

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> <sup>230</sup> 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 km<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup> 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*

## **<sup>230</sup>Th/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).

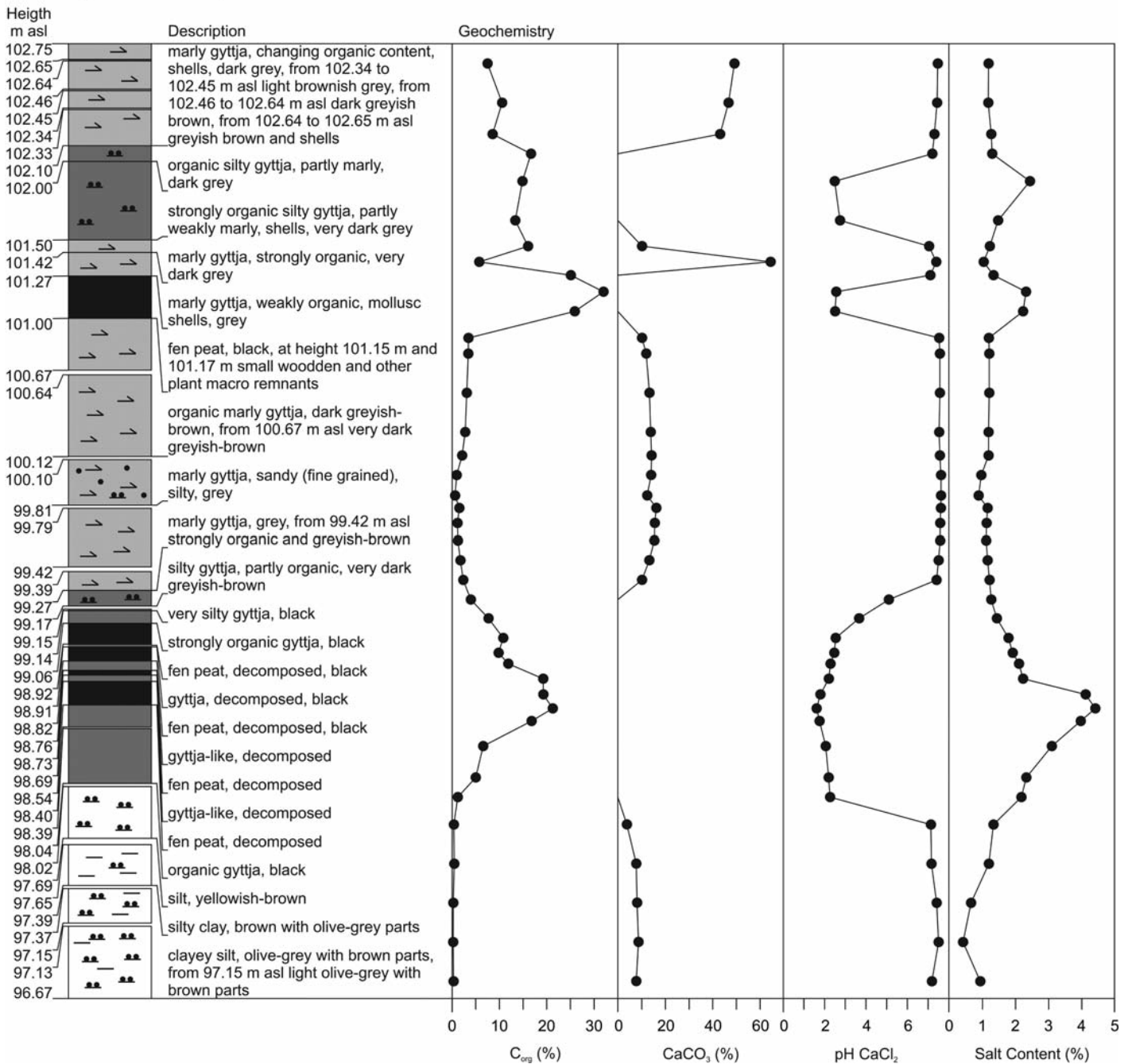
In 2003, the profile of Schöningen 13-II x662 y2 (**fig. 1**) was sampled using 25 cm long steel boxes (Thieme 2007). The lowermost part of this sediment succession consists of two aggradation series that contain peat and gyttja layers. This study reviews several radiometric and thermal ionisation mass spectrometric studies on Schöningen deposits using the <sup>230</sup>Th/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 <sup>230</sup>Th/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 <sup>230</sup>Th/U dating method is based on the radioactive disequilibrium in the <sup>238</sup>U decay series. The <sup>230</sup>Th/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 <sup>230</sup>Th/U dating in 2003. – (Modified after Urban et al. 2011).

al. 2003) is based on the two daughter nuclides <sup>234</sup>U and <sup>230</sup>Th with the half lives of 245,250 ± 490 years and 75,690 ± 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. <sup>230</sup>Th forms by radioactive decay of <sup>234</sup>U when uranium is deposited from groundwater.

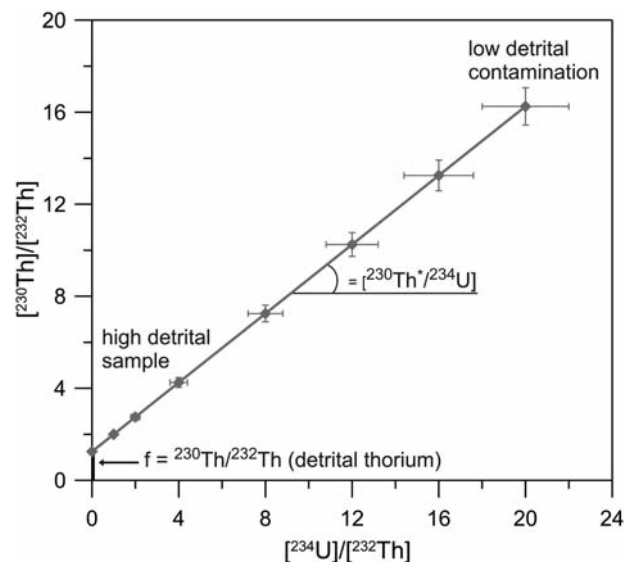
Precise ages are obtained by the  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  method if (1) initially thorium was absent during the formation of fen peat and (2) the deposits have experienced no migration of uranium and thorium since its formation. However, most of such peat formations are impure and gained various amounts of detrital material, e. g. windblown dust containing natural quantities of thorium. Detrital contamination is identified by the presence of significant levels of  $^{232}\text{Th}$  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  $^{230}\text{Th}$  from detritus with a uniform initial  $[\text{}^{230}\text{Th}/\text{}^{232}\text{Th}]$  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  $^{230}\text{Th}$  activities for age calculation can be corrected for the admixed detrital  $^{230}\text{Th}$  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  $^{230}\text{Th}$  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  $^{230}\text{Th}$  activity of each coeval subsample individually according to Kaufman / Broecker (1965).

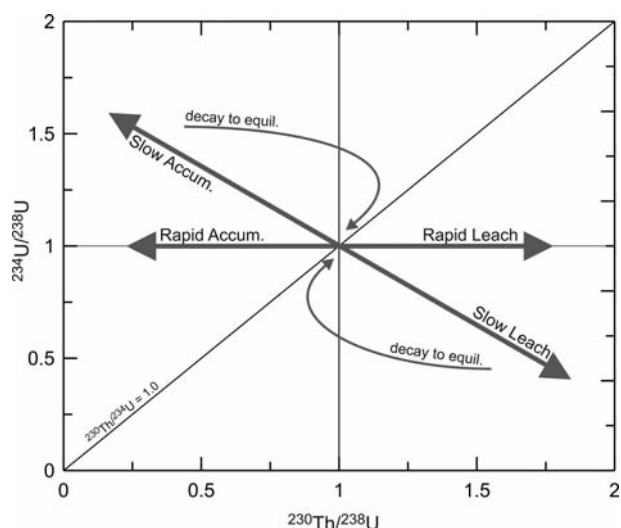
The second prerequisite of the  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  method is that the dated system behaved under closed system conditions with respect to all uranium and thorium isotopes. Humic acids from decomposed plants and organic material such as fen peat take up uranium from the groundwater (Titayeva 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 O<sub>2</sub> 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 HNO<sub>3</sub>/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 RPK) 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 <sup>230</sup>Th/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 <sup>230</sup>Th/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 <sup>230</sup>Th/<sup>232</sup>Th values indicate high detrital contamination of the samples and the need for <sup>230</sup>Th corrections. Unfortunately, the correction of measured <sup>230</sup>Th activities by the isochron method failed. The data points plot widespread in the Rosholt-I plot (<sup>230</sup>Th/<sup>232</sup>Th vs. <sup>234</sup>U/<sup>232</sup>Th; 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 <sup>230</sup>Th/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 <sup>230</sup>Th/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

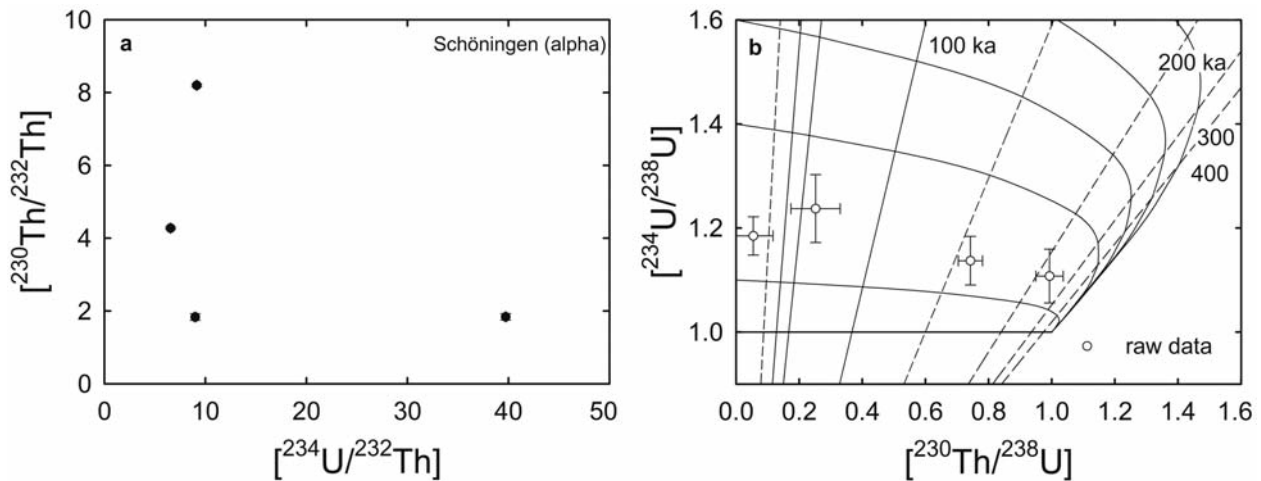


sample	UTD code	U (ppm)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}^*$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}^*$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}^*$	age (ka)
Schöningen 882/Sla	91-179	6.632	$1.104 \pm 0.029$	$0.821 \pm 0.138$	$4.959 \pm 0.777$	180 <sup>+125</sup> -57
Schöningen 882/Sla	91-180	7.518	$1.092 \pm 0.043$	$0.904 \pm 0.167$	$3.296 \pm 0.362$	227 <sup>+2379</sup> -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  $1\sigma$  or  $2\sigma$ , 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 <sub>uncorrected</sub> 1SE [ka]
999 $\alpha$	13-A	12.45	4.590	$0.897 \pm 0.043$	$8.197 \pm 0.036$	$0.993 \pm 0.043$	$1.108 \pm 0.052$	226 $\pm 24$
998 $\alpha$	13-A	4.575	2.419	$0.653 \pm 0.038$	$4.274 \pm 0.031$	$0.743 \pm 0.038$	$1.137 \pm 0.047$	112 $\pm 5$
997 $\alpha$	13-A	36.46	3.310	$0.046 \pm 0.062$	$1.838 \pm 0.091$	$0.055 \pm 0.063$	$1.185 \pm 0.037$	5.1 $\pm 0.2$
994 $\alpha$	12-B	7.535	3.155	$0.204 \pm 0.078$	$1.832 \pm 0.093$	$0.252 \pm 0.078$	$1.237 \pm 0.065$	24.5 $\pm 1.5$

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

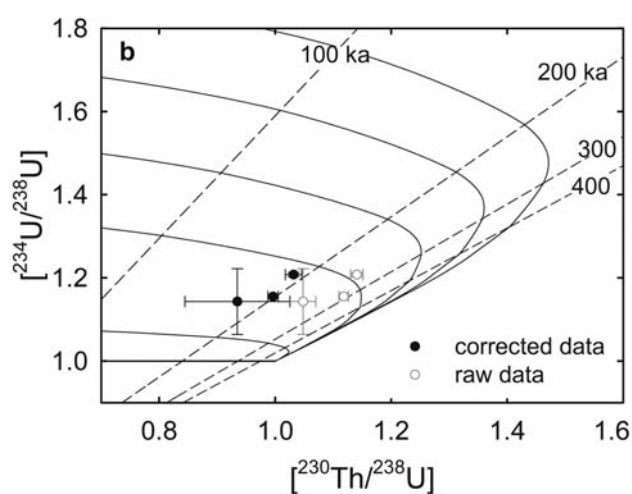
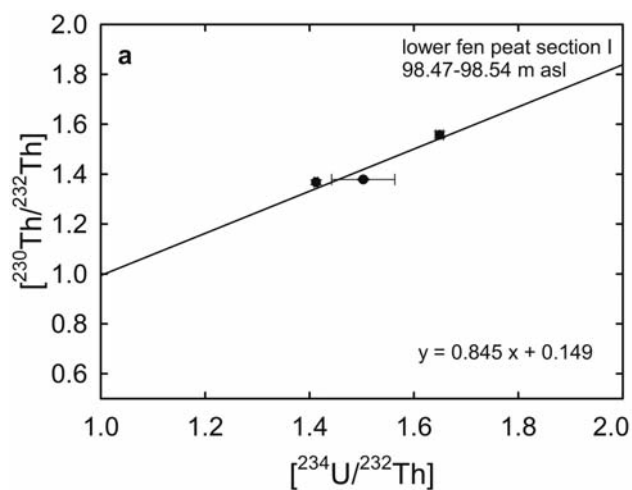


**Fig. 4** Rosholt-I plot (a) and isotope evolution plot (b) from alpha spectrometric results by LIAG laboratory (unpublished). – Solid curved lines in b demonstrate developments of isotope ratios with time, dashed lines represent lines of equal age (isochrons). – (Illustration M. Sierralta).

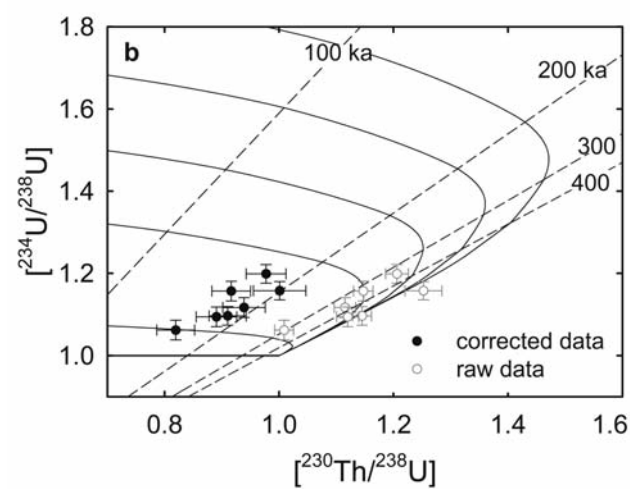
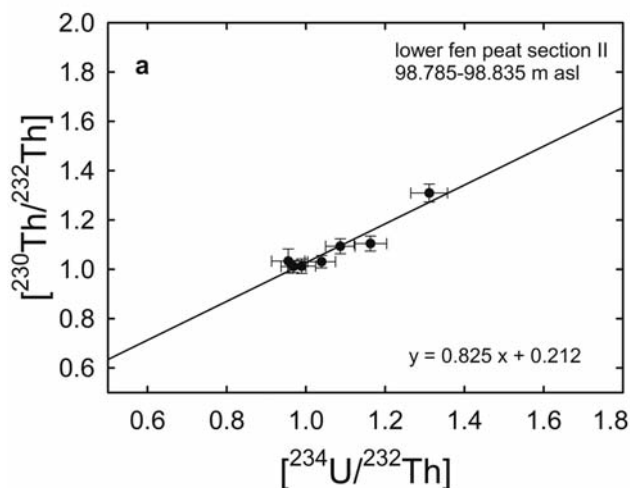
subdivided into three sections from bottom to top: section I) 98.47-98.54m asl, section II) 98.74-98.84 m asl, section III) 98.92-99.06 m asl.

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).

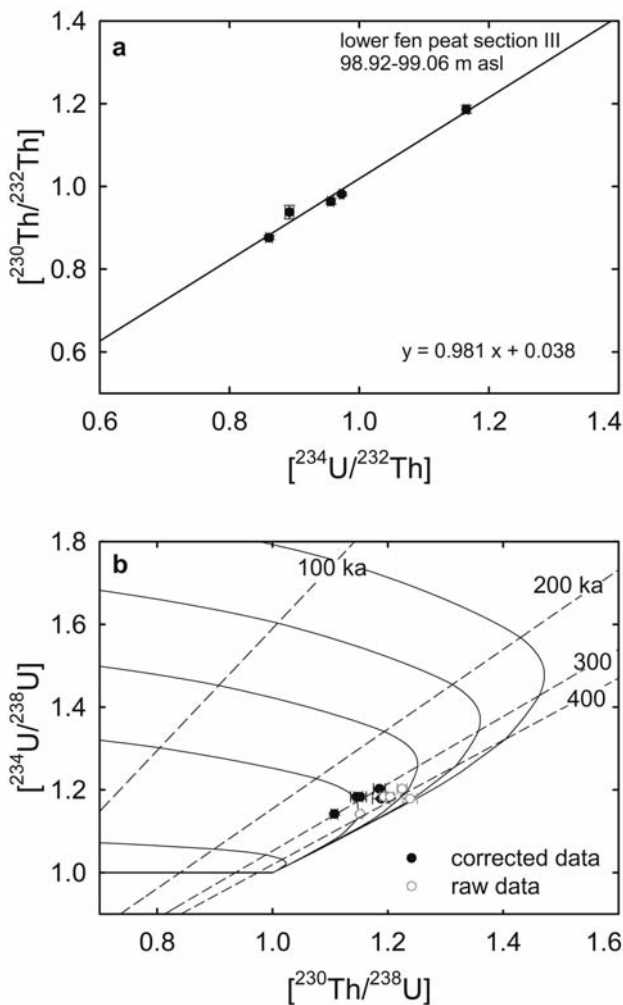


**Fig. 6** Rosholt-I plot (a) and isotope evolution plot (b) for isotopic results from the lower fen peat layer section II (98.74-98.84 m asl) measured by TIMS. For explanation see fig. 4. – (Illustration M. Sierralta).

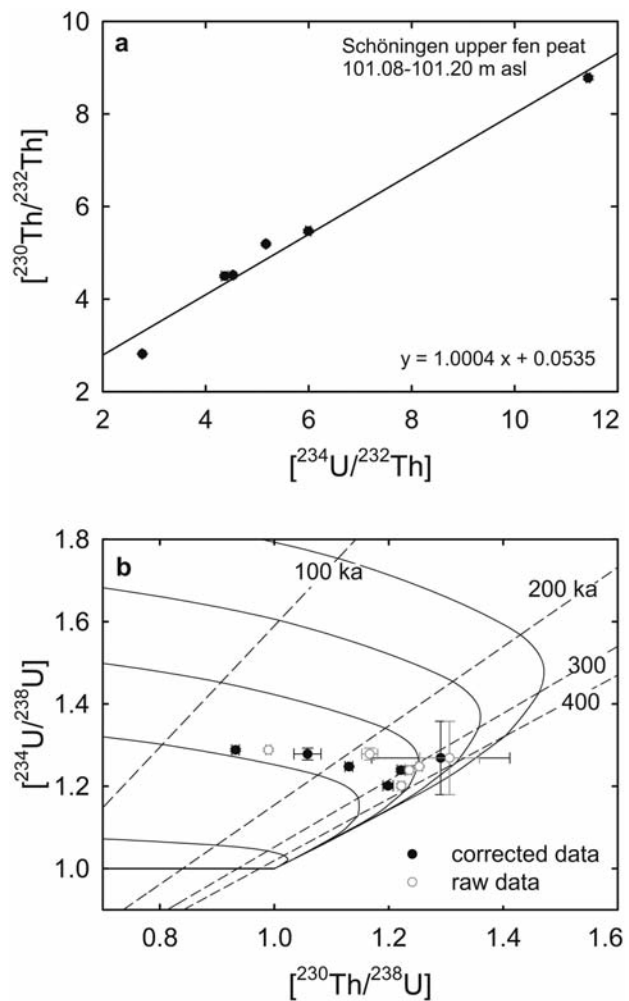
ination. Consequently detrital correction of the measured  $^{230}\text{Th}$  activity had to be applied with individual correction factors determined by the isochron method. The check of closed system behaviour was performed by the isotope evolution plots  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  vs.  $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$  (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  $^{232}\text{Th}$  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  $^{238}\text{U}$  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  $^{232}\text{Th}$  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

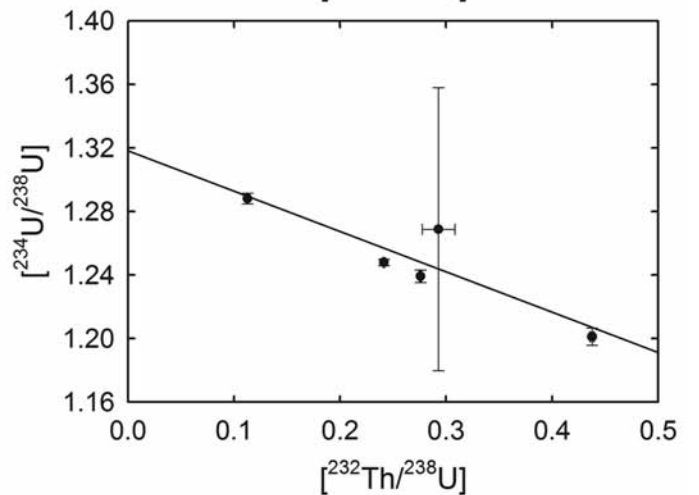
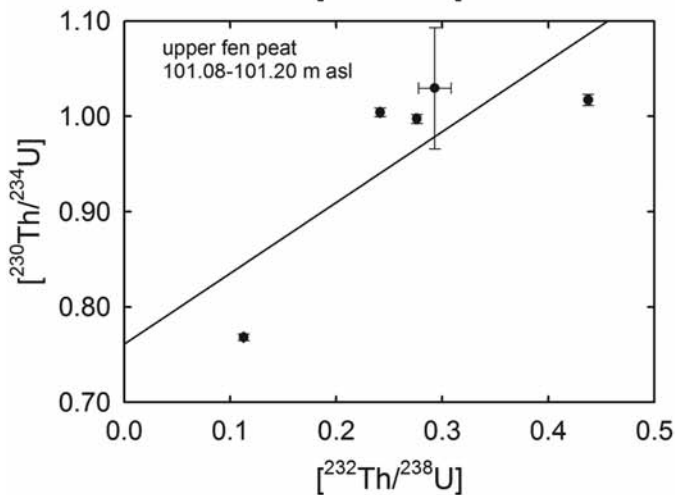
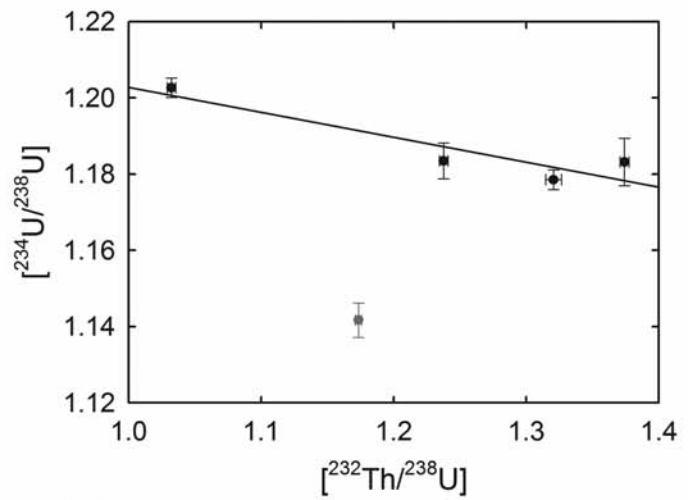
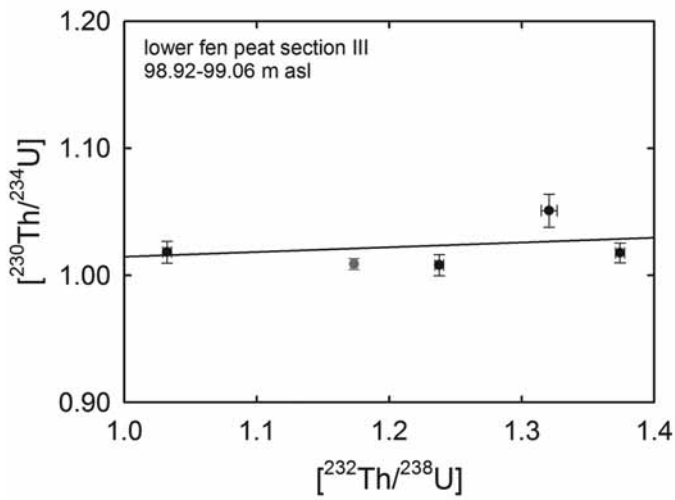
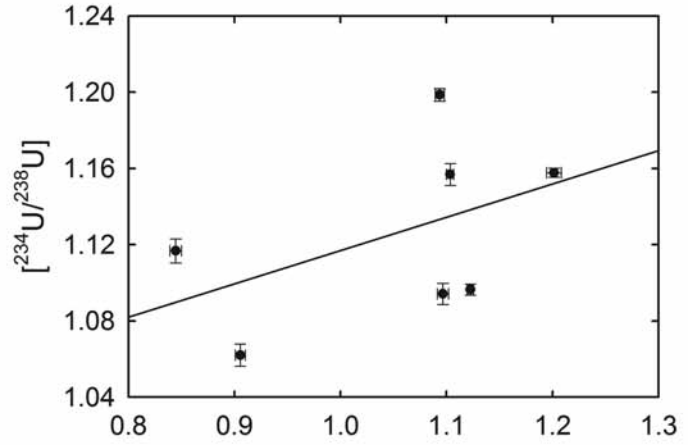
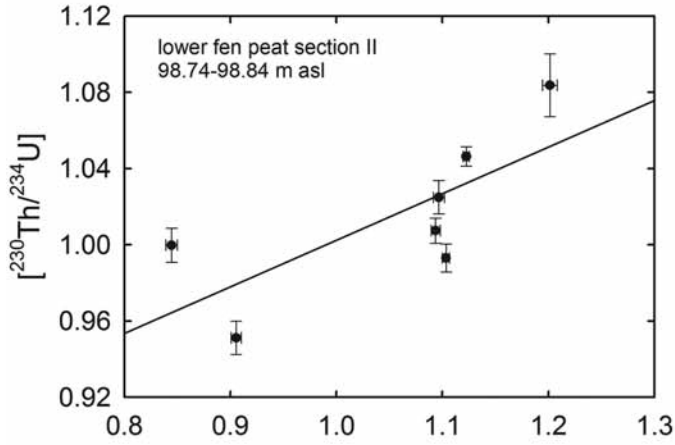
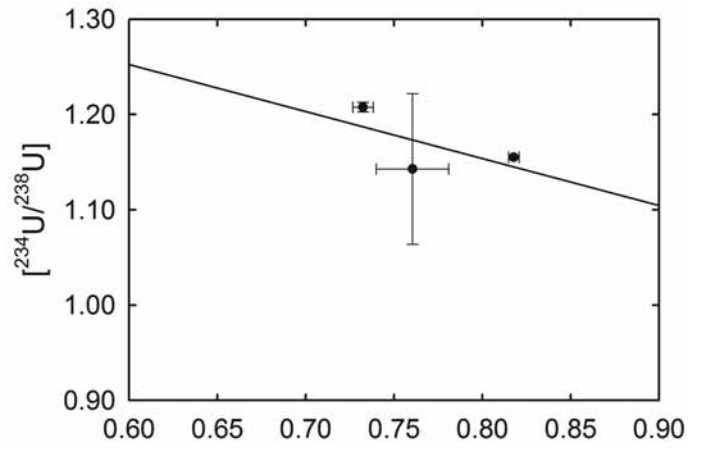
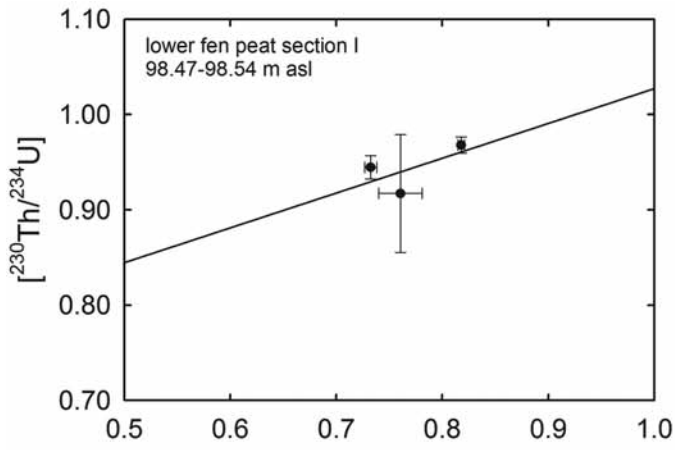
TIMS No	depth [m asl]	U [ppm]	Th [ppm]	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ $2\sigma_{\text{SD}}$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ $2\sigma_{\text{SD}}$	$^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ $2\sigma_{\text{SD}}$	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ $2\sigma_{\text{SD}}$	age <sub>uncorrected</sub> [ka]	age <sub>corrected</sub> [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  $2\sigma$  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  $290 \pm 5$  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  $290 \pm 5$  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  $^{14}\text{C}$  and  $^{230}\text{Th}$  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. *Prähistoria 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 2<sup>nd</sup> United Nations International Conference on the peaceful uses of Atomic Energy (Geneva 1958)* 182-186.
- Thieme 1996: H. Thieme, Altpaläolithische Wurfspeere 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 Wurfspeere von Schöningen, Niedersachsen. *Prähistoria 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

### <sup>230</sup>Th/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 <sup>14</sup>C-Datierungen bieten meist nur Optisch Stimulierte Lumineszenz (OSL) an kalt- und warmzeitlichen Sedimenten und <sup>230</sup>Th/U-Datierungen an warmzeitlichen Torfabfolgen die Möglichkeit zur Bestimmung des geochronologischen Rahmens. Folgende Datierungsvoraussetzungen müssen für eine zuverlässige <sup>230</sup>Th/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 <sup>230</sup>Th/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.

### <sup>230</sup>Th/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 <sup>14</sup>C method, optical stimulated luminescence and <sup>230</sup>Th/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, <sup>230</sup>Th/U investigations on two layers from Reinsdorf interglacial deposits were performed by thermal ionisation mass spectrometry (TIMS). The <sup>230</sup>Th/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.



# 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