

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

Niedersächsischen Landesamt
für Denkmalpflege

Römisch-Germanischen 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

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

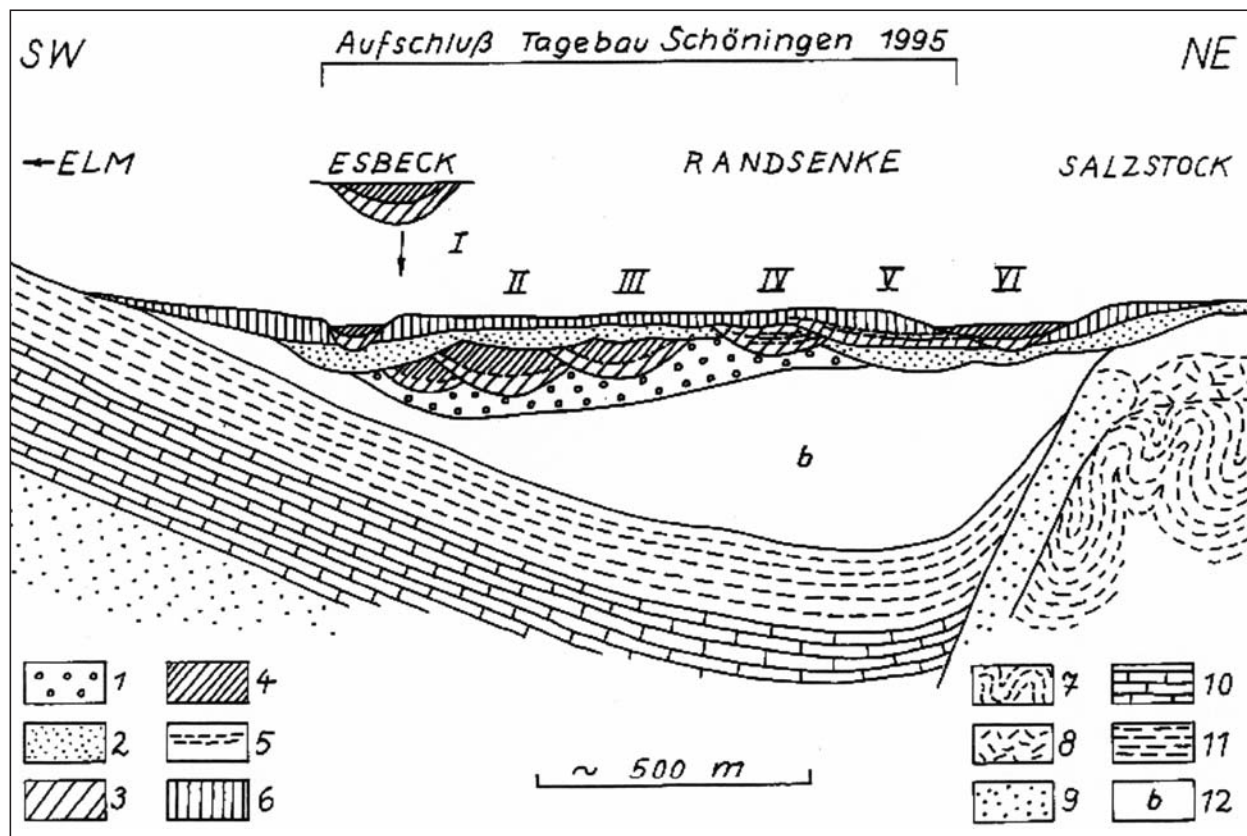


Fig. 1 Schematic section of the cyclic Quaternary sediment sequence in the depression along the Staßfurt-Helmstedter Salt Dome as exposed in the lignite mine of Schöningen. The scale of about 2 km between Cycle VI and the salt dome is compressed in this figure. The oldest interglacial sediments (Schöningen 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; Scourse 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 -Al₂O₃: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 α -Al₂O₃: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 α -Al₂O₃:C dosimeters were implanted in sediment profiles at depths of about 40 cm in order to compensate for the sloping profiles and obtain a 4 π -geometry. The γ -dose rate results from the α -Al₂O₃: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 °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-

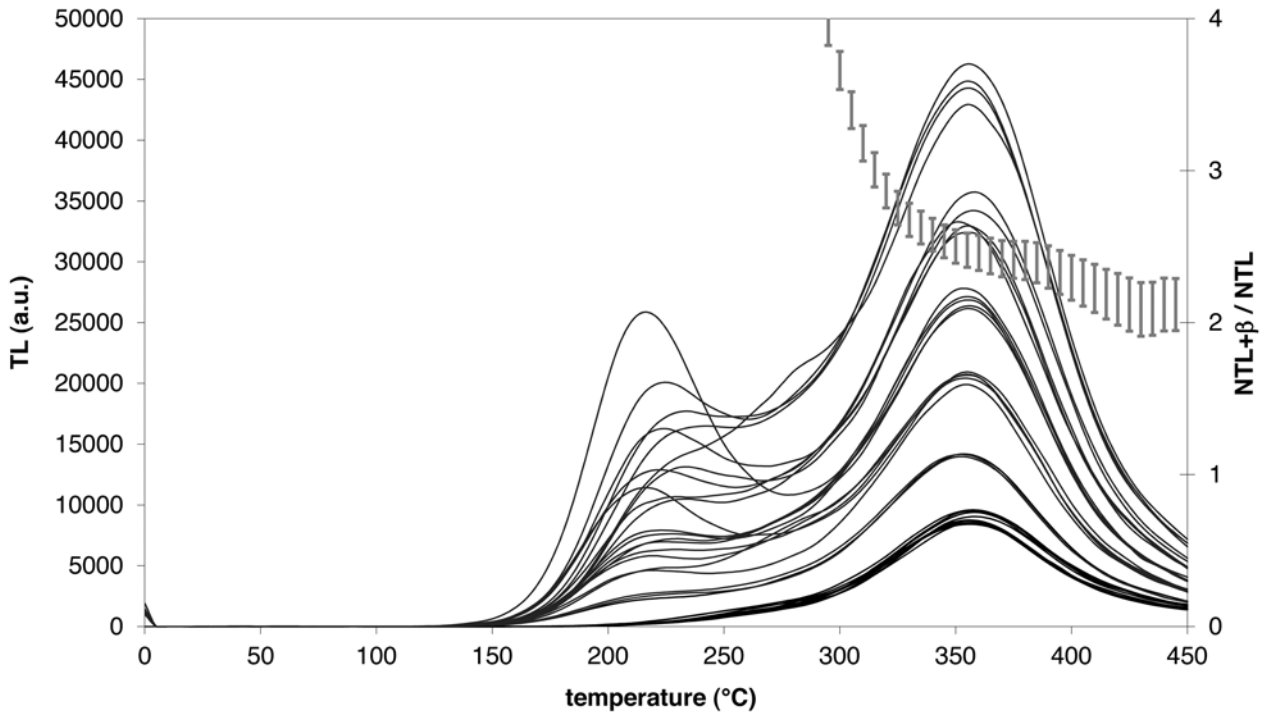


Fig. 3 Additive thermoluminescence glow curves and heating plateau (350-390 °C) of sample Schon-1. – (Illustration D. Richter).

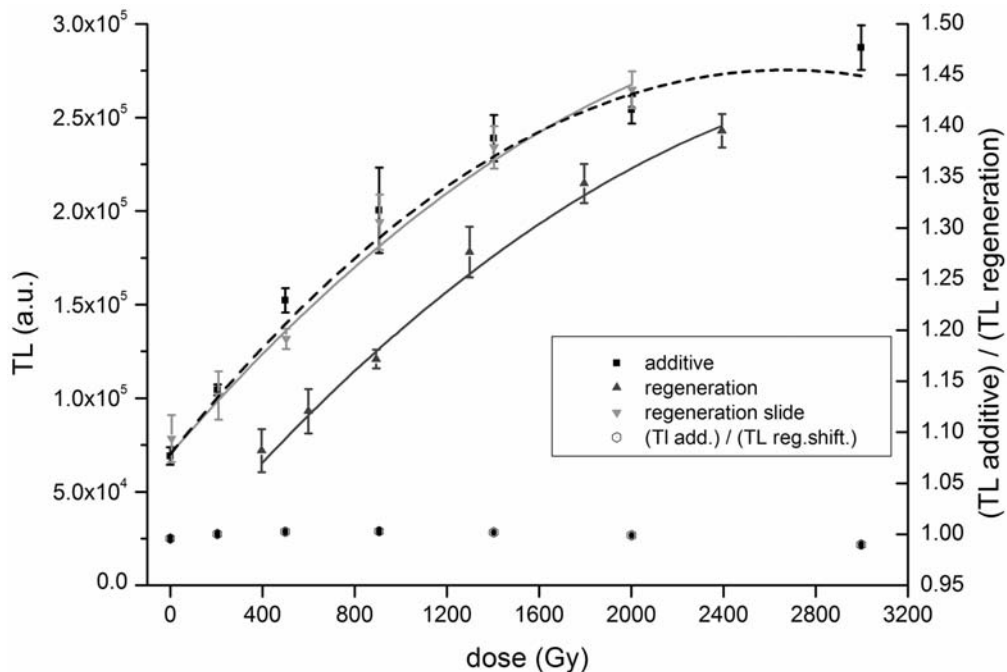


Fig. 4 TL growth curves (polynomial fit) of additive (alpha contribution subtracted; hatched line), regeneration (dark grey line) and shifted (light grey line) regeneration (scaled) of the flint sample Schon-1. The constant TL-ratios (polygon) of the additive to shifted regeneration growth curve at the 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}P TL-Peaks an Quarzen aus dem nördlichen 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 mittelpaläolithischen 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.

VERZEICHNIS DER AUTOREN

Prof. Dr. Karl-Ernst Behre

Niedersächsisches Institut für historische Küstenforschung
Viktoriastraße 26/28
26382 Wilhelmshaven
behre@nihk.de

Dr. Felix Bittmann

Niedersächsisches Institut für historische Küstenforschung
Viktoriastraße 26/28
26382 Wilhelmshaven
bittmann@nihk.de

Dr. Utz Böhner

Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege
Scharnhorststraße 1
30175 Hannover
utz.boehner@nld.niedersachsen.de

Prof. Dr. Nicholas J. Conard

Eberhard Karls Universität Tübingen
Institut für Ur- und Frühgeschichte
und Archäologie des Mittelalters
Ältere Urgeschichte und Quartärökologie
Burgsteige 11, Schloss
72070 Tübingen
nicholas.conard@uni-tuebingen.de

Prof. Dr. Manfred Frechen

Leibniz Institute for Applied Geophysics
Geochronology and Isotope Hydrology
Stilleweg 2
30655 Hannover
manfred.frechen@liag-hannover.de

Prof. Dr. Mebus A. Geyh

Rübeland 12 – OT Bannetze
29308 Winsen (Aller)
mebus.geyh@t-online.de

Dr. Henning Haßmann

Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege
Scharnhorststraße 1
30175 Hannover
henning.hassmann@nld.niedersachsen.de

Dr. Matthias Krbetschek

Senckenberg Museum für Mineralogie und Geologie Dresden
Sektion Lumineszenz
Institut für Angewandte Physik/TU Freiberg
Leipziger Straße 23
09596 Freiberg/Sa
quatmi@physik.tu-freiberg.de

Dipl.-Geow. Jörg Lang

Leibniz-Universität Hannover
Institut für Geologie
Callinstraße 30
30167 Hannover
lang@geowi.uni-hannover.de

Prof. Dr. Klaus-Dieter Meyer

Engenser Weg 5
30938 Burgwedel-Oldhorst

Prof. RNDr. Rudolf Musil, DrSc

Masarykova univerzita
Přírodovědecká fakulta
Ústav geologických věd
Kotlářská 2
CZ - 61137 Brno
rudolf@sci.muni.cz

Prof. Dr. Daniel Richter

Universität Bayreuth
Lehrstuhl Geomorphologie
95440 Bayreuth
daniel.richter@uni-bayreuth.de

Dr. Danielle Schreve

University of London
Department of Geography
Royal Holloway
GB - TW20 0EX Egham, Surrey
danielle.schreve@rhul.ac.uk

Dr. Jordi Serangeli

Eberhard Karls Universität Tübingen
Institut für Ur- und Frühgeschichte
und Archäologie des Mittelalters
Ältere Urgeschichte und Quartärökologie
Burgsteige 11, Schloss
72070 Tübingen
jordi.serangeli@uni-tuebingen.de

Dr. Melanie Sierralta

Leibniz Institute for Applied Geophysics
Geochronology and Isotope Hydrology
Stilleweg 2
30655 Hannover
melanie.sierralta@liag-hannover.de

Prof. Dr. Brigitte Urban

Leuphana Universität Lüneburg
Institut für Ökologie
Scharnhorststraße 1 C13,117
21335 Lüneburg
b.urban@uni-lueneburg.de

Prof. Dr. Thijs van Kolfschoten

Universiteit Leiden
Faculteit der Archeologie
Reuvensplaats 4
Postbus 9515
NL - 2300 RA Leiden
t.van.kolfschoten@arch.leidenuniv.nl

Prof. Dr. Jutta Winsemann

Leibniz Universität Hannover
Institut für Geologie
Callinstraße 30
30167 Hannover
winsemann@geowi.uni-hannover.de