

Literatur

Rainer Halpaap, Der Siedlungsplatz Soest-Ardey. Bodenaltertümer Westfalens 30 (Mainz 1994). – **Norbert Hanel/Peter Rothenhöfer**, Germanisches Blei für Rom. Zur Rolle des römischen Bergbaus im rechtsrheinischen Germanien im frühen Prinzipat. *Germania* 83/1, 2005, 53–65. – **Susanne Jülich**, Die frühmittelalterliche Saline von Soest im europäischen Kontext. *Bodenaltertümer Westfalens* 44 (Mainz 2007). – **Walter Melzer/Torsten Capelle (Hrsg.)**, Bleibergbau und Bleiverarbeitung während der römischen Kaiserzeit im rechtsrheinischen Barbaricum. *Soester Beiträge zur Archäologie* 8 (Soest 2007) 91–104. –

Michael Bode, Archäometallurgische Untersuchungen zur Blei-/Silbergewinnung im Germanien der frühen Römischen Kaiserzeit (Diss. Westfälische Wilhelms-Universität Münster 2008). (<http://miami.uni-muenster.de/servlets/DocumentServlet?id=4611>) – **Bernhard Rudnick**, Kneblinghausen, Stadt Rüthen, Kreis Soest. Römerlager in Westfalen 1 (Münster 2008). – **Bernhard Rudnick**, Römische Funde aus Soest. In: Walter Melzer (Hrsg.), *Imperium Romanum productum – Römische Sachgüter in Soest und im mittleren Hellwegraum*. *Soester Beiträge zur Archäologie* 11 (Soest 2010) 9–103.

Glashütte
Archäomagnetik

Archäomagnetische Datierung der Glasöfen am Füllenberg bei Altenbeken-Buke

Kreis Paderborn, Regierungsbezirk Detmold

Elisabeth Schnepf

Eine naturwissenschaftliche Methode zur Altersbestimmung in situ erhaltener, verzierter Befunde wie z. B. Schmelzöfen ist die archäomagnetische Datierung. Hierzu ist es nötig, eine paläomagnetische Beprobung des Befundes durchzuführen. Zur Datierung wird die paläomagnetische Richtung des Befundes mit der Referenzkurve der Säkularvariation der Region verglichen, sodass ein kalibriertes

jekt. P19370-N19) finanziert wurde, wurde im August 2009 während der Grabung vorgenommen. Es wurden zwei Befunde (Abb. 1) beprobt, die als Schmelz- und Streckofen anzusprechen sind. Die Proben wurden als orientierte Handstücke von den Sandsteinblöcken der Ofensetzungen abgesägt bzw. als Steckerne aus dem verzierten Lehm zwischen den Steinen entnommen. Alle Proben wur-

Name	Befunde	n	N	Deklination (°)	Inklination (°)	k	α_{95} (°)
Füllenberg	Schmelz- und Streckofen	36	20	19,9	67,3	104	3,2
Dübelsnacken	Werk-, Streck- und Kühlöfen	33	8	20,2	62,6	389	2,8

archäomagnetisches Alter festgelegt werden kann. Ziel der Beprobung am Füllenberg bei Altenbeken-Buke war einerseits, das Alter der Glasöfen möglichst genau zu bestimmen und mit dem der benachbarten Glashütte Altenbeken-Dübelsnacken zu vergleichen. Andererseits kann die so erhaltene archäomagnetische Richtung auch zusammen mit dem über die keramischen Befunde archäologisch relativ gut festgelegten Alter für die Verbesserung der archäomagnetischen Kalibrationskurve verwendet werden.

Die paläomagnetische Beprobung, die von der LWL-Archäologie für Westfalen und dem österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF, Pro-

den mit Magnetkompass und Inclinometer orientiert, für etwa die Hälfte der Proben war auch eine Sonnenkompassorientierung möglich. Es wurden keine Abweichungen zu den Magnetkompassmessungen beobachtet. Alle Proben wurden im Labor zunächst gefestigt, dann wurden die Steckerne in Stücke von 22 mm Länge geteilt und weiche Sandsteine in Würfel von 19 mm Kantenlänge zersägt. Insgesamt wurden so 36 Zylinder- und 81 Würfelproben gewonnen.

Von allen Proben wurden die Masse, die Suszeptibilität und die natürliche remanente Magnetisierung bestimmt. Die Richtungen der natürlichen remanenten Magnetisierung sind größtenteils jeweils in einem kleinen Be-

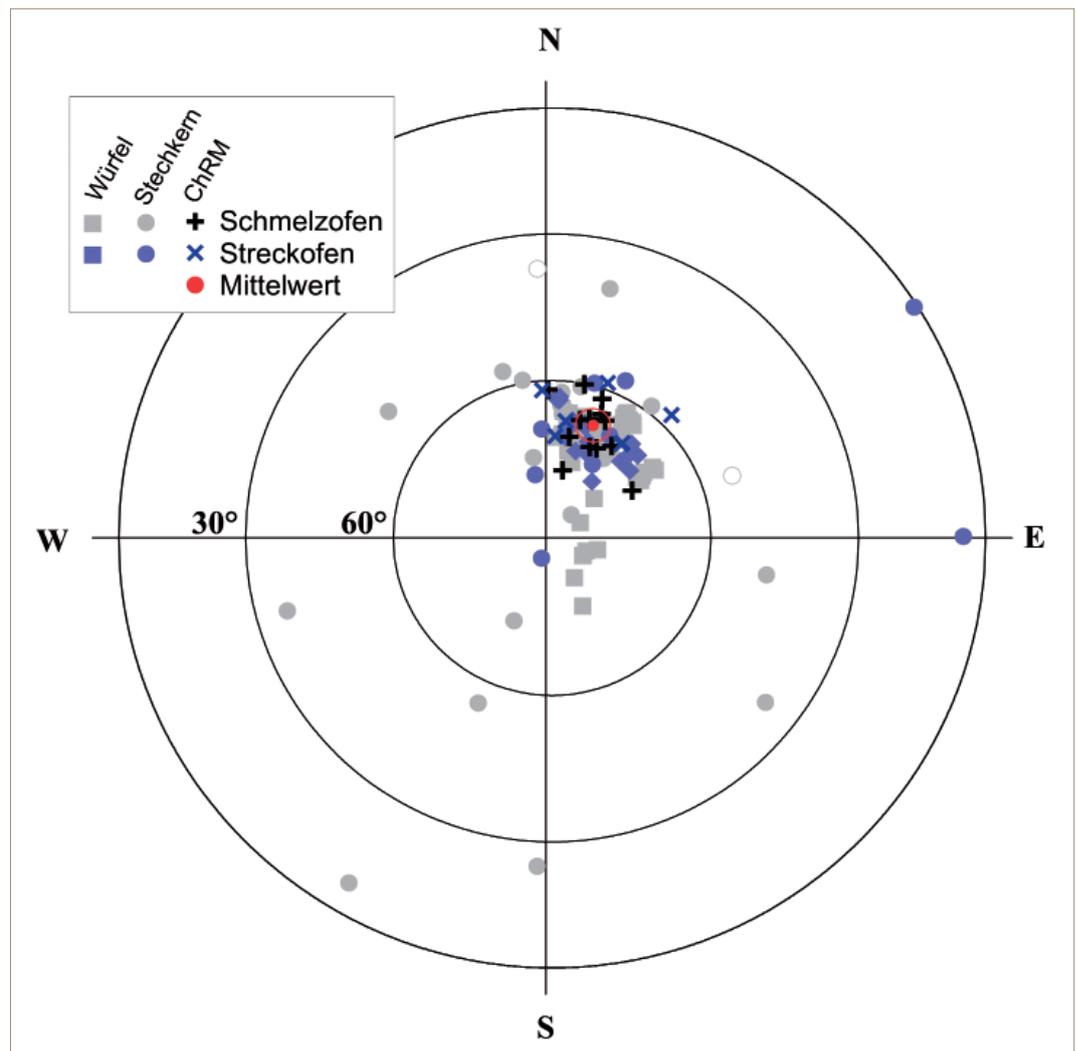
Abb. 1 Die paläomagnetischen Ergebnisse der Glashütten bei Altenbeken für die Grabungen Füllenberg (51.721° N, 8.989° E) und Dübelsnacken (Schnepf 2008). n: Zahl der entnommenen Proben; N: Anzahl der statistisch unabhängigen Richtungen der charakteristischen remanenten Magnetisierung; k = Präzisionsparameter der Fisher-Statistik (Fisher 1953); α_{95} = Radius des Fehlerkreises (Grafik: LWL-Archäologie für Westfalen/ B. Schulte-Linnemann).

reich der Lagenkugel konzentriert (Abb. 2), wobei für die Stechkernproben eine wesentlich stärkere Streuung zu beobachten ist. Bei den Füllungen zwischen den Steinen handelte es sich größtenteils um relativ lockeres Material, das eventuell nicht geeignet war, das Erdmagnetfeld aufzuzeichnen.

Entmagnetisierungen im Wechselfeld wurden an je einem Zylinder pro Stechkern bzw. zwei Würfeln pro Sandsteinblock durchgeführt, weiterhin wurde je ein Würfel auch thermisch entmagnetisiert. Während für alle Sandsteinproben beider Öfen ein stabiles Entmagnetisierungsverhalten zu beobachten war (Abb. 3, a–d), erwies sich die Magnetisierung der meisten Stechkernproben als instabil. Sie zeigte zum Teil auch viskose Überprägungen der Magnetisierung (Abb. 3, b: Probe AFI-09-A). Bei den Sandsteinproben ließen sich sehr schwache viskose Komponenten dagegen leicht beseitigen und die Richtung der charakteristischen remanenten Magnetisierung mithilfe der Hauptkomponentenanalyse (principal

component analysis) bestimmen. 17 Stechkernproben hatten keine stabile Magnetisierung, jedoch zeigten einige ein Großkreisverhalten. Für diese Proben ließ sich eine gemeinsame stabile Richtung bestimmen. Es wurden hierarchische Mittelwerte der Richtungen der charakteristischen remanenten Magnetisierung gebildet, das heißt, es wurde zunächst über den jeweiligen Stechkern bzw. Block und dann über alle unabhängig orientierten Proben des Befundes gemittelt. Mithilfe eines sogenannten F-Tests wurde untersucht, ob die archäomagnetischen Richtungsverteilungen beider Befunde (Schmelz- und Streckofen) einer gemeinsamen statistischen Gesamtheit angehören. Dies kann positiv beantwortet werden und untermauert die gleichzeitige Nutzung beider Öfen. Deshalb wurde ein gemeinsamer Mittelwert aus allen Proben gebildet (Abb. 1). Dieser wird als archäomagnetische Richtung interpretiert, die den Öfen durch das Erdmagnetfeld bei ihrer letzten Benutzung aufgeprägt wurde.

Abb. 2 Darstellung der Richtungen der natürlichen remanenten Magnetisierung und der charakteristischen remanenten Magnetisierung (ChRM) in flächentreuer Projektion. Die mittlere Richtung der Öfen ist zusammen mit dem α_{95} -Fehlerkreis in rot eingezeichnet. Offene Symbole haben negative Inklination (Grafik: Montanuniversität Leoben/ E. Schnepp).



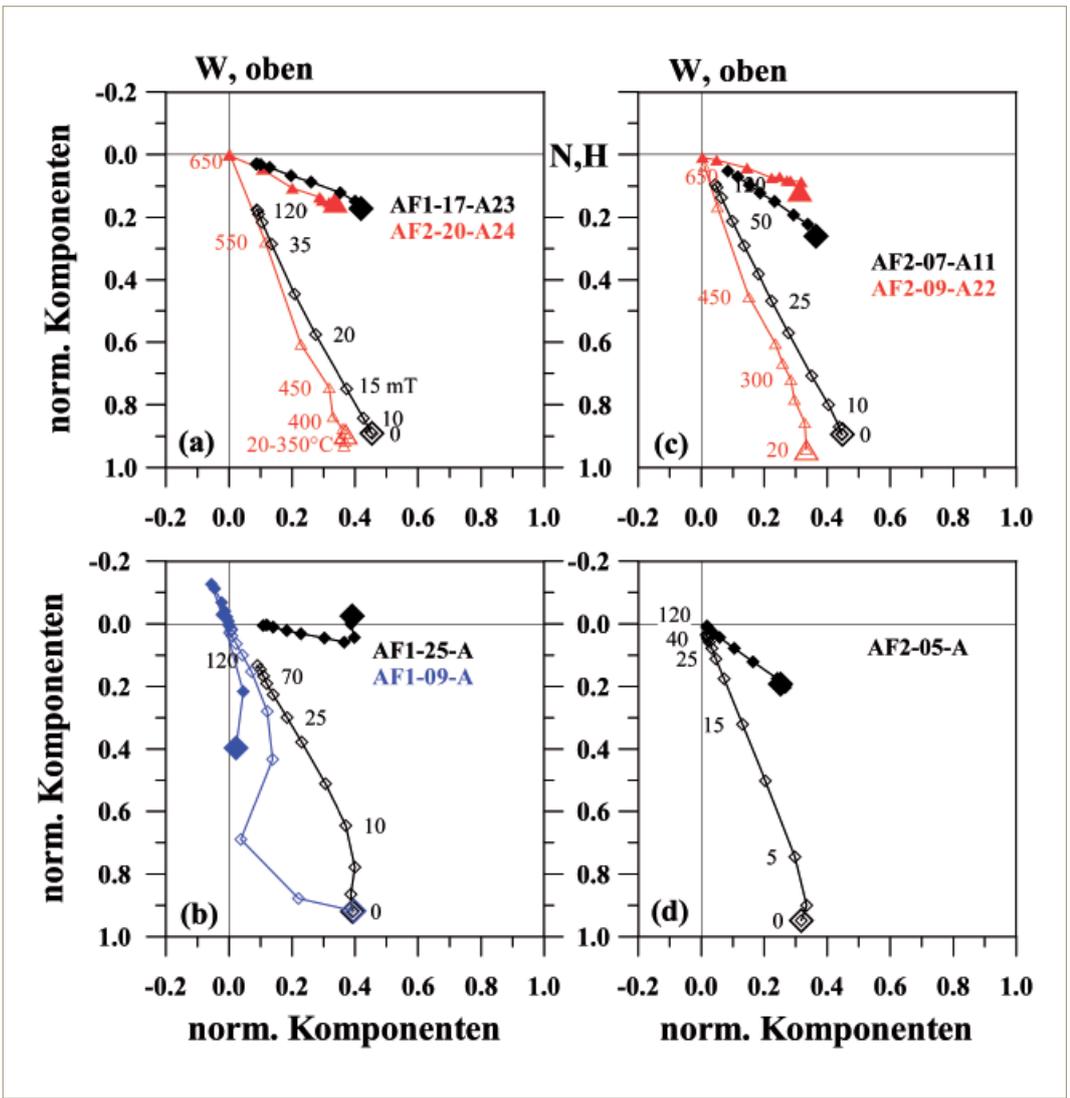


Abb. 3 Darstellung der normierten Komponenten von Entmagnetisierungen im Wechselfeld (schwarz, blau) bzw. thermisch (rot). Aufgetragen sind die Y-Komponente (W-E) gegen die X-Komponente (N-S, entsprechend der Deklination) mit ausgefüllten Symbolen und die Vertikal-komponente (oben-unten) gegen die Horizontalkomponente (H, entsprechend der Inklination) mit offenen Symbolen. Die Probenamen und Entmagnetisierungsschritte (thermisch in °C bzw. Wechselfeld in mT) sind angegeben. (a) Sandsteinwürfel Schmelzofen; (b) Zylinder Schmelzofen; (c) Sandsteinwürfel Streckofen; (d) Zylinder Streckofen (Grafik: Montanuniversität Leoben/E. Schnepf).

Im Vergleich zu der archäomagnetischen Richtung der Glashütte am Dübelsnacken (Abb. 1) haben die Befunde der Grabung Füllenberg zwar die gleiche Deklination, jedoch liegt die Inklination etwa 5° steiler und die Fehlerkreise der Richtungen beider Glashütten überlappen nur wenig (Abb. 4). Auch die Frage, ob die Glashütten signifikant unterschiedliche Richtungen und somit auch verschiedene Alter haben, kann mit einem weiteren F-Test untersucht werden. Das Ergebnis ist, dass beide Glashütten mit 95 % Wahrscheinlichkeit signifikant unterschiedliche Archäorichtungen haben. Also liegt zwischen der Aufgabe beider Glashütten etwa ein halbes Jahrhundert oder mehr.

Da das Fundspektrum der beiden Glashütten denselben Zeitraum von vor/um 1100 bis zum Beginn des letzten Drittels des 12. Jahrhunderts abdeckt, sollte die paläomagnetische Beprobung helfen, die Frage zu klären, welche Glashütte die ältere ist (s. Beitrag S. 207).

Betrachtet man nun die Abbildungen 4 und 5, so kann die Frage nach dem höheren Alter klar zugunsten des Füllenbergs entschieden werden. Beide mittleren Richtungen liegen innerhalb des Fehlerbandes der Säkularvariationskurve Deutschlands und können über die Archäomagnetik eindeutig ins Mittelalter datiert werden. Die Fehlerkreise der Richtungen beider Glashütten schließen zumindest einen Teil des Altersintervalls ein, das durch die Keramik gegeben ist. Die archäomagnetischen Richtungen bestätigen also völlig unabhängig die Datierung über die Keramik und können als sehr zuverlässig angesehen werden. Die Glashütte Füllenberg hat eine signifikant höhere Inklination und überdeckt klar einen älteren Abschnitt der Säkularvariationskurve.

Die Verteilungen der Wahrscheinlichkeitsdichten der Alter ergeben sich aus dem Vergleich der Archäorichtung mit der deutschen Kalibrationskurve der Säkularvariation und

Abb. 4 Darstellung der archäomagnetischen Richtungen mit Fehlerkreis (schwarz) der Glasöfen bei Altenbeken zusammen mit der archäomagnetischen Säkularvariationskurve Deutschlands (Schnepf/Lanos 2005; grau/schwarz) in flächentreuer Projektion (Ausschnitt). Die Jahrhunderte sind durch abwechselnd graue bzw. schwarze Abschnitte dargestellt und mit einigen Jahreszahlen versehen, die weiße Linie markiert das archäologisch vermutete Alter. AF: Altenbeken Füllenberg; AD: Altenbeken Dübelsnacken. Alle Daten sind auf den Referenzpunkt Göttingen bezogen (Grafik: Montanuniversität Leoben/E. Schnepf).

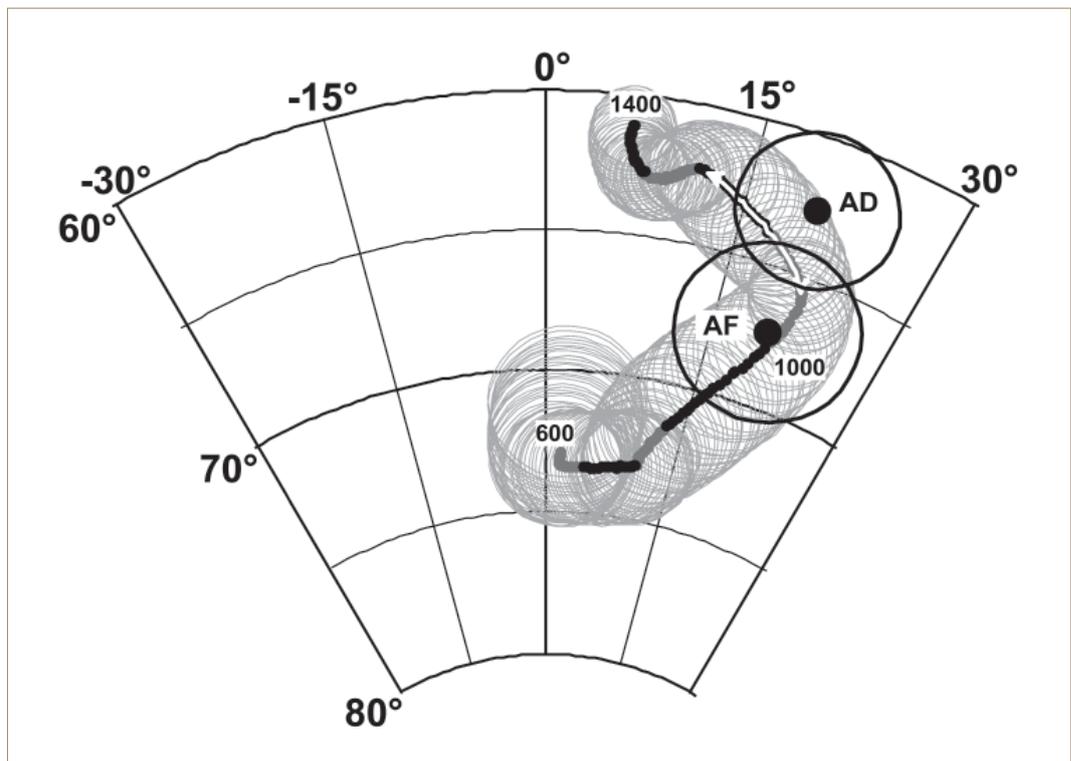


Abb. 5 Datierung der Öfen bei Altenbeken: Dargestellt ist gegen die Jahreszahl jeweils die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Alters, die sich aus der Überlappung des Fehlerkreises α_{95} der archäomagnetischen Richtung und dem 95%-Konfidenzband der Säkularvariationskurve (s. Abb. 4) ergibt. Die möglichen Zeitintervalle sind ausgefüllt. Der hellgraue Balken gibt das archäologisch vermutete Alter an, das aus der Keramik abgeleitet wurde. AF: Altenbeken Füllenberg; AD: Altenbeken Dübelsnacken (Grafik: Montanuniversität Leoben/E. Schnepf).

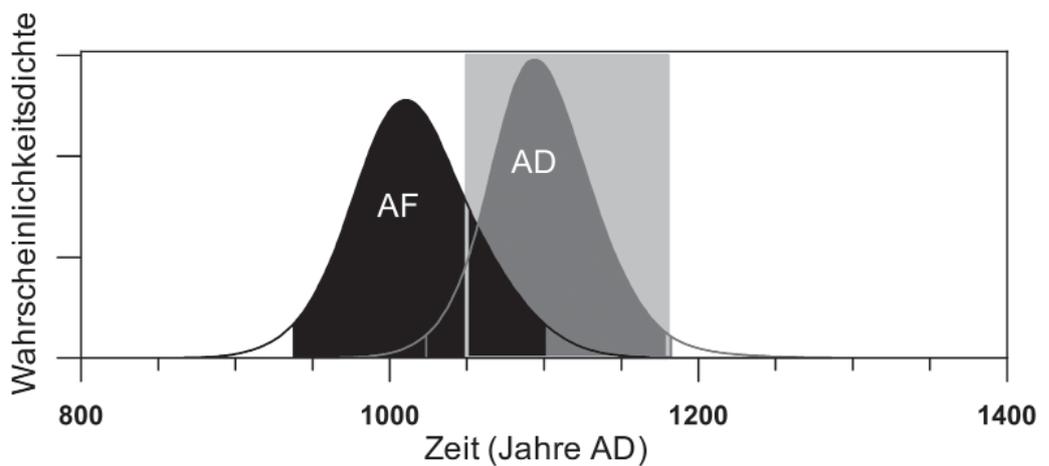


Abb. 6 Ergebnisse der archäomagnetischen Datierung der Glashütten bei Altenbeken mit den (auf Göttingen) reduzierten Werten der Deklination und Inklination (vgl. Abb. 1), archäomagnetisch bestimmtes Altersintervall mit 95,4 % Wahrscheinlichkeit (Grafik: LWL-Archäologie für Westfalen/B. Schulte-Linnemann).

Name	archäologisches Alter	rDeklination (°)	rInklination (°)	archäomagnetisches Alter (Jahre AD)
Füllenberg	ausgehendes 11. Jh. bis ca. 1170 AD	19,9	67,3	937 bis 1101
Dübelsnacken	12. Jh. bis vor ca. 1180 AD	20,3	62,6	1023 bis 1183

zeigen in **Abbildung 5** für den Füllenberg zwar ein überlappendes, aber deutlich höheres Alter als für den Dübelsnacken (**Abb. 6**). Hierdurch kann das archäologisch bestimmte Alter zwar nicht präzisiert werden, die zeitliche Reihenfolge der letzten Benutzung der Glasöfen ist aber klar ersichtlich und lässt somit auch Rückschlüsse auf die technische Ent-

wicklung der Glasherstellung im östlichen Westfalen zu.

Die unabhängige und relativ genaue Datierung über die keramischen Befunde erlaubt umgekehrt die Archäorichtungen von Altenbeken für die Verbesserung der archäomagnetischen Kalibrationskurve zu verwenden.

Summary

Archaeomagnetic dating is a scientific method of identifying the age of vitrified features preserved in situ. Using this method, the glassworks in Altenbeken-Füllenberg and Altenbeken-Dübelsnacken were dated in 2009. Archaeologically, the two sites were dated to the period between around 1100 and the beginning of the last third of the 12th century. The archaeomagnetic dating not only confirmed the archaeological dates but also proved that the Füllenberg glassworks was not in operation until approximately 50 years after the Dübelsnacken glassworks.

Samenvatting

Een natuurwetenschappelijke methode voor de bepaling van de ouderdom van in situ bewaard gebleven, verbrande vondsten is het archeomagnetisch onderzoek, met behulp waarvan de glasblazerijen Altenbeken-Füllenberg en Altenbeken-Dübelsnacken gedateerd konden worden. Deze archeologische datering plaatste het begin van de beide vindplaatsen

rond 1100, tot in het laatste kwart van de 12e eeuw. Het archeomagnetisch onderzoek bevestigde niet alleen de datering, maar toonde tevens aan dat de glasblazerij van Füllenberg ongeveer 50 jaar jonger is dan die van Dübelsnacken.

Literatur

Ronald A. Fisher, Dispersion on a sphere. Proceedings of the Royal Society of London, Series A-127, 1953, 295–305. – **Joseph L. Kirschvink**, The least squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society 62, 1980, 699–718. – **Phillip L. McFadden/Frank J. Lowes**, The discrimination of mean directions drawn from Fisher distributions. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society 67, 1981, 19–33. – **Elisabeth Schnepf/Philippe Lanos**, Archaeomagnetic secular variation in Germany during the past 2500 years. Geophysical Journal International 163, 2005, 479–490. – **Elisabeth Schnepf**, Archäomagnetische Datierung in Deutschland und Österreich. Archäologisches Korrespondenzblatt 37, 2007, 313–320. – **Elisabeth Schnepf**, Archäomagnetische Datierung der Glasöfen auf der Grabung am Dübelsnacken bei Altenbeken, Kreis Paderborn. In: Rudolf Bergmann, Studien zur Glasproduktion seit dem 12. Jahrhundert im östlichen Westfalen (Münster 2008) 113–118.

Die Holzasche-Kalk-Blei-Gläser der Hütte am Füllenberg bei Altenbeken-Buke

Kreis Paderborn, Regierungsbezirk Detmold

Karl Hans Wedepohl,
Rudolf Bergmann,
Andreas Kronz

Bereits 2007 wurde die Glashütte am Füllenberg bei Altenbeken-Buke vermessen, die Befunde mithilfe der Geoprospektion lokalisiert und anschließend 2008/2009 archäologisch untersucht. Zutage traten ein Werk- bzw. Arbeitsofen und eine kombinierte Ofenanlage aus einem Streck- und zwei Köhlöfen. Die Glashütte zeigt eine ähnliche Anordnung der Öfen wie die Hütte am benachbarten Dübelsnacken (Abb. 1). Die gefundenen Gläser wurden 2009 chemisch analysiert.

Die Hütte am Füllenberg produzierte nahezu ausschließlich farbiges Flachglas, das für die bauliche Ausstattung von Kirchen verwendet worden sein dürfte. Mithilfe der chemischen Untersuchung von Füllenberg-Gläsern konnte erkannt werden, dass die hochmittelalterliche Glasherstellung im südöstlichen Westfalen in drei Arbeitsschritten von Fritte über Rohglas zum Fertigglass erfolgte. So-

mit liegt hier nicht nur ein besonders früher Nachweis für die Produktion von Holzasche-Kalk-Blei-Glas vor, sondern es konnte mit der Zwischenstufe auch erstmals die Komplexität des Herstellungsprozesses aufgezeigt werden.

Die Schmelzhäfen der Füllenberg-Hütte besitzen im Mittel ein Fassungsvermögen von ca. 3,5l (Abb. 2). Sie unterscheiden sich durch einen etwas größeren Durchmesser der Planböden (Mittelwert um 12,8 cm) und durch die tendenziell weniger stark ausladende Form (Abb. 3) von denjenigen der Hütte am Dübelsnacken, für die eine gemittelte Kapazität von 4,1l berechnet werden konnte. Die Häfen dürften wie bei der Dübelsnacken-Hütte in die Öffnungen eines Zwischengewölbes des Arbeitsofens eingesetzt gewesen sein.

Im archäologischen Befund gleichen sich die Öfen beider Hütten bis in die Details der