 2006: J. Scourse, Comment on: Numerical $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating and a palynological review of the Holsteinian/Hoxnian Interglacial by Geyh and Müller. *Quaternary Science Reviews* 25 (21-22), 2006, 3070-3071.
- Shackleton et al. 2003: N. J. Shackleton / M. F. Sánchez-Goni / D. Pailler / Y. Lancelot, Marine Isotope Substage 5e and the Eemian Interglacial. *Global and Planetary Change* 36, 2003, 151-155.
- Thieme 1995: H. Thieme, Der altpaläolithische Fundplatz Schöningen 13 I (Holstein-Interglazial). In: Thieme / Maier 1995, 57-61.
- 1997: H. Thieme, Lower Palaeolithic hunting spears from Germany. *Nature* 385, 1997, 807-810.
- 1999: H. Thieme, Altpaläolithische Holzgeräte aus Schöningen, Lkr. Helmstedt. Bedeutsame Funde zur Kulturentwicklung des frühen Menschen. *Germania* 77, 1999, 451-487.
- 2007a: H. Thieme (ed.), *Die Schöninger Speere. Mensch und Jagd vor 400 000 Jahren* (Stuttgart 2007).
- 2007b: H. Thieme, Die altpaläolithische Fundstelle Schöningen 13 I: der bisher älteste Siedlungsnachweis des Menschen in Niedersachsen. In: Thieme 2007a, 211-216.
- Thieme / Maier 1995: H. Thieme / R. Maier (eds), *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt* (Hannover 1995).
- Thieme / Mania 1993: H. Thieme / D. Mania, »Schöningen 12« – ein mittelpleistozänes Interglazialvorkommen im Nordharzvorland mit paläolithischen Funden. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 1993, 610-619.
- Thieme et al. 1993: H. Thieme / D. Mania / B. Urban / T. van Kolfschoten, Schöningen (Nordharzvorland). Eine altpaläolithische Fundstelle aus dem mittleren Eiszeitalter. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 23, 1993, 147-163.
- Urban 1995: B. Urban, Palynological evidence of younger Middle Pleistocene Interglacials (Holsteinian, Reinsdorf and Schöningen) in the Schöningen open cast lignite mine (eastern Lower Saxony/Germany). *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 52, 1995, 175-186.
- 2007: B. Urban, Quartäre Vegetations- und Klimaentwicklung im Tagebau Schöningen. In: Thieme 2007a, 66-75.
- Valladas 1985: H. Valladas, *Datation par la thermoluminescence de gisements moustériens du sud de la France* [unpubl. diss. Univ. 1985].
- Valladas / Gillot 1978: G. Valladas / P. Y. Gillot, Dating of the Olby lava flow using heated quartz pebbles: some problems. *PACT, Revue du groupe européen d'études pour les techniques physiques, chimiques et mathématiques appliquées à l'archéologie* 2, 1978, 141-150.
- Valladas et al. 1988: H. Valladas / J. L. Reyss / J. L. Joron / G. Valladas / O. Bar-Yosef / B. Vandermeersch, Thermoluminescence dating of mousterian »Proto-Cro-Magnon« remains from Israel and the origin of modern man. *Nature* 331, 1988, 614-616.

ZUSAMMENFASSUNG / ABSTRACT

Ein erstes chronometrisches Datum für die altpaläolithische Besiedlung von Schöningen 13 I

Eine singuläre Thermolumineszenzdatierung (TL) eines erhitzten Feuersteins aus der Fundstelle Schöningen 13 I (Zyklus I) wird vorgestellt. Es kann nicht unterschieden werden, ob die Erhitzung auf natürliche oder menschliche Faktoren zurückzuführen ist. Eine zeitliche Differenz einer natürlichen Erhitzung zur menschlichen Besiedlung ist bei dem mittelpleistozänen Alter der Fundstelle jedoch unerheblich. Bei Betrachtung der Extremwerte der externen γ -Dosisraten ist eine Korrelation dieses singulären Ergebnisses von Schöningen 13 I mit der marinen Isotopenstufe (MIS) 9 genauso möglich wie mit MIS 16. Mehr TL-Datierungen sind notwendig um das Alter von Schöningen 13 I durch Bestimmung eines Mittelwertes präziser zu bestimmen. Diese einzelne Altersabschätzung kann ebenfalls als Maximalalter der Speere von Schöningen 13 II-4 (Zyklus II) im Hangenden gewertet werden.

One first chronometric date for the Lower Palaeolithic occupation at Schöningen 13 I

One thermoluminescence (TL) age is presented from a single heated flint collected at the archaeological site of Schöningen 13 I (Cycle I). Although the fire cannot unequivocally attributed to human activities, any time difference between a natural fire and the human occupation is negligible for a site of such an antiquity. The site can be correlated by this single chronometric date as young as MIS 9 and as old as MIS 16, based on the extreme values of the external γ -dosimetry. More data is needed to allow a proper dating of the site by calculating an average TL-age. This data is also considered as a maximum age estimate for Schöningen 13 II-4 (Cycle II), which yielded the oldest javelins in human history.

LITERATURVERZEICHNIS ZU DEN PLEISTOZÄNEN FUNDSTELLEN, NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERSUCHUNGEN UND TAGUNGSBERICHTEN IM TAGEBAU SCHÖNINGEN BIS JULI 2012

- M. Altermann / D. Mania, Schöningen IV und Schöningen V. In: H. Thieme (Hrsg.), Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren (Stuttgart 2007) 58-61.
- E. van Asperen, The large mammal Fauna of Schöningen 13 II-4 [unpubl. Masterarbeit Univ. Leiden 2004].
Ecomorphology and migratory behaviour of Late Middle Pleistocene horses in northwest Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 297, 2010, 584-596.
- W. A. Bartholomäus / H. Elsner, Quartär bei Helmstedt: Über den derzeitigen quartärgeologischen Aufschlußstand im Braunkohlen-Tagebau Schöningen Südfeld. *Der Geschiebesammler* 28/2, 1995, 63-72.
- K.-E. Behre (Hrsg.), Die chronologische Einordnung der paläolithischen Fundstellen von Schöningen. The chronological setting of the Palaeolithic sites of Schöningen. *Forschungen zur Urgeschichte im Tagebau von Schöningen* 1 (Mainz 2012).
- E. Behrens / Ch. S. Fuchs / M. Lehmann, Im nassen Element – Zur Dokumentation der Schöninger Speere. Ein Befund von Weltbedeutung: Ein Wildpferd-Jagdlager vor 400.000 Jahren. In: H. Thieme (Hrsg.), Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren (Stuttgart 2007) 162-165.
Im nassen Element – Die Dokumentation der Schöninger Speere. *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 2008/2, 70-73.
- E. Behrens / P. Friedrich / Ch. S. Fuchs / M. Lehmann / C. Tegge, Die Dokumentation der Schöninger Speere – Im nassen Element. In: *Unterlagen der 52. Jahrestagung der Hugo Obermaier Gesellschaft in Leipzig* (Erlangen 2010) 16.
- J. Berndorff, Funde vor der Haustür. Sehenswerte Ausgrabungen zwischen Nordsee und Alpen. In: *Abenteuer Archäologie. Neues aus der Altertumsforschung. P.M. Perspektive* 70, 2002, 34-41.
- G. Bigga, Die Nutzung pflanzlicher Ressourcen durch den Menschen anhand des pleistozänen Materials aus Schöningen. In: *Tagungsunterlagen des Jahrestreffens der Arbeitsgruppe Archäobotanik der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft vom 12. bis 14.11.2010 im Landesmuseum für Vorgeschichte in Halle (Saale)* (Hannover 2010) 6.
- G. Bigga / B. Urban, Pflanzliche Ressourcen im Mittelpleistozän – Paläobotanische Untersuchungen in Schöningen. In: *Unterlagen der 53. Tagung der Hugo Obermaier-Gesellschaft vom 26.-30. April 2011 in Herne (Westfalen)* (Erlangen 2011) 13.
- Moving beyond the wooden spears: Paleolithic plant use in Schöningen. *Abstracts of the SAA 77th annual meeting* (Memphis 2012) 52.
- G. Böhme, Reste von Fischen, Amphibien und Reptilien aus der Fundstelle Schöningen 12 bei Helmstedt (Niedersachsen) – Erste Ergebnisse. *Præhistoria Thuringica* 4, 2000, 18-27.
Fisch-, Amphibien- und Reptilien-Reste aus der Schichtenfolge des Reinsdorf-Interglazials von Schöningen. Eine neu entdeckte Warmzeit in Schöningen: Das Reinsdorf-Interglazial. In: H. Thieme (Hrsg.), Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren (Stuttgart 2007) 105-111.
- U. Böhner, Aufbau einer Datenbank, oder die Suche nach der Nadel im Heuhaufen. Ein Befund von Weltbedeutung: Ein Wildpferd-Jagdlager vor 400.000 Jahren. In: H. Thieme (Hrsg.), Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren (Stuttgart 2007) 174-176.
Die Niedersächsische Landesausstellung »Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren« ist eröffnet! *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 2007/4, 145-146.
Die Niedersächsische Landesausstellung »Die Schöninger Speere« – Einblicke in die Jagd des Homo erectus. *Archäologie in Deutschland* 2008/1, 75.
Die Niedersächsische Landesausstellung »Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren« kommt nach Hannover. *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 2008/1, 33.
Die Ausgrabungen im Tagebau Schöningen – Datenmanagement. In: *Unterlagen der 52. Jahrestagung der Hugo Obermaier Gesellschaft in Leipzig* (Erlangen 2010) 16.
- U. Böhner / J. Lehmann / M. Meier / G. Schulz / J. Serangeli / T. van Kolfschoten, Ein über 300.000 Jahre alter Auerochse aus den See-Sedimenten von Schöningen. *Befund, erste zoologische Interpretation, Bergung und Restaurierung. Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 2010/3, 89-94.
- C. Brandes / L. Pollok / C. Schmidt / V. Wilde / J. Winsemann, Basin modelling of a lignite-bearing salt rim syncline: insights into rim syncline evolution and salt diapirism in NW Germany. *Basin Research* 24, 2012, 1-18.
- K.-U. Brosche / M. Walther, Die jungpleistozänen Löß-Deckschichten der Braunkohlentagebaue der Braunschweigischen Kohlenbergwerke (BKB) zwischen Helmstedt und Schöningen. *Eiszeitalter und Gegenwart* 28, 1978, 51-67.

- N. J. Conard / J. Serangeli, Schöningen 13 II (2010-2011), Forschungsgrabungen an einer der brisantesten altpaläolithischen Fundstellen der Welt. In: Unterlagen der 53. Tagung der Hugo Obermaier-Gesellschaft vom 26.-30. April 2011 in Herne (Westfalen) (Erlangen 2011) 15.
- N. J. Conard / T. van Kolfschoten / B. Urban / J. Serangeli, Schöningen and the economics and social organization of Middle Pleistocene hominins. Abstracts of the SAA 77th annual meeting (Memphis 2012) 86.
- R. Denell, The world's oldest spears. *Nature* 385, 1997, 767-768.
- C. Eibner, Warum immer wieder Speere? Gedanken zur Experimentellen Archäologie. *Palaeos* 2007/2, 32-34.
- H. Elsner, Das Quartär im Tagebau Schöningen der Braunschweigischen Kohlenbergwerke AG, Helmstedt [unpubl. Diplomarbeit Univ. Hannover 1987].
Verbreitung und Ausbildung Elster-zeitlicher Ablagerungen zwischen Elm und Flechtinger Höhenzug. *Eiszeitalter und Gegenwart* 52, 2003, 91-116.
- L. Feldmann, Das Quartär zwischen Harz und Allertal mit einem Beitrag zur Landschaftsgeschichte im Tertiär [Habilitationsschrift der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der technischen Universität Clausthal 2002] (Clausthal-Zellerfeld 2002).
- L. Feldmann / J.-P. Groetzner / H.-J. Weymann, Zur pleistozänen Geschichte des »Großen Bruchs« im Nördlichen Harzvorland. *Geologische Beiträge Hannover* 2, 2001, 127-137.
- K. Fennema, Wat hebben de muizenkiezen van Schöningen 12B ons te vertellen? *Cranium* 13/1, 1996, 21-30.
- P. Friedrich, Konservierung eines Pferdeschädels vom ältesten Lagerplatz des Urmenschen in Niedersachsen. *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 2001/4, 148.
- M. Geyh / M. Krbetschek, Zum radiometrischen Alter des Holstein-Interglazials. In: K.-E. Behre (Hrsg.), *Die chronologische Einordnung der paläolithischen Fundstellen von Schöningen. The chronological setting of the Palaeolithic sites of Schöningen. Forschungen zur Urgeschichte im Tagebau von Schöningen* 1 (Mainz 2012) 155-170.
- K. van Gijsel, A continent-wide framework for local and regional stratigraphies. Application of genetic sequence and event stratigraphy to the Middle Pleistocene terrestrial succession of Northwest and Central Europe [Diss. Univ. Leiden University 2006. <https://openaccess.leidenuniv.nl/dspace/handle/1887/4985> (1.8.2012).
- M. Golek, Die altpaläolithischen Wurfspeere von Schöningen – eine sportwissenschaftliche Untersuchung. Die Jagd des *Homo erectus* als Grundstein der Speerwurfgeschichte [unpubl. wissenschaftliche Arbeit am Institut für Sport und Sportwissenschaft der Universität Heidelberg 1999].
- M. Golek / H. Rieder, Erprobungen der altpaläolithischen Wurfspeere von Schöningen. *Stadion, Internationale Zeitschrift für Geschichte des Sports* 25, 1999, 1-12.
- H. Güntheroth / H. Müller-Elsner, Saurier, Neandertaler und Germanen. Teil 2: Die ersten Deutschen. *Stern* 2005/39, 117-128.
- M. N. Haidle, Working-Memory Capacity and the Evolution of Modern Cognitive Potential Implications from Animal and Early Human Tool Use. *Current Anthropology* 51/Supplement 1, June 2010, 149-168.
- M. N. Haidle / A. F. Pawlik, The earliest settlement of Germany: Is there anything out there? *Quaternary International* 223-224, 143-153.
- U. Hambach / Ch. Rolf, Gesteinsmagnetische Untersuchungen an Sedimenten der Fundstelle »Schöningen 13-2« – Erste Ergebnisse. In: Unterlagen der 52. Jahrestagung der Hugo Obermaier Gesellschaft in Leipzig (Erlangen 2010) 29.
- B. L. Hardy / J. Serangeli / N. J. Conard, Microscopic Analysis of Wooden, Bone, Ivory and Stone Artifacts from Schöningen 12 and 13. In: Unterlagen der 53. Tagung der Hugo Obermaier-Gesellschaft vom 26.-30. April 2011 in Herne (Westfalen) (Erlangen 2011) 21.
- B. L. Hardy / V. Rots / J. Serangeli / N. J. Conard, Wood, Bone, Ivory and Stone: Middle Pleistocene Tool Use in Northern Europe. Abstracts of the SAA 77th annual meeting (Memphis 2012) 156.
- T. Hartmann, Elster- bis Saale-zeitliche Sedimente im Tagebau Schöningen der Braunschweigischen Kohlen-Bergwerke AG, Helmstedt [unpubl. Diplomarbeit Univ. Hannover 1988].
- H. Heijnis, Uranium/Thorium dating of Late Pleistocene peat deposits in NW Europe [Diss. Univ. Groningen 1992]. <http://irs.ub.rug.nl/ppn/099454130> (1.8.2012).
- H. Heijnis / B. Urban, ²³⁰Th/²³⁴U Dating of the Middle and Late Pleistocene organic deposits from the Schöningen/Helmstedt area, Lowe Saxony, Germany. *INQUA, XIV Congress, Berlin 1995. Schriften der Alfred-Wegener-Stiftung* 95/2, 1995, 109.
- H.-W. Heine, Älteste Funde Niedersachsens aus den Grabungen Schöningen jetzt im Niedersächsischen Landesmuseum Hannover. *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 1999/2, 112.
- W.-D. Heinrich / T. van Kolfschoten, Erster Skelettfund von *Trogotherium cuvieri* (Altbiber). Eine neu entdeckte Warmzeit in Schöningen: Das Reinsdorf-Interglazial. In: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren* (Stuttgart 2007) 118-123.
- M. Henk, Zeit der Jäger. *GEO kompakt* 13, 2008, 20-33.
- M. Herzberg, The Herpetofauna of Schöningen 12 B [unpubl. Masterarbeit Univ. Leiden 2000].
- Ch. Hertler (Hrsg.), Middle Pleistocene sites in the northern Hercynian foreland. In: *Excursion guide to hominid sites in Central Europe. Joint Excursion July-August 2006* (Frankfurt 2006) 37-47.
- I. Hyghebaert, Small mammals of Schöningen 13II 2-4, Indication of a post-Holsteinian age based on the biostratigraphical use of the genus *Arvicula* [unpubl. Masterarbeit Univ. Leiden 2003].
- H. Jechorek, Die fossile Flora des Reinsdorf-Interglazials. Paläokarologische Untersuchungen an mittelpleistozänen Ablagerungen im Braunkohlentagebau Schöningen [unpubl. Diplomarbeit Univ. Leipzig 1997].
Die fossile Flora des Reinsdorf-Interglazials. Paläokarologische Untersuchungen an mittelpleistozänen Ablagerungen im Braunkohlentagebau Schöningen. *Præhistoria Thuringica* 4, 2000, 7-17.
- H. Jechorek / A. Czaja / D. H. Mai, Die Vegetation des Reinsdorf-Interglazials, rekonstruiert durch eine fossile Frucht- und Samenflora. Eine neu entdeckte Warmzeit in Schöningen: Das Reinsdorf-Interglazial. In: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren* (Stuttgart 2007) 93-98.
- I. Jeske, Niedersächsische Funde als wichtige Eckpfeiler der Ausstellung »Menschen – Zeiten – Räume. Archäologie in Deutsch-

- land« in Berlin und Bonn. Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 2003/1, 18-20.
- O. Jöris / M. Baales, Zur Altersstellung der Schöninger Speere. In: J. M. Burdukiewicz / L. Fiedler / W.-D. Heinrich / A. Justus / E. Brühl (Hrsg.), Erkenntnisjäger: Kultur und Umwelt des frühen Menschen. Festschrift für Dietrich Mania. Veröffentlichungen des Landesamtes für Archäologie Sachsen-Anhalt – Landesmuseum für Vorgeschichte 57 (Halle 2003) 281-288.
- M.-A. Julien / H. Bocherens / D. G. Drucker / D. Pushkina / R. Ziegler, Isotopes and palaeoenvironments in Schöningen: methodology and application to some middle and late Pleistocene large herbivores from Germany. In: Unterlagen der 53. Tagung der Hugo Obermaier-Gesellschaft vom 26.-30. April 2011 in Herne (Westfalen) (Erlangen 2011) 25.
- M.-A. Julien / J. Serangeli / M. Stahlschmidt / H. Napierala / N. J. Conard, What happened to those bones? Insights on the taphonomic history of the large mammal remains from Schöningen. Abstracts of the SAA 77th annual meeting (Memphis 2012) 188.
- P. G. Karelin, Untersuchungen zur Datierungsanwendung des 325 °C TL-Peaks an Quarzen aus dem nordischen Vereisungsgebiets Deutschlands [Diss. Univ. Heidelberg 1997] (Mikrofiche-Ausg.).
- M. Keese, Schwermineralanalytische Untersuchungen in Quartärprofilen des Tagebaus Schöningen bei Helmstadt [unpubl. Diplomarbeit Univ. Hannover 1988].
- H. Knappe, Wackersteine, Wald und Wüste – unterwegs im Harz. Wanderungen in die Erdgeschichte 28 (München 2011).
- T. van Kolfschoten, Die Vertebraten des Interglazials von Schöningen 12B. Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift 34, 1993, 623-628.
- Faunenreste des altpaläolithischen Fundplatzes Schöningen 12 (Reinsdorf-Interglazial). In: H. Thieme / R. Maier, Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt (Hannover 1995) 85-94.
- Evidencia bioestratigráfica de la primera ocupación de Europa. Biostratigraphical evidence of the earliest occupation of Europe. In: E. Carbonell / J. M. Bermúdez de Castro / J. L. Arsuaga / X. P. Rodríguez (Hrsg.), Los primeros pobladores de Europa: Últimos descubrimientos y debate actual. The first europeans: Recent discoveries and current debate (Burgos 1998) 101-115.
- The eemian mammal fauna of central Europe. Netherlands Journal of Geosciences 79/2-3, 2000, 269-281.
- A Red Fox *Vulpes vulpes* (Carnivora, Canidae) from the Middle Pleistocene spear horizon at Schöningen (Germany). In: J. M. Burdukiewicz / L. Fiedler / W.-D. Heinrich / A. Justus / E. Brühl (Hrsg.), Erkenntnisjäger. Kultur und Umwelt des frühen Menschen. Festschrift Dietrich Mania. Veröffentlichungen des Landesamtes für Archäologie Sachsen-Anhalt – Landesmuseum für Vorgeschichte 57 (Halle 2003) 321-323.
- The biostratigraphical subdivision of the Late Middle Pleistocene: an unsolved problem. In: 18th International Senckenberg Conference / VI International Palaeontological Colloquium in Weimar, 25th-30th April 2004. Conference volume. Terra Nostra 2004/2 (Berlin 2004) 140.
- Die Kleinsäugerreste aus dem Reinsdorf-Interglazial von Schöningen. Eine neu entdeckte Warmzeit in Schöningen: Das Reinsdorf-Interglazial. In: H. Thieme (Hrsg.), Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren (Stuttgart 2007) 112-117.
- Mammalian palaeo- and archaeozoology in Schöningen. In: Unterlagen der 52. Jahrestagung der Hugo Obermaier Gesellschaft in Leipzig (Erlangen 2010) 33.
- The Schöningen mammalian fauna in biostratigraphical perspective. In: K.-E. Behre (Hrsg.), Die chronologische Einordnung der paläolithischen Fundstellen von Schöningen. The chronological setting of the Palaeolithic sites of Schöningen. Forschungen zur Urgeschichte im Tagebau von Schöningen 1 (Mainz 2012) 113-124.
- The Schöningen evidence for Middle Pleistocene hominin subsistence and hunting strategies. Abstracts of the SAA 77th annual meeting (Memphis 2012) 200.
- T. van Kolfschoten / W. Roebroeks / H. Thieme, Jagers of aaseters? Natuur & Techniek 66, 5, 1998, 22-31.
- T. van Kolfschoten / E. van Asperen / B. Voormolen, Die Großsäugerfauna von Schöningen. Das Eiszeitalter und seine Spuren im Tagebau Schöningen. In: H. Thieme (Hrsg.), Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren (Stuttgart 2007) 76-86.
- M. Kuitens / H. van der Plicht / T. van Kolfschoten / J. Serangeli / H. Bocherens, Stable isotope analysis of well-preserved 300-400ka year old bone collagen from Schöningen. Abstracts of the SAA 77th annual meeting (Memphis 2012) 204.
- H. Küster, Die Landschaft aus Sicht der Ökologie. In: S. A. Lütgert (Hrsg.), Zukunft der Vergangenheit? Nachhaltige Inwertsetzung kulturlandschaftlicher Potenziale in marginalisierten Räumen (Schöningen 2004) 12-13.
- J. Lang / J. Winsemann, The Outcrop Section at Schöningen 12II DB, Plateau 4 and 5. Sedimentary Facies, Depositional Environment and Glacitectonic Deformation [unpubl. Bericht, Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege 2009].
- The 12II DB outcrop Section at Schöningen: Sedimentary Facies and Depositional Architecture. In: K.-E. Behre (Hrsg.), Die chronologische Einordnung der paläolithischen Fundstellen von Schöningen. The chronological setting of the Palaeolithic sites of Schöningen. Forschungen zur Urgeschichte im Tagebau von Schöningen 1 (Mainz 2012) 39-59.
- J. Lang / D. Steinmetz / Ch. Brandes / U. Polom / J. Winsemann, A depositional model for the middle pleistocene succession of Schöningen, NW Germany: Facies analysis, seismic stratigraphy and 3D subsurface modelling (GOCAD). In: Tagungsunterlagen der DEUQUA-Tagung 2010, Greifswald, 13.-17.09.2010 (Greifswald 2010) 42-43.
- J. Lang / D. Steinmetz / L. Pollok / U. Böhner / Ch. Brandes / A. Hampel / U. Polom / S. Winghart / J. Winsemann, Integrating modern geological tools and archaeology: a case study from the famous Middle Pleistocene succession of Schöningen, Germany. In: Tagungsunterlagen der INQUA, Session Geoarchaeology, Poster; Bern 20.-27.07.2011 (Bern 2011).
- J. Lang / D. Steinmetz / L. Pollok / Ch. Brandes / A. Hampel / U. Polom / S. Winghart / J. Winsemann, The Middle Pleistocene succession of Schöningen, Germany: A complex tunnel valley fill inferred from 3D subsurface modelling. In: Tagungsunterlagen der INQUA, Session »Buried glacial valleys«, Poster; Bern 20.-27.07.2011 (Bern 2011).
- J. Lang / J. Winsemann / D. Steinmetz / U. Polom / L. Pollok / U. Böhner / J. Serangeli / Ch. Brandes / A. Hampel / S. Winghart, The Pleistocene of Schöningen, Germany: a complex tunnel valley

- fill revealed from 3D subsurface modelling and shear wave seismics. *Quaternary Science Reviews* 39, 2012, 1-20.
- J. Lang / J. Winsemann / D. Steinmetz / U. Polom / L. Pollok / U. Böhner / J. Serangeli / Ch. Brandes / A. Hampel / N. J. Conard / S. Winghart, The famous findings of Schöningen, Germany: a new geological model for the embedding and preservation of palaeolithic artefacts. In: Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Hugo-Obermaier Gesellschaft, April 10-14, 2012 in Toulouse (Erlangen 2012) 32-33.
- J. Lang / J. Winsemann / U. Polom / J. Serangeli / U. Böhner, A new geological model for Schöningen: implications for palaeoenvironments and archaeology. Abstracts of the SAA 77th annual meeting (Memphis 2012) 206-207.
- J. Lehmann, Das Grabungstechnische Jahr 2007 – ein Rückblick. *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 2008/1, 32.
- J. Lehmann / M. Meier / G. Schulz, Die Bergung und Restaurierung eines über 300.000 Jahre alten Auerochsen aus den See-Sedimenten von Schöningen. In: Unterlagen der 53. Tagung der Hugo Obermaier-Gesellschaft vom 26.-30. April 2011 in Herne (Westfalen) (Erlangen 2011) 28.
- M. Lehmann, Zur Konservierung altpaläolithischer organischer Funde aus dem Tagebau Schöningen. *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 2004/4, 136.
- R. Lenhard, Schichtablagerung und Zusammensetzung Elster- bis Saale-zeitlicher Sedimente im Baufeld Esbeck, Tagebau Schöningen der Braunschweigischen Kohlen-Bergwerke AG, Helmstedt [unpubl. Diplomarbeit Univ. Hannover 1989].
- T. Litt / K.-E. Behre / K.-D. Meyer / H.-J. Stephan / S. Wansa, Stratigraphische Begriffe für das Quartär des norddeutschen Vereisungsgebietes. *Eiszeitalter und Gegenwart* 56, 2007, 7-65.
- S. A. Lüttger (Hrsg.), Zukunft der Vergangenheit? Nachhaltige Inwertsetzung kulturlandschaftlicher Potenziale in marginalisierten Räumen. Tagungsband (Schöningen 2004).
- Sensationelle archäologische Funde: Die Schöninger Speere. In: Staatliches Naturhistorisches Museum Braunschweig und FEMO Freilicht- und Erlebnismuseum Ostfalen (Hrsg.), Braunschweiger Land. Wanderungen in die Erdgeschichte 19 (München 2006) 103-105.
- G. Lüttig, Alt- und mittelpleistozäne Eisrandlagen zwischen Harz und Weser. *Geologisches Jahrbuch* 70, 1954, 43-125.
- E.-R. Look, Geologisch-stratigraphische Untersuchungen in Sedimenten der Elster- und Saale-Eiszeit (Pleistozän) am Elm, östlich von Braunschweig. *Mitteilungen aus dem Geologischen Institut der Technischen Hochschule Hannover* 6 (Hannover 1968).
- D. Mania, Die Terrassen-Travertin-Sequenz von Bilzingsleben. Ein Beitrag zur Stratigraphie des Mittel- und Jungpleistozäns im Elbe-Saale-Gebiet. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 1993, 554-575.
- Die Entwicklung von Klima und Umwelt im Eiszeitalter. In: H. Thieme / R. Maier, Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt (Hannover 1995) 30-32.
- Die geologischen Verhältnisse im Gebiet von Schöningen. In: H. Thieme / R. Maier, Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt (Hannover 1995) 33-43.
- Mensch und Kultur der frühen Altsteinzeit. In: H. Thieme / R. Maier, Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt (Hannover 1995) 27-29
- Ergebnisse der bisherigen stratigraphischen Untersuchungen im Tagebau Schöningen / Elm (Nordharzvorland). In: 63. Tagung der Arbeitsgemeinschaft Nordwestdeutscher Geologen 28.-31. Mai 1996 in Helmstedt. Kurzfassung der Vorträge und Exkursionsführer (Hannover 1996) 17-19.
- Neue Entdeckungen im Harzvorland: Schöningen. In: Die ersten Menschen in Europa. Archäologie in Deutschland, Sonderheft (Stuttgart 1998) 64-69.
- Zum Ablauf der Klimazyklen seit der Elstervereisung im Elbe-Saalegebiet. *Praehistoria Thuringica* 2, 1998, 5-21.
- Stratigraphie, Klima- und Umweltentwicklung der letzten 400.000 Jahre im Saalegebiet und Harzvorland (Forschungsstand 2006). *Hercynia N.F.* 39/2, 2006, 155-194.
- Das Eiszeitalter und seine Spuren im Tagebau Schöningen (Mit einem Beitrag von Manfred Altermann). In: H. Thieme (Hrsg.), Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren (Stuttgart 2007) 35-61.
- Die fossilen Weichtiere (Mollusken) aus den Beckensedimenten des Zyklus Schöningen II (Reinsdorf-Warmzeit). Eine neu entdeckte Warmzeit in Schöningen: Das Reinsdorf-Interglazial. In: H. Thieme (Hrsg.), Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren (Stuttgart 2007) 99-104.
- Wer waren die Jäger von Schöningen? Das Wildpferd-Jagdlager von Schöningen mit den Jagdspeeren. In: H. Thieme (Hrsg.), Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren (Stuttgart 2007) 222-224.
- D. Mania / D. H. Mai, Molluskenfaunen und Floren im Elbe-Saalegebiet während des mittleren Eiszeitalters. *Praehistoria Thuringica* 6/7, 2001, 46-91.
- D. Mania / U. Mania, La stratigraphie et le Paléolithique du complexe saalien dans la région de la Saale et de l'Elbe. *L'Anthropologie [Paris]* 112/1, 2008, 15-47.
- D. Mania / H. Thieme, Zur Einordnung der altpaläolithischen Fundhorizonte von Schöningen in die Erdgeschichte. In: H. Thieme (Hrsg.), Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren (Stuttgart 2007) 217-220.
- J. Merkt, Bericht über die Befahrung eines Eem-Aufschlusses in der Westwand des Tagebaues Schöningen der Braunschweigischen Kohlen-Bergwerke, Helmstedt (19.1.1986, Archiv-Nr. 99004, Tagebuch-Nr. N2.3 – 194/86, TK 25 3831 Schöningen) [unpubl. Bericht, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Hannover 1986].
- K.-D. Meyer, Zur Stratigraphie des Saale-Glazials in Niedersachsen und Korrelationsversuchen mit Nachbargebieten. *Eiszeitalter und Gegenwart* 55, 2005, 25-42.
- Stratigraphie des Saale-Komplexes in Niedersachsen und die Schöninger Profile. In: K.-E. Behre (Hrsg.), Die chronologische Einordnung der paläolithischen Fundstellen von Schöningen. The chronological setting of the Palaeolithic sites of Schöningen. *Forschungen zur Urgeschichte im Tagebau von Schöningen* 1 (Mainz 2012) 61-76.
- Ch. Miller / M. Stahlschmidt / P. Goldberg / F. Berna / N. J. Conard, The »Hearths« of Schöningen 13-II/4 and their implication for the evidence for human control of fire in the Middle Pleistocene of Northern Europe. Abstracts of the SAA 77th annual meeting (Memphis 2012) 246.

- M. Mosquera Martínez, Middle Pleistocene human occupations – Similarities and differences of Atapuerca, Áridos, Torralba, Ambrona, Bilzingsleben, Schöningen, Lehringen and Ehringsdorf. In: J. M. Burdukiewicz / L. Fiedler / W.-D. Heinrich / A. Justus / E. Brühl (Hrsg.), *Erkenntnisjäger. Kultur und Umwelt des frühen Menschen (Festschrift Dietrich Mania)*. Veröffentlichungen des Landesamtes für Archäologie Sachsen-Anhalt – Landesmuseum für Vorgeschichte 57 (Halle 2003) 403-414.
- H. Müller-Beck, Rezension »Stratigraphie von Deutschland – Quartär. Eiszeitalter und Gegenwart/Quaternary Science Journal 56, No. 1/2, special issue«. *Mitteilungen der Gesellschaft für Urgeschichte* 16, 2007, 149-152.
- R. Musil, Morphologische und metrische Differenzen der Pferde von Bilzingsleben und Schöningen (Vorläufiger Bericht). *Præhistoria Thuringica* 8, 2002, 143-148.
- Evolutionäre Trends bei den Pferden des europäischen Quartärs. *Præhistoria Thuringica* 11, 2005, 125-138.
- Die Pferde von Schöningen: Skelettreste einer ganzen Wildpferdherde. Ein Befund von Weltbedeutung: Ein Wildpferd-Jagdlager vor 400.000 Jahren. In: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren* (Stuttgart 2007) 136-140.
- Die stratigraphische Anwendung der Evolution der Pferde im Hinblick auf die Funde von Schöningen. In: K.-E. Behre (Hrsg.), *Die chronologische Einordnung der paläolithischen Fundstellen von Schöningen. The chronological setting of the Palaeolithic sites of Schöningen. Forschungen zur Urgeschichte im Tagebau von Schöningen 1 (Mainz 2012)* 125-128.
- D. Richter, Thermolumineszenzdatierungen erhitzter Silices aus paläolithischen Fundstellen [unpubl. Diss. Univ. Tübingen 1998].
- Altersbestimmung der Fundschichten von Schöningen mit dosimetrischen Datierungsmethoden. Das Eiszeitalter und seine Spuren im Tagebau Schöningen. In: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren* (Stuttgart 2007) 62-66.
- D. Richter / M. Krbetschek, Erste Altersabschätzung der Fundstelle Schöningen 13/I mittels Thermolumineszenz. In: *Unterlagen der 52. Jahrestagung der Hugo Obermaier Gesellschaft in Leipzig (Erlangen 2010)* 36.
- D. Richter / H. Thieme, One first chronometric date for the Lower Palaeolithic occupation at Schöningen 13 I. In: K.-E. Behre (Hrsg.), *Die chronologische Einordnung der paläolithischen Fundstellen von Schöningen. The chronological setting of the Palaeolithic sites of Schöningen. Forschungen zur Urgeschichte im Tagebau von Schöningen 1 (Mainz 2012)* 171-182.
- H. Rieder, Die altpaläolithischen Wurfspere von Schöningen, ihre Erprobung und ihre Bedeutung für die Lebensumwelt des Homo erectus. *Præhistoria Thuringica* 5, 2000, 68-75.
- Der große Wurf der frühen Jäger: Nachbau altsteinzeitlicher Speere. *Biologie in unserer Zeit* 33/3, 2003, 156-160.
- Speere und Wurfgeräte als Jagdwaffen der Altsteinzeit. *Præhistoria Thuringica* 11, 2005, 16-19.
- Zur Qualität der Schöninger Speere als Jagdwaffen – aus der Sicht der Sportwissenschaft. Ein Befund von Weltbedeutung: Ein Wildpferd-Jagdlager vor 400.000 Jahren. In: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren* (Stuttgart 2007) 159-162.
- H. Rieder / C. Eibner, Kulturgeschichte des Werfens. Schwerpunkt Steinzeit. In: G. A. Wagner / H. Rieder / L. Zöller / E. Mick (Hrsg.), *Homo heidelbergensis: Schlüsselfund der Menschheitsgeschichte* (Stuttgart 2007) 280-297.
- H. Rohdenburg / B. Meyer, Zur Feinstratigraphie und Paläopedologie des Jungpleistozäns nach Untersuchungen an süd-niedersächsischen und nordhessischen Lößprofilen. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 5, 1966, 1-137.
- S. Schiegl / H. Thieme, Auf den Spuren von Feuer in Schöningen 13 II-4. Ein Befund von Weltbedeutung: Ein Wildpferd-Jagdlager vor 400.000 Jahren. In: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren* (Stuttgart 2007) 166-171.
- M. Schmidt / W.-D. Steinmetz (Hrsg.), *Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren. Ausstellungsdokumentation. The Schöningen Spears – Man the hunter 400,000 years ago. Exhibition Documentation, Braunschweigisches Landesmuseum 24.11.2007-24.02.2008, Niedersächsisches Landesmuseum Hannover 28.03.-27.07.2008 (Kerpen-Loohg 2008)*.
- U. Schmitt / A. P. Singh / H. Thieme / P. Friedrich, Electron microscopic characterization of cell wall degradation of the 400,000-year-old Schöningen spears. *Holz als Roh- und Werkstoff* 63/2, April 2005, 118-122.
- W. H. Schoch, Hölzer aus der Fundschicht 1 des altpaläolithischen Fundplatzes Schöningen 12 (Reinsdorf-Interglazial). In: H. Thieme / R. Maier, *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt (Hannover 1995)* 73-84.
- Bericht über die Hölzer aus Schöningen 12 B [unpubl. Bericht, Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege 1995].
- Holz als Informationsträger aus dem Paläolithikum. *Præhistoria Thuringica* 3, 1999, 98-106.
- Holzanatomische und klimatische Bemerkungen zu den Speeren von Schöningen. Ein Befund von Weltbedeutung: Ein Wildpferd-Jagdlager vor 400.000 Jahren. In: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren* (Stuttgart 2007) 158-159.
- Holz – das Archiv aus dem Paläolithikum. Die altpaläolithische Fundstelle Schöningen 12 (Reinsdorf-Warmzeit). In: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren* (Stuttgart 2007) 202-210.
- Holz und dessen Aussagekraft. In: *Unterlagen der 52. Jahrestagung der Hugo Obermaier Gesellschaft in Leipzig (Erlangen 2010)* 46.
- D. Schreve, The Reinsdorf interglacial (Schöningen II) mammalian assemblage in its European context. In: K.-E. Behre (Hrsg.), *Die chronologische Einordnung der paläolithischen Fundstellen von Schöningen. The chronological setting of the Palaeolithic sites of Schöningen. Forschungen zur Urgeschichte im Tagebau von Schöningen 1 (Mainz 2012)* 129-142.
- M. Schulz, Die Spur des Jägers. Vom Raubtier zum Menschen. *Spiegel* 2004/6, 140-153.
- J. Serangeli, Natürliche Faunenwelt in Mitteleuropa. Was können wir darüber von der Steinzeit lernen? In: R. de Beauclair /

- S. Münzel / H. Napierala (Hrsg.), Knochen pflastern ihren Weg. Festschrift für Margarethe und Hans-Peter Uerpman. *BioArchaeologica* 5 (Rahden/Westf. 2009) 237-246.
- Kurzer Überblick über die Fortsetzung der Ausgrabungen und die Intensivierung der wissenschaftlichen Arbeiten beim Projekt Schöningen. *Speerreport* 6, Januar 2010, 5-6.
- Schöningen. *Fundchronik Niedersachsen 2008-2009*. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 14, 2008-2009 (2011), 73-74.
- J. Serangeli / U. Böhner, Die Artefakte von Schöningen und deren zeitliche Einordnung. In: K.-E. Behre (Hrsg.), Die chronologische Einordnung der paläolithischen Fundstellen von Schöningen. The chronological setting of the Palaeolithic sites of Schöningen. *Forschungen zur Urgeschichte im Tagebau von Schöningen 1* (Mainz 2012) 23-37.
- J. Serangeli / N. J. Conard, Schöningen 12 II (2008-2009), Rettungsgrabungen zwischen Elster- und Saale-Eiszeit. In: *Unterlagen der 53. Tagung der Hugo Obermaier-Gesellschaft vom 26.-30. April 2011 in Herne (Westfalen)* (Erlangen 2011) 42-43.
- New results from large-scale excavations in Schöningen. Abstracts of the SAA 77th annual meeting (Memphis 2012) 316.
- The ongoing Lower Paleolithic excavations in Schöningen. In: *Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Hugo-Obermaier Gesellschaft, April 10-14, 2012 in Toulouse* (Erlangen 2012) 49.
- J. Serangeli / J. Lehmann, Schöningen FStNr. 13 II, Gde. Stadt Schöningen, Lkr. Helmstedt, ehem. Reg.-Bez. BS. *Fundchronik Niedersachsen 2008-2009*. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 15, 2008-2009 (2010), 61-62.
- J. Serangeli / T. van Kolfschoten, Wechselbeziehung Mensch und Tier im Paläolithikum. Die Bedeutung von Schöningen. *Archäologie in Niedersachsen* 13, 2010, 27-31.
- J. Serangeli / U. Böhner / H. Thieme, The digging of the DB pillar in the opencast lignite mine in Schöningen. The Schöningen 12 II site. In: *Tagungsunterlagen der 51. Tagung der Hugo Obermaier-Gesellschaft in Ljubljana, Slowenien*. 13.-18. April 2009 (Erlangen 2009) 40.
- J. Serangeli / J. Lehmann / N. J. Conard, Schöningen: Die Untersuchung des DB-Pfeilers. In: *Tagungsunterlagen der 52. Tagung der Hugo Obermaier-Gesellschaft in Leipzig*. 06.-10. April 2010 (Erlangen 2010) 34.
- J. Serangeli / N. J. Conard / U. Böhner, The Digging of the DB Pillar in Schoeningen – Lower Saxony, Germany. In: *Abstracts of the SAA 75th anniversary meeting* (St. Louis 2010) 224.
- J. Serangeli / U. Böhner / J. Lehmann, Rettungsgrabungen im Tagebau Schöningen. Die Untersuchung des DB-Pfeilers in den Jahren 2007 bis 2009. *Berichte zur Denkmalpflege* 2010, 3, 85-88.
- J. Serangeli / U. Böhner / K. F. Hillgruber, Die pleistozänen Fundstellen in Schöningen. *Exkursionsführer*. In: *Tagungsunterlagen der 52. Tagung der Hugo Obermaier-Gesellschaft in Leipzig*. 06.-10. April 2010 (Erlangen 2010) 45-50.
- J. Serangeli / U. Böhner / T. van Kolfschoten / W. H. Schoch / J. Lang / G. Bigga / Ch. Miller / N. J. Conard, New Organic Artifacts From the 2008-2009 Excavations in Schöningen (Lower Saxony, Germany). In: *Paleoanthropology society meeting abstracts*, St. Louis, MO, 13-14 April 2010 (2010) 30.
- J. Serangeli / M.-A. Julien / H. Napierala / N. J. Conard / U. Böhner / T. van Kolfschoten, Ein sehr gut erhaltener Auerochse aus Schöningen 12 II. In: *Unterlagen der 53. Tagung der Gesellschaft vom 26.-30. April 2011 in Herne (Westfalen)* (Erlangen 2011) 43.
- J. Serangeli / U. Böhner / G. Bigga, Ein Stier und aktuelle Forschungen in Schöningen. *Archäologie in Niedersachsen* 14, 2011, 83-86.
- J. Serangeli / G. Bigga / U. Böhner / M.-A. Julien / J. Lang / M. Stahlschmidt, Ein Fenster in das Altpaläolithikum. *Archäologie in Deutschland* 2012/4, 6-12.
- J. Serangeli / U. Böhner / H. Haßmann / N. J. Conard, Die pleistozänen Fundstellen in Schöningen. Eine Einführung. In: K.-E. Behre (Hrsg.), Die chronologische Einordnung der paläolithischen Fundstellen von Schöningen. The chronological setting of the Palaeolithic sites of Schöningen. *Forschungen zur Urgeschichte im Tagebau von Schöningen 1* (Mainz 2012) 23-37.
- M. Sierralta / M. Frechen / B. Urban, ²³⁰Th/U dating results from opencast mine Schöningen. In: K.-E. Behre (Hrsg.), Die chronologische Einordnung der paläolithischen Fundstellen von Schöningen. The chronological setting of the Palaeolithic sites of Schöningen. *Forschungen zur Urgeschichte im Tagebau von Schöningen 1* (Mainz 2012) 143-154.
- G. M. Smith, Damage inflicted upon animal bone by wooden projectiles: experimental results and archaeological implications. *Journal of Taphonomy* 1/2, 2003, 3-12.
- J. D. Speth, *The Paleoanthropology and Archaeology of Big-Game Hunting. Protein, Fat, or Politics?* (New York, Dordrecht, Heidelberg, London 2010).
- M. Stahlschmidt / B. Ligouis / Ch. Miller / U. Hambach, Geoarchaeological research in Schöningen 13 II-4: Introducing the methods and their application. In: *Unterlagen der 53. Tagung der Hugo Obermaier-Gesellschaft vom 26.-30. April 2011 in Herne (Westfalen)* (Erlangen 2011) 43-44.
- M. Stahlschmidt / Ch. Miller / B. Ligouis, / U. Hambach / J. Serangeli / N. J. Conard, Geoarchaeological Analysis in Schöningen 13 II: A multidisciplinary approach. *Arbeitskreis Geoarchäologie, Jahrestagung 2011, Heidelberg* 6.-8. Mai (Heidelberg 2011) 61.
- M. Stahlschmidt / B. Ligouis / Ch. Miller, The depositional environments of Schöningen 13II-4 and their archaeological implications Schöningen 13II-4 and their archaeological implications. Abstracts of the SAA 77th annual meeting (Memphis 2012) 332.
- M. Stahlschmidt / Ch. Miller / B. Ligouis / G. Bigga / F. Berna / J. Serangeli / N. J. Conard, Geoarchaeological investigation into the site formation processes at Schöningen 13 II-4: purported fireplaces and depositional environment. In: *Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Hugo-Obermaier Gesellschaft, April 10-14, 2012 in Toulouse* (Erlangen 2012) 50.
- L. Steguweit, Die Recken von Schöningen – 400,000 Jahre mit dem Speer. *Mitteilungsblatt der Gesellschaft für Urgeschichte* 8, 1999, 5-14.
- Gebrauchsspuren an Artefakten der Hominidenfundstelle Bilzingsleben (Thüringen) [Diss. Univ. Tübingen 2002]. *Tübinger Arbeiten zur Urgeschichte* 2 (Rahden/Westf. 2003).
- H. Thieme, Alt- und Mittelsteinzeit in Niedersachsen. In: K. Wilhelmi (Hrsg.), *Ausgrabungen in Niedersachsen. Archäologische Denkmalpflege 1979-1984*. *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen*, Beiheft 1 (Stuttgart 1985) 49-51.

Bericht über die Ausgrabungstätigkeit der Archäologischen Denkmalpflege in Niedersachsen im Jahre 1985. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 55, 1986, 372-373 Kat.-Nr. 11-15.

Bericht über die Ausgrabungstätigkeit der Archäologischen Denkmalpflege im Niedersächsischen Landesverwaltungsamt – Institut für Denkmalpflege. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 56, 1987, 444 Kat.-Nr. 6-7.

Bericht über die Ausgrabungstätigkeit der Archäologischen Denkmalpflege im Niedersächsischen Landesverwaltungsamt – Institut für Denkmalpflege – 1987. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 57, 1988, 342 Kat.-Nr. 3-5.

Alt- und Mittelsteinzeit. In: H.-J. Hässler (Hrsg.), Ur- und Frühgeschichte in Niedersachsen (Stuttgart 1991) 77-108.

Ein Fundplatz aus der Zeit des Urmenschen im Tagebau Schöningen, Lkr. Helmstedt. Spuren der ältesten Besiedlung Niedersachsens. Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 1993/2, 46-51.

Bericht über die Ausgrabungstätigkeit der Archäologischen Denkmalpflege im Niedersächsischen Landesverwaltungsamt – Institut für Denkmalpflege – 1993. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 63, 1994, 186 Kat.-Nr. 30.

Der älteste Lagerplatz des Urmenschen in Niedersachsen. Archäologie in Deutschland 1994/2, 18-21.

Der altpaläolithische Fundplatz Schöningen 13 I (Holstein-Interglazial). In: H. Thieme / R. Maier, Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt (Hannover 1995) 57-61.

Die ältesten Siedlungsspuren im Harzvorland – Kultur und Umwelt des Urmenschen (*Homo erectus*). In: H. Thieme / R. Maier, Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt (Hannover 1995) 25-26.

Die altpaläolithischen Fundschichten Schöningen 12 (Reinsdorf-Interglazial). In: H. Thieme / R. Maier, Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt (Hannover 1995) 62-72.

Ein altpaläolithischer Lagerplatz aus der Zeit des Urmenschen von Schöningen 13 II (Reinsdorf-Interglazial). In: H. Thieme / R. Maier, Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt (Hannover 1995) 95-107.

Altpaläolithische Fundplätze im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt. In: K. W. Beinhauer / R. Kraatz / G. A. Wagner (Hrsg.), *Homo erectus heidelbergensis* von Mauer. Kolloquium I. Neue Funde und Forschungen zur frühen Menschheitsgeschichte Eurasiens mit einem Ausblick auf Afrika. Vom 20. bis 22. Januar 1995 im Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Heidelberg. Resümees / Summaries. Mannheimer Geschichtsblätter Neue Folge, Beiheft 1 (Sigmaringen 1996) 121-132.

Altpaläolithische Wurfspere aus Schöningen, Niedersachsen. Ein Vorbericht. Archäologisches Korrespondenzblatt 26, 1996, 377-393.

Die ältesten Wurfspere der Welt – Jagdwaffen des Urmenschen (*Homo erectus*) aus Schöningen, Nordharzvorland. Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 1996/1, 2-6.

Schöningen. Fundchronik. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 64/2, 1995 (1996), 221 Kat.-Nr. 63.

Situation der Bodendenkmalpflege im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt. Altpaläolithische Fundplätze mit Jagdbeuteresten und Holzgeräten. In: H. Koschik (Hrsg.), Archäologie in den Braunkohlenrevieren Mitteleuropas. Materialien zur Bodendenkmalpflege im Rheinland 6 (Köln 1996) 133-145.

Alt- und Mittelsteinzeit. In: W.-D. Steinmetz (Hrsg.), Das Braunschweiger Land. Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland 34 (Stuttgart 1997) 44-60.

Älteres Paläolithikum aus dem Gebiet zwischen Weser und Elbe. In: L. Fiedler (Hrsg.), Archäologie der ältesten Kultur in Deutschland. Materialien zur Vor- und Frühgeschichte von Hessen 18 (Wiesbaden 1997) 328-356.

Altpaläolithische Wurfspere aus Schöningen, Nordharzvorland. In: G. A. Wagner / K. W. Beinhauer (Hrsg.), *Homo heidelbergensis* von Mauer. Das Auftreten des Menschen in Europa (Heidelberg 1997) 304-312.

Lower Palaeolithic hunting spears from Germany. Nature 385, 1997, 807-810.

Schöningen. Fundchronik Niedersachsen 1995. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 65/2, 1996 (1997), 258 Kat.-Nr. 31.

Und er jagte doch. Archäologie in Deutschland 1997/3, 47-48.

Altpaläolithische Wurfspere von Schöningen, Niedersachsen. Praehistoria Thuringica 2, 1998, 22-31.

Die ältesten Spere der Menschheit. Archäologie in Niedersachsen 1, 1998, 47-49.

Las lanzas más antiguas del mundo: armas de caza del Paleolítico inferior de Schöningen, Alemania. The oldest spears in the world: Lower Palaeolithic hunting weapons from Schöningen, Germany. In: E. Carbonell / J. M. Bermúdez de Castro / J. L. Arsuaga / X. P. Rodríguez (Hrsg.), Los primeros pobladores de Europa: Últimos descubrimientos y debate actual. The first europeans: Recent discoveries and current debate (Burgos 1998) 169-193.

Schöningen. Fundchronik Niedersachsen 1996. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 66/2, 1997 (1998), 354 Kat.-Nr. 8.

Schöningen. Fundchronik Niedersachsen 1997. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 1, 1997 (1998), 11-12 Kat.-Nr. 14.

Altpaläolithische Fundplätze mit Jagdbeuteresten und Holzgeräten im Tagebau Schöningen, Lkr. Helmstedt. In: M. Kokabi / E. May (Hrsg.), Beiträge zur Archäozoologie und Prähistorischen Anthropologie 2 (Konstanz 1999) 36-45.

Altpaläolithische Holzgeräte aus Schöningen, Lkr. Helmstedt. Bedeutsame Funde zur Kulturentwicklung des frühen Menschen. Germania 77, 1999, 451-487.

Ein angekohelter Holzstab vom altpaläolithischen Fundplatz Schöningen 13 II-4. In: E. Czesla / T. Kersting / S. Pratsch (Hrsg.), Den Bogen spannen ... (Festschrift für Bernhard Gramsch). Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas 20 (Weißbach 1999) 15-27.

Jagd auf Wildpferde vor 400.000 Jahren. Fundplätze aus der Zeit des Urmenschen (*Homo erectus*) im Tagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt. In: M. Boetzkos / I. Schweitzer / J. Vespermann (Hrsg.), EisZeit: Das große Abenteuer der Naturbeherrschung. Begleitbuch zur gleichnamigen Ausstel-

lung des Roemer-Museums Hildesheim (Hildesheim, Stuttgart 1999) 122-136.

Lower Palaeolithic Throwing Spears and Other Wooden Implements From Schöningen, Germany. In: H. Ullrich (Hrsg.), *Hominid Evolution. Lifestyles and Survival Strategies* (Gelsenkirchen, Schwelm 1999) 383-395.

Schöningen. Fundchronik Niedersachsen 1998. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 2, 1998 (1999), 21-22 Kat.-Nr. 19.

Die ältesten Speere der Welt aus Schöningen. Jagd auf Wildpferde vor 400.000 Jahren. In: Landkreis Helmstedt (Hrsg.), *Kreisbuch 2000. Geschichte und Geschichten* (Helmstedt 2000) 65-78

Die altpaläolithischen Wurfspere von Schöningen. In: W. Hansch (Hrsg.), *Eiszeit – Mammut, Urmensch ... und wie weiter?* [Begleitheft zur gleichnamigen Ausstellung in den Städtischen Museen Heilbronn vom 20. Oktober 2000-18. Februar 2001]. Museo 16, Veröffentlichungen der Städtischen Museen Heilbronn (Heilbronn 2000) 108-115.

Lower Palaeolithic Hunting Weapons from Schöningen, Germany. The Oldest Spears in the World. *Acta Anthropologica Sinica, Supplement to Vol. 19, Proceedings of 1999 Beijing International Symposium on Paleoanthropology* (Beijing 2000) 140-147 (+ CD-Rom).

Neue Entdeckungen für die Urgeschichte des Menschen: Die altpaläolithischen Fundplätze im Tagebau Schöningen. *Jahrbuch der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft* 1999 (2000), 17-20.

Schöningen. Fundchronik Niedersachsen 1999. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 4, 1999 (2000), 12-15 Kat.-Nr. 9-10.

Lower Palaeolithic Sites at Schöningen, Lower Saxony, Germany. In: *Acts of the XIVth UISPP congress, University of Liège, Belgium, 2-8 September 2001, Abstract* (Oxford 2001).

Schöningen. Fundchronik Niedersachsen 2000. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 6, 2000 (2001), 11-14 Kat.-Nr. 5.

Schöningen. Fundchronik Niedersachsen 2000. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 6, 2000 (2001), 73 Kat.-Nr. 79.

Die ältesten Speere der Welt. Fundplätze der frühen Altsteinzeit im Tagebau Schöningen. In: W. Menghin / D. Planck (Hrsg.), *Menschen, Zeiten, Räume, Archäologie in Deutschland* (Stuttgart 2002) 105-107.

Schöningen. Fundchronik Niedersachsen 2001. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 8, 2001 (2002), 11-13 Kat.-Nr. 5.

Schöningen. Fundchronik Niedersachsen 2001. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 8, 2001 (2002), 59-62 Kat.-Nr. 114; 76-78 Kat.-Nr. 147.

Schöningen. Fundchronik Niedersachsen 2002. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 9, 2002 (2003), 12-13 Kat.-Nr. 10.

Schöningen. Fundchronik Niedersachsen 2002. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 9, 2002 (2003), 55 Kat.-Nr. 121; 68 Kat.-Nr. 150.

The Lower Palaeolithic sites at Schöningen, Lower Saxony, Germany. In: J. M. Burdukiewicz / A. Ronen (Hrsg.), *Lower Pa-*

aeolithic Small Tools in Europe and the Levant. British Archaeological Reports, International Series 1115 (Oxford 2003) 9-27.

Das Jagdverhalten unterschied sich im Grunde nicht von dem einer Homo sapiens-Gruppe vor 20.000 Jahren. *Interview. Spektrum der Wissenschaft* 2004/10, 48-50.

Die ältesten Speere der Welt (ca. 400.000 Jahre) – Fundplätze des Urmenschen (Homo erectus) im Tagebau Schöningen. *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 2004/4, 135.

Die größte archäologische Ausgrabung in Niedersachsen. Bedeutende Entdeckungen zur Urgeschichte im Tagebau Schöningen. In: M. Fansa / F. Both / H. Haßmann (Hrsg.), *Archäologie Land Niedersachsen. 25 Jahre Denkmalschutzgesetz – 400.000 Jahre Geschichte* (Stuttgart 2004) 294-299.

Schöningen. Fundchronik Niedersachsen 2003. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 10, 2003 (2004), 12-13 Kat.-Nr. 12.

Die ältesten Speere der Welt – Fundplätze der frühen Altsteinzeit im Tagebau Schöningen. *Archäologisches Nachrichtenblatt* 10/4, 2005, 409-417.

Schöningen. Fundchronik Niedersachsen 2004. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte, Beiheft 11, 2004 (2005), 7-9 Kat.-Nr. 2.

The Lower Palaeolithic art of hunting. The case of Schöningen 13 II-4, Lower Saxony, Germany. In: C. Gamble / M. Porr (Hrsg.), *The Hominid Individual in Context. Archaeological investigations of Lower and Middle Palaeolithic landscapes, locales and artefacts* (London, New York 2005) 115-132.

Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren. Begleitbuch zur Landesausstellung im Braunschweigischen Landesmuseum vom 24. 11. 2007 bis 24. 2. 2008 und im Niedersächsischen Landesmuseum Hannover vom 28. 3. bis 27. 7. 2008; hrsg. von H. Thieme (Stuttgart 2007).

Der Große Wurf von Schöningen: das neue Bild zur Kultur des frühen Menschen. Das Wildpferd-Jagdlager von Schöningen mit den Jagdspereen. In: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren* (Stuttgart 2007) 224-228.

Der Zerlegungsplatz der Jagdbeute. Ein Befund von Weltbedeutung: Ein Wildpferd-Jagdlager vor 400.000 Jahren. In: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren* (Stuttgart 2007) 172-173.

Die ältesten Speere der Menschheit: Funde von Weltrang. In: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren* (Stuttgart 2007) 13-16.

Die altpaläolithische Fundstelle Schöningen 13 I: der bisher älteste Siedlungsnachweis des Menschen in Niedersachsen. In: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren* (Stuttgart 2007) 212-216.

Die Fundschicht Schöningen 13 II-4: Zehn Meter unter unseren Füßen. Ein Befund von Weltbedeutung: Ein Wildpferd-Jagdlager vor 400.000 Jahren. In: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren* (Stuttgart 2007) 128-135.

Die Holzgeräte: Speere, Wurfstock, Bratspieß. Ein Befund von Weltbedeutung: Ein Wildpferd-Jagdlager vor 400.000 Jahren. In: H. Thieme (Hrsg.), *Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren* (Stuttgart 2007) 144-157.

- Ein ehemaliger See als Archiv – Schatzkammer für die Forschung. Eine neu entdeckte Warmzeit in Schöningen: Das Reinsdorf-Interglazial. In: H. Thieme (Hrsg.), Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren (Stuttgart 2007) 88-92.
- Eine dreimonatige Rettungsgrabung 1992 in 15 Meter Tiefe. Die altpaläolithische Fundstelle Schöningen 12 (Reinsdorf-Warmzeit). In: H. Thieme (Hrsg.), Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren (Stuttgart 2007) 192-201.
- Steinartefakte – Handlungen und Gedanken in Stein. Ein Befund von Weltbedeutung: Ein Wildpferd-Jagdlager vor 400.000 Jahren. In: H. Thieme (Hrsg.), Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren (Stuttgart 2007) 141-144.
- Überlegungen zum Gesamtbefund des Wildpferd-Jagd-lagers. In: H. Thieme (Hrsg.), Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren (Stuttgart 2007) 178-190.
- Zur Anwesenheit des Menschen während der Reinsdorf-Warmzeit. Eine neu entdeckte Warmzeit in Schöningen: Das Reinsdorf-Interglazial. In: H. Thieme (Hrsg.), Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren (Stuttgart 2007) 124-126.
- LANZE und SPEERE des URMENSCHEN aus LEHRINGEN und SCHÖNINGEN. Die Kunde NF 60, 2009, 143-166.
- H. Thieme / R. Maier, »Braunkohlen-Archäologie« – Forschungschance trotz Denkmalzerstörung. Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 1988/3, 87-89.
- Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt (mit Beiträgen von D. Mania / B. Urban / T. van Kolfschoten / W. H. Schoch & der Braunschweigischen Kohlen-Bergwerke AG) (Hannover 1995).
- H. Thieme / D. Mania, »Schöningen 12« – ein mittelpleistozänes Interglazialvorkommen im Nordharzvorland mit paläolithischen Funden. Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift 34, 1993, 610-619.
- H. Thieme / R. Maier / B. Urban, Archäologische Schwerpunktuntersuchungen im Helmstedter Braunkohlerevier (ASHB). – Zum Stand der Arbeiten 1983-1986. Archäologisches Korrespondenzblatt 17, 1987, 445-462.
- H. Thieme / B. Urban / D. Mania / T. van Kolfschoten, Sensationelle Neufunde aus dem Mittelpleistozän im Tagebau Schöningen. Die ältesten Fundhorizonte mit Artefakten in Niedersachsen. Archäologie in Deutschland 1992/4, 49-50.
- Jagdbeutereste und Steinwerkzeuge des Urmenschen. Älteste Fundschichten Niedersachsens im Tagebau Schöningen. Mitteilungen, Braunschweigische Kohlen-Bergwerke AG Helmstedt und Tochtergesellschaften 1992/11, 3-9.
- H. Thieme / R. Maier / B. Urban, Neue Erkenntnisse zum urgeschichtlichen Siedlungsgeschehen. Archäologie in Deutschland 1992/2, 26-30.
- H. Thieme / D. Mania / B. Urban / T. van Kolfschoten Schöningen (Nordharzvorland). Eine altpaläolithische Fundstelle aus dem mittleren Eiszeitalter. Archäologisches Korrespondenzblatt 23, 1993, 147-163.
- H. Thieme / R. Maier / B. Urban, Bericht über die Ausgrabungstätigkeit der Archäologischen Denkmalpflege im Niedersächsischen Landesverwaltungsamt – Institut für Denkmalpflege – 1992. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 62, 1993, 376 Kat.-Nr. 8-9.
- H. Thieme / D. Mania / B. Urban / T. van Kolfschoten, Stop 35: Brown coal opencast mining E of Schöningen/Elm. In: W. Schirmer (Hrsg.), International Union for Quaternary Research, XIV International Congress, August 3-10, 1995, Berlin, Germany. Quaternary field trips in Central Europe Vol. 1: Regional field trips (München 1995) 593-594.
- H. Thieme / D. Mania / U. Böhner / C. Fricke, Schöningen 12 II. Referenzprofil [unpubl. Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege 2005] vgl. auch Thieme 2007a, 92 Abb. 71.
- W. Tschee, Die pleistozäne Schichtenfolge im Tagebau Schöningen Baufeld Esbeck der Braunschweigischen Kohlen-Bergwerke AG [unpubl. Diplomarbeit Univ. Hannover 1991].
- B. Urban, Quartäre Vegetationsgeschichte im Norddeutschen Raum. In: H.-J. Hässler (Hrsg.), Ur- und Frühgeschichte in Niedersachsen (Stuttgart 1991) 38-53.
- Zusammenfassung biostratigraphischer Ergebnisse holstein-bis saalezeitlicher Vorkommen im Tagebau Schöningen, Lkr. Helmstedt. In: A. Aktas / W. Boenigk (Hrsg.), Festschrift zur Vollendung des 70. Lebensjahres von Karl Brunnacker. Sonderveröffentlichungen des Geologischen Instituts der Universität Köln 82 (Köln 1991) 329-342.
- Interglacial/Glacial transitions recorded from middle and young Pleistocene sections of eastern Lower Saxony/Germany. In: G. J. Kukla / E. Went (Hrsg.), Start of a Glacial. Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Correlation Records of the Past held at Cabo Blanco, Mallorca, Spain, April 4-10, 1991. NATO ASI Series I, Global environmental change, vol. 3 (Berlin 1992) 37-50.
- Role of heathland during Pleistocene climatic changes in NW Europe. Scripta Geobotanica 21, 1993, 147-153.
- Mittelpleistozäne Interglaziale im Tagebau Schöningen. Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift 34, 1993, 620-622.
- Palynological evidence of younger Middle Pleistocene Interglacials (Holsteinian, Reinsdorf and Schöningen) in the Schöningen open cast lignite mine (eastern Lower Saxony, Germany). Mededelingen Rijks Geologische Dienst 52, 1995, 175-186.
- Vegetations- und Klimaentwicklung des Quartärs im Tagebau Schöningen. In: H. Thieme / R. Maier, Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt (Hannover 1995) 44-56.
- Middle and Younger Pleistocene Chronostratigraphy, Vegetation and Climates in Northeastern Lower Saxony (Schöningen) Germany. INQUA, XIV Congress, Berlin. Schriften der Alfred Wegener Stiftung 1995/2, 280.
- Mittelpleistozäne Waldzeiten im Tagebau Schöningen: Spektren aus dem Holstein-Interglazial und dem Harbke-Interstadial. In: I. Campen / J. Hahn / M. Uerpman (Hrsg.), Spuren der Jagd – Die Jagd nach Spuren. Festschrift für Hansjürgen Müller-Beck. Tübinger Monographien zur Urgeschichte 11 (Tübingen 1996) 487-495.
- Zur Paläoökologie und Stratigraphie des Mittelpleistozäns im Tagebau Schöningen / NO Niedersachsen. In: Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (Hrsg.), Böden als Zeugen der Landschaftsentwicklung. Festschrift zum 80. Geburtstag von Prof. Dr. H. E. Stremme (Kiel 1996) 127-140.

- Deutschland im Alt- und Mittelpleistozän. In: L. Fiedler (Hrsg.), Archäologie der ältesten Kulturen in Deutschland. Materialien zur Vor- und Frühgeschichte von Hessen 18 (Wiesbaden 1997) 5-15.
- Grundzüge der eiszeitlichen Klima- und Vegetationsgeschichte in Mitteleuropa. In: G. A. Wagner / K. W. Beinbauer (Hrsg.), Homo heidelbergensis von Mauer. Das Auftreten des Menschen in Europa (Heidelberg 1997) 304-312.
- Middle and Late Pleistocene biostratigraphy and paleoclimate of an open-pit coal mine Schöningen, Germany. In: Proceedings of the fourth international symposium and field workshop on paleopedology in Lanzhou, China, July 1998. Chinese Science Bulletin 44, Supplement 1 (1999) 30-37.
- Rekonstruktion pleistozäner und holozäner Landschafts- und Klimageschichte im nördlichen Mitteleuropa mithilfe limnisch-telmatischer und terrestrischer Sediment- und Bodenabfolgen. In: Geo 2002. Planet Erde: Vergangenheit, Entwicklung, Zukunft. Deutsche Geologische Gesellschaft 21, 2002, 336-337.
- Pleistocene Pollen Records from Schöningen, North Germany. In: W. von Koenigswald / S. Condemi / T. Litt / F. Schrenk (Hrsg.), 150 Years of Neanderthal discoveries: Early Europeans – Continuity & Discontinuity, 21-26 July 2006 in Bonn. DEUQUA Sessions 2, Terra Nostra 2006/2, 93.
- Interglacial Pollen Records from Schöningen, North Germany. In: F. Sirocco / M. Claussen / M. F. Sánchez-Goni / T. Litt (Hrsg.), The Climate of Past Interglacials. Developments in quaternary science 7 (Amsterdam 2007) 417-444.
- Quartäre Vegetations- und Klimaentwicklung im Tagebau Schöningen. Das Eiszeitalter und seine Spuren im Tagebau Schöningen. In: H. Thieme (Hrsg.), Die Schöninger Speere – Mensch und Jagd vor 400.000 Jahren (Stuttgart 2007) 66-75.
- Biostratigraphie und Altersstellung der mittelpleistozänen Reinsdorf-Sequenz im Tagebau Schöningen. In: Unterlagen der 52. Jahrestagung der Hugo Obermaier Gesellschaft in Leipzig (Erlangen 2010) 49-50.
- B. Urban / M. Sierralta, Environmental reconstruction and biostratigraphy of Upper Middle Pleistocene lakeshore deposits of Open Mine Schöningen. Abstracts of the SAA 77th annual meeting (Memphis 2012) 353-354.
- New palynological evidence and correlation of Early Palaeolithic sites Schöningen 12 B and 13 II, Schöningen open lignite mine. In: K.-E. Behre (Hrsg.), Die chronologische Einordnung der paläolithischen Fundstellen von Schöningen. The chronological setting of the Palaeolithic sites of Schöningen. Forschungen zur Urgeschichte im Tagebau von Schöningen 1 (Mainz 2012) 77-96.
- B. Urban-Küttel / H. Thieme, Archäologische und paläobotanische Untersuchungen im Tagebau »Schöningen«, Landkreis Helmstedt. In: DEUQUA (Deutsche Quartärvereinigung), Tagung 22, Freiburg i.Br. 10.-12. September 1985, Kurzfassungen der Vorträge (Hannover 1985) 45-46.
- B. Urban / H. Thieme, Klima- und Landschaftsentwicklung im Eiszeitalter. In: Ergebnisse aus dem Tagebau Schöningen. Mitteilungen, Braunschweigische Kohlen-Bergwerke AG Helmstedt und Tochtergesellschaften 1991/2, 3-8.
- Interglazial-Glazial-Abfolgen aus dem Tagebau Schöningen. In: DEUQUA (Deutsche Quartärvereinigung), Tagung vom 12.-21. September 1992 in Kiel (Kiel 1992) 122.
- B. Urban / H. Thieme / H. Elsner, Biostratigraphische, quartärgeologische und urgeschichtliche Befunde aus dem Tagebau »Schöningen«, Lkr. Helmstedt. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 139, 1988, 123-154.
- B. Urban / H. Elsner / A. Hölzer / D. Mania / B. Albrecht, Eine eem- und frühweichselzeitliche Abfolge im Tagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt. Eiszeitalter und Gegenwart 41, 1991, 85-99.
- B. Urban / R. Lenhard / D. Mania / B. Albrecht, Mittelpleistozän im Tagebau Schöningen, Lkr. Helmstedt. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 142, 1991, 351-372.
- B. Urban / H. Thieme / D. Mania / T. van Kolfschoten, B4: Mittel- und jungpleistozäne und holozäne Abfolgen im Tagebau Schöningen (Niedersachsen) – Archäologie, Geologie, Biostratigraphie. In: W. Schirmer (Hrsg.), International Union for Quaternary Research, XIV International Congress, August 3-10, 1995, Berlin, Germany. Quaternary field trips in Central Europe Vol. 4: Exkursionen in Berlin und Umland (München 1995) 1253-1255.
- B. Urban / M. Sierralta / M. Frechen, New evidence for vegetation development and timing of Upper Middle Pleistocene interglacials in Northern Germany and tentative correlations. Quaternary International 241, 2011, 125-142.
- D. Vonend, Die ältesten vollständig erhaltenen Jagdwaffen der Welt. Der Holznagel 1998/1, 45-46.
- Projektstart Forschungs- und Erlebniszentrum Schöningen. Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 2010/1, 27.
- B. Voormolen, Het onderzoek naar de taphonomie van het faunacomplex Schöningen 12B: de vraagstellingen, methoden en enkele voorlopige resultaten. Cranium 13/1, 1996, 39-46.
- The Vertebrate Taphonomy of the Middle Pleistocene Site Schöningen 12 B, Niedersachsen, Germany [unpubl. Masterarbeit Univ. Leiden 1997].
- Ancient hunters, modern butchers: Schöningen 13 II-4, a kill-butcher site dating from the northwest European Lower Palaeolithic [Diss. Univ. Leiden 2008]. <https://openaccess.leidenuniv.nl/handle/1887/12661> (1.6.2012).
- B. Wagner / M. Frechen, Untersuchung jungpleistozäner Lössprofile im Tagebau Schöningen. In: Unterlagen der 53. Tagung der Hugo Obermaier-Gesellschaft vom 26.-30. April 2011 in Herne (Westfalen) (Erlangen 2011) 47.
- S. Wansa, Lithologische Untersuchung pleistozäner Sedimente im Braunkohlentagebau Schöningen [unpubl. Bericht, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Hannover 1992].
- H.-J. Weymann / L. Feldmann / H. Bombien, Das Pleistozän des nördlichen Harzvorlandes – Eine Zusammenfassung. Eiszeitalter und Gegenwart 55, 2005, 43-63.
- K. van Zijderveld / M. Kirkels, De Midden Pleistocene grote zoogdierresten uit de bruinkoolgroeve Schöningen (Schön 12B), Duitsland. Cranium 13/1, 1996, 31-38.
- G. Zipf, Forschen und Erleben unter einem Dach. Das neue Zentrum in Schöningen. Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 2010/3, 82-84.
- G. Zipf / K. F. Hillgruber / R. Gerst, Forschungs- und Erlebniszentrum Schöninger Speere. In: Unterlagen der 52. Jahrestagung der Hugo Obermaier Gesellschaft in Leipzig (Erlangen 2010) 16.

Die Aufdeckung eines Jagdlagers im Braunkohlen-Tagebau von Schöningen mit den ältesten Speeren der Welt hat sowohl in der Wissenschaft als auch in der breiten Öffentlichkeit eine große Resonanz gefunden. Daneben stellt die Grube ein Fenster in die Vergangenheit dar, das über mehrere Hunderttausend Jahre den geologischen Ablauf und die Umweltgeschichte aufzeigt.

Die riesigen geologischen Aufschlüsse und die archäologischen Ausgrabungen haben Schöningen zu einem Schlüsselgebiet für die gesamte mitteleuropäische Eiszeitalterforschung gemacht. In dem ersten Band der neuen Reihe zu diesem Fundplatz werden in sieben Beiträgen die Untersuchungsergebnisse der beteiligten Disziplinen zum zeitlichen Ablauf des Mittelpleistozäns vorgelegt. Vier weitere Beiträge stellen die Ergebnisse aus Schöningen in den größeren Kontext Mitteleuropas, für dessen zeitliche Gliederung sie große Bedeutung haben.