

Archäomagnetische Datierung von Befunden am »Kleinen Schmidtskopf« bei Elbingerode, Lkr. Harz

ELISABETH SCHNEPP

Die paläomagnetische Beprobung *in situ* erhaltener, verzierelter Befunde erlaubt, eine archäomagnetische Datierung (Schnepp 2007 und dort zitierte Literatur) durchzuführen. Hierbei wird die paläomagnetische Richtung des Befundes mit der Referenzkurve der Säkularvariation der Region verglichen (Schnepp/Lanos 2005) und somit ein kalibriertes archäomagnetisches Alter festgelegt. Ziel der Beprobung bei Elbingerode war auch, an möglichst gut datierten Befunden des Frühmittelalters neue Daten für die Verbesserung der archäomagnetischen Kalibrationskurve zu gewinnen¹. Die paläomagnetische Beprobung wurde im April 2008 nach der Grabung an den noch geöffneten Schnitten vorgenommen. Es wurden insgesamt fünf Befunde (siehe Tab. 1) beprobt, die als Verhüttungsöfen, Röstherde oder Ofengruben anzusprechen sind. An zwei Stellen wurden die eng benachbarten Befunde, die als zeitgleich einzustufen sind (Alper im vorliegenden Band), zu Einheiten zusammengefasst. Alle Proben wurden als Stechkerne (Schnepp u. a. 2008) aus dem verzierten Lehm entnommen und mit einem Magnetkompass und Inclinometer orientiert. Für einen Teil der Proben war auch eine Orientierung mit einem Sonnenkompass möglich; es wurden keine Abweichungen zu den Magnetkompassmessungen beobachtet, die auf Eisenverhüttungsplätzen durch die Nähe der

Name	Befund	n	AF/th	N	D (°)	I (°)	k	α_{95} (°)
EB1	Ofen 5, Röstherd 6	28	22/13	24	4,1	67,8	351	1,5
EB2	Röstherd 38	15	9/7	14	16,6	68,7	210	2,7
EB3	Ofengruben 98 und 23	16	14/5	11	13,2	73,8	147	3,8

Tab. 1 Die paläomagnetischen Ergebnisse für die Eisenverhüttungsöfen der Grabung Elbingerode, »Kleiner Schmidtskopf« (51.756° N, 10.794° E): Abkürzung des beprobten archäologischen Objekts, Befund, Zahl der entnommenen Proben (n), Zahl der Entmagnetisierungsexperimente im Wechselfeld (AF) oder thermisch (th), Anzahl der statistisch unabhängigen Richtungen der charakteristischen remanenten Magnetisierung (N), deren Deklination (D), Inklination (I), Präzisionsparameter der Fisher-Statistik (k), Radius des Fehlerkreises α_{95} .

¹ Die archäomagnetischen Arbeiten und zwei AMS-Datierungen wurden durch den österreichischen

Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF, Projektnr. P19370-N19) ermöglicht.

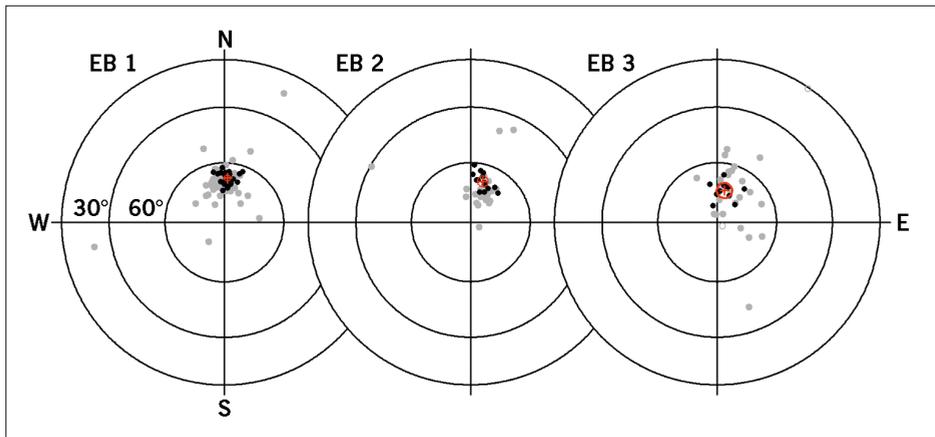


Abb. 1 Darstellung der Richtungen der natürlichen remanenten Magnetisierung (grau) und der charakteristischen remanenten Magnetisierung (schwarz) in flächentreuer Projektion. Die mittlere Richtung (rotes Kreuz) der Öfen EB1, EB2 und EB3 ist zusammen mit dem α_{95} -Fehlerkreis (rot) ebenfalls eingezeichnet.

stark magnetischen Schlacken auftreten könnten. Die Stechkerne wurden im Labor gefestigt und in Stücke von 22 mm Länge geteilt. Insgesamt wurden 103 Zylinderproben erhalten.

Von allen Zylinderproben wurden die natürliche remanente Magnetisierung, die Suszeptibilität und die Masse bestimmt. Die Richtungen der natürlichen remanenten Magnetisierung sind größtenteils jeweils in einem kleinen Bereich der Lagenkugel konzentriert (Abb. 1), wobei für den Befund EB3 eine wesentlich stärkere Streuung zu beobachten ist. Diese Ofengruben waren durch eine kleine Ausbuchtung neben dem Schnitt freigelegt und nur durch eine Verfärbung des relativ lockeren Materials sichtbar.

Anhand der natürlichen remanenten Magnetisierung und der Suszeptibilität wurden Proben für die Wechselfeld- bzw. thermische Entmagnetisierung ausgesucht. Von jedem Probenkern wurde mindestens eine Zylinderprobe untersucht, wobei der Wechselfeldentmagnetisierung der Vorzug gegeben wurde, da die gefestigten Lehmproben bei der thermischen Entmagnetisierung leicht zerbrechen. Die Anzahl der jeweiligen Experimente ist Tabelle 1 zu entnehmen. Für die meisten Proben war ein stabiles Entmagnetisierungsverhalten zu beobachten, obwohl zum Teil starke sekundäre Komponenten, vermutlich viskose Überprägungen der Magnetisierung, beseitigt wurden. Bei der thermischen Entmagnetisierung zeigte ein Teil der Proben Alterationen durch das Heizen. Einige Proben hatten keine stabile Magnetisierung. Trotzdem ließ sich bei 94 % der Proben die Richtung der charakteristischen remanenten Magnetisierung mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse (principal component analysis, Kirschvink 1980) leicht bestimmen. Sieben Ergebnisse wurden jedoch nicht in die mittleren Richtungen einbezogen, da sie offenbar aus gestörten oder wenig verziegelten Bereichen der Befunde stammten.

Für EB1 wurde mit Hilfe eines sogenannten F-Tests (McFadden/Lowes 1981) untersucht, ob die archäomagnetischen Richtungsverteilungen beider Teilbefunde (siehe

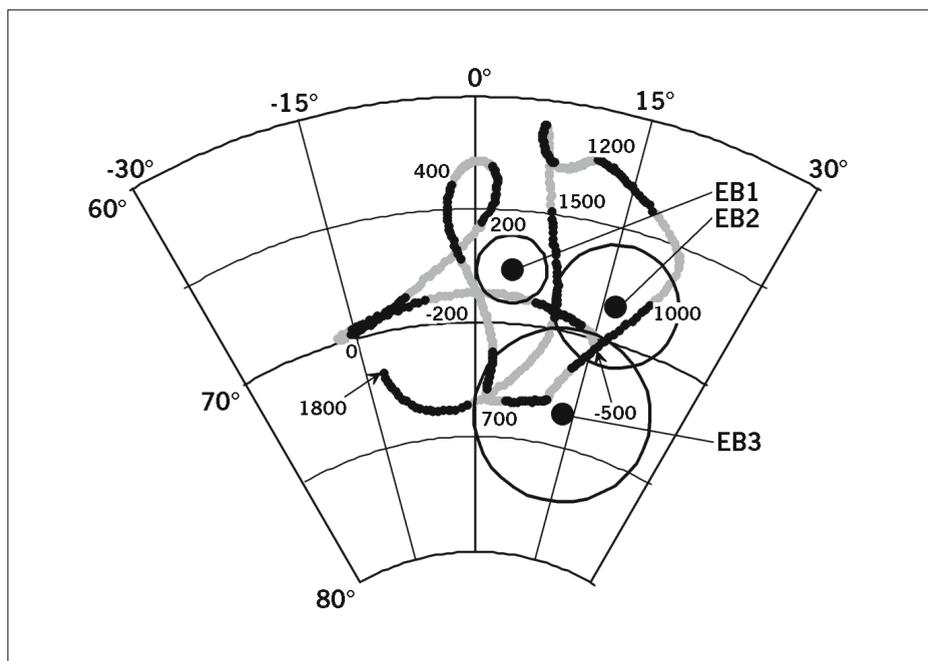


Abb. 2 Darstellung der archäomagnetischen Richtungen (schwarz) der drei Öfen der Grabung Elbingerode, »Kleiner Schmidtskopf«, zusammen mit der archäomagnetischen Säkularvariationskurve Deutschlands (Schnepp/Lanos 2005; grau/schwarz) in flächentreuer Projektion (Ausschnitt). Die Jahrhunderte sind durch abwechselnd graue bzw. schwarze Abschnitte dargestellt und mit einigen Jahreszahlen versehen. Die Ofennummern (vgl. Tab. 1) sind angegeben. Alle Daten sind auf den Referenzpunkt Göttingen bezogen.

Tab. 1) einer gemeinsamen statistischen Gesamtheit angehören. Das Ergebnis des F-Tests war positiv und untermauert die sich aus der räumlichen Nähe des VerhüttungsOfens und des Röstherdes ergebende Annahme einer gleichzeitigen Nutzung beider Befunde 5 und 6 (EB1). Es wurden hierarchische Mittelwerte (Lanos u. a. 2005) der Richtungen der charakteristischen remanenten Magnetisierung gebildet, d. h. es wurde zunächst über den jeweiligen Stechkern und dann über die Kerne des Befundes gemittelt. Die drei Ergebnisse (Tab. 1 und Abb. 2) liegen im üblichen Bereich von Deklination und Inklination der Säkularvariation. Sie werden interpretiert als archäomagnetische Richtungen, die den Öfen durch das Erdmagnetfeld bei der letzten Benutzung aufgeprägt wurden.

Um zu testen, ob sich die Richtungen einer praktisch zeitgleichen Nutzung aller drei Ofenplätze zuordnen lassen, wurde ebenfalls ein F-Test (McFadden/Lowes 1981) berechnet. Hiernach liefern alle drei Strukturen signifikant unterschiedliche Richtungen. Somit ist ein Hinweis auf unterschiedliche Alter der Befunde EB1, EB2 und EB3 gegeben, aus dem sich eine Nutzungsdauer des Platzes ergibt, die mehrere Jahrzehnte deutlich überschritten haben muss.

Da die beprobten Verhüttungsbefunde nicht über Beifunde archäologisch datiert sind, wurden auch ^{14}C -Datierungen an Holzkohlestücken aus den Ofenfüllungen vorgenommen (Tab. 2, vgl. auch Alper im vorliegenden Band und Alper, pers. Mitteilung²).

Name	Labor-Nr.	^{14}C -Alter $\pm \sigma$ (Radiokarbonjahre BP)	kalibriertes Alter (Jahre AD)
EB1	Erl-14041	1062 \pm 40	[893; 1024] mit: 95,4 %
EB3	Erl-14042	1099 \pm 41	[784; 785] mit: 0,1 % [828; 838] mit: 0,9 % [865; 1021] mit: 94,4 %

Tab. 2 Ergebnisse von ^{14}C -Datierung an Holzkohlen aus den Ofenfüllungen, die in Erlangen mit der AMS-Technik (acceleration mass spectrometry) bestimmt wurden.

Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der archäomagnetischen und der Radiokohlenstoff-Datierungen. Die Verteilungen der Wahrscheinlichkeitsdichten ergeben sich aus dem Vergleich jeweils der Archäorichtung mit der deutschen Kalibrationskurve der Säkularvariation (Schnepp 2007; Schnepp/Lanos 2005) bzw. des ^{14}C -Gehalts mit der ^{14}C -Kalibrationskurve (Reimer u. a. 2004). Diese Wahrscheinlichkeitsverteilungen werden nach demselben mathematischen Verfahren berechnet (Lanos 2004) und sind zusammen in jeweils einem Diagramm dargestellt (Abb. 3). Da Eisenverhüttung im Bereich des Harzes evtl. bis in die vorrömische Zeit zurückreicht (Alper 2008) und in den Öfen selbst keine datierenden Funde vorhanden waren, bleiben die Ergebnisse der archäomagnetischen Datierungen zunächst mehrdeutig, da sich die Kalibrationskurve mehrmals während der vergangenen 2500 Jahre gekreuzt hat (Abb. 3).

Während sich für den am besten erhaltenen Ofen EB1 mit Röstherd vier³ mögliche Altersintervalle ergeben (vgl. Abb. 3 und Tab. 3), sind es für die beiden anderen Strukturen EB2 und EB3 jeweils drei. Es fällt auf, dass für alle drei Befunde ein Altersintervall in der Latènezeit um 400 BC möglich ist und ein weiteres um 1600 AD. Ein Altersintervall, das mit der vermuteten ottonischen Datierung der Nachbarsiedlung Bodfeld (vgl. Beitrag Alper im vorliegenden Band) zusammen fällt, wird aber nur für EB2 und EB3 gefunden. Die Streuung der archäomagnetischen Richtungen von EB1 ist sehr gering und aus dem Vergleich der Sonnenkompassmessungen mit dem Magnetkompass lassen sich keine Störungen durch lokale magnetische Anomalien, die durch die Öfen selbst oder Schlacken auftreten können, erkennen. Eine Verkippung der Strukturen EB1 durch kleine Rutschungen scheint bei der schwachen Hangneigung auch nur sehr unwahrscheinlich und würde zudem die Inklinationswinkel noch flacher machen. Es ist also davon auszugehen, dass es sich auch bei der archäomagnetischen Richtung von EB1 um eine zuverlässige Richtung handelt, die bei der letzten Abkühlung beider Befunde gespeichert wurde. In

2 Leibnitz Labor für Isotopenforschung und Altersbestimmung Kiel (KIA 41689): Radiokarbonalter Schlacke Laugenrückstand (14,2 mg C) 3160 \pm 26 BP, Schlacke Huminsäure (4,2 mg C) 1447 \pm 22 BP, holzartiges Material Laugenrückstand (0,15 mg C) 1650 \pm 110 BP. Aufgrund des großen Altersunterschiedes zwischen Laugenrückstand und Huminsäure ist diese Radiokohlenstoffdatierung nach Aussage von

Prof. Dr. P. M. Grootes, Leibnitz Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung der Universität Kiel (Schreiben vom 10.08.2010), nicht als verlässliche Datierung anzusehen. Sie erlaubt lediglich eine vorsichtige Schätzung des möglichen Alters; dies wäre grob die Mitte des ersten nachchristlichen Jahrtausends.

3 Unter Vernachlässigung des Intervalls, das mit nur 0,3 % Wahrscheinlichkeit auftritt.

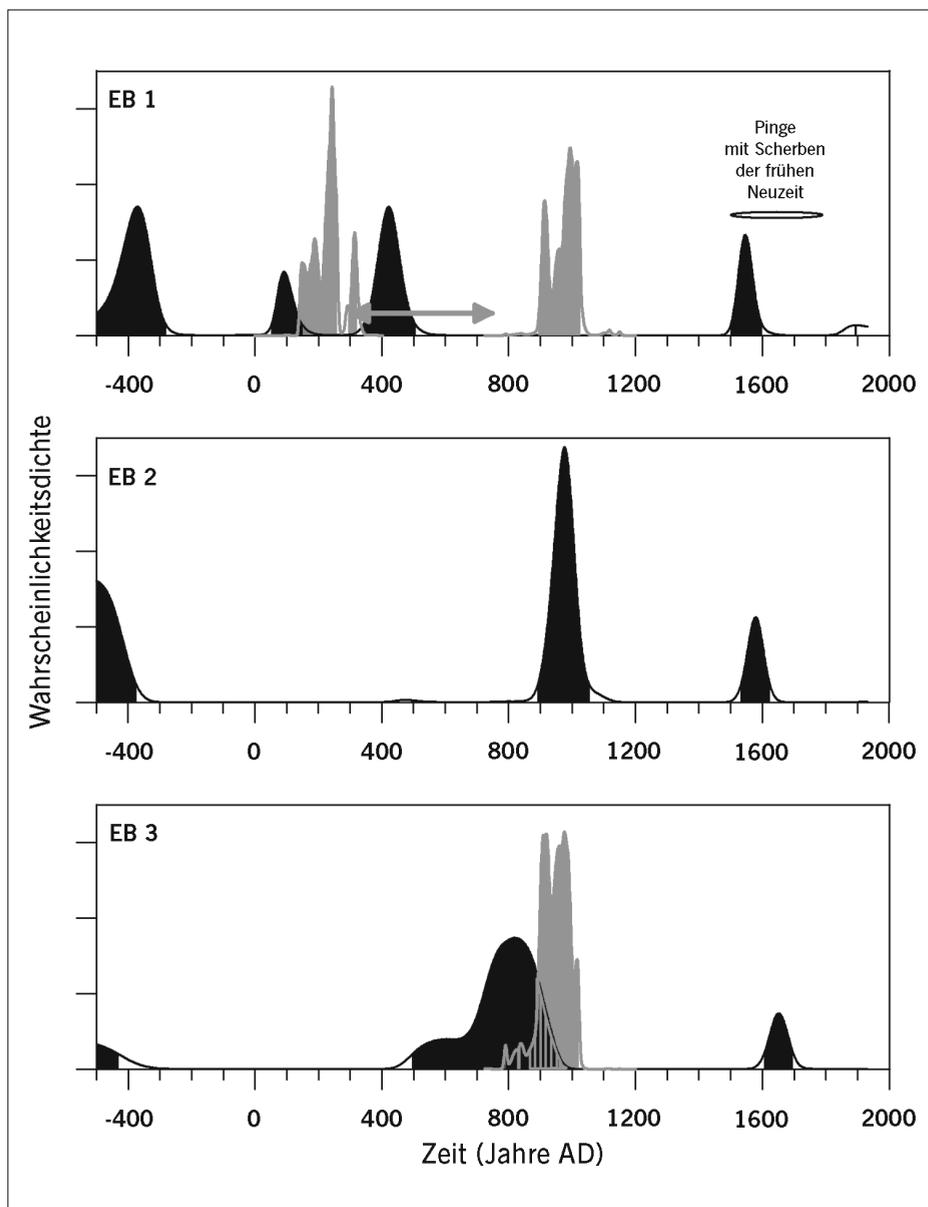


Abb. 3 Datierung der Öfen der Grabung Elbingerode, »Kleiner Schmidtskopf«: Dargestellt ist gegen die Jahreszahl (AD) jeweils die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Alters, die sich aus der Überlappung des Fehlerkreises α_{95} der archäomagnetischen Richtung und dem 95%-Konfidenzband der Säkularvariationskurve ergibt. Die möglichen Zeitintervalle sind schwarz markiert. In grau sind die entsprechenden Kurven der AMS-Datierungen dargestellt. Die vorsichtige Schätzung des AMS-Alters der Schlacke aus Befund EB1 (vgl. Fußnote 1, Seite 243) ist durch den Doppelpfeil markiert.

Name	archäologisch vermutetes Alter	rD (°)	rI (°)	archäomagnetisches Alter (Jahre AD)
EB1	eisenzeitlich bis früh- mittelalterlich	4,1	67,6	[-500; -280] mit: 40,1 % [49; 150] mit: 10,3 % [340; 507] mit: 29,1 % [1500; 1601] mit: 15,3 % [1890; 1899] mit: 0,3 %
EB2	unbekannt	16,5	68,4	[-500; -373] mit: 26,6 % [892; 1058] mit: 55,7 % [1533; 1624] mit: 12,8 %
EB3	ca. 10. Jh., ottonisch	13,3	73,6	[-500; -429] mit: 3,9 % [496; 958] mit: 81,5 % [1605; 1698] mit: 9,6 %

Tab. 3 Ergebnisse der archäomagnetischen Datierung: Name, archäologisches Alter, die (auf Göttingen) reduzierten Werte der Deklination (rD) und Inklination (rI) (vgl. Tab. 1), archäomagnetisch bestimmtes Altersintervall mit Angabe der Wahrscheinlichkeit. Die aufgrund anderer Datierungsansätze wahrscheinlichen Altersintervalle sind hervorgehoben (s. Text).

der Nähe von EB1 befindet sich eine Pingge, deren Füllung frühneuzeitliche Keramik aufwies. Ein Zusammenhang mit dem Röst- und Verhüttungssofen konnte aber durch die Ausgrabung nicht nachgewiesen werden. Jedoch fällt das jüngste mögliche Altersintervall der archäomagnetischen Datierung (1500 bis 1601 AD) in den Beginn der Frühen Neuzeit und könnte somit den fehlenden Zusammenhang herstellen. Dagegen spricht, dass die kleinen Schmelzplätze auf den Hügeln bereits im Hochmittelalter zugunsten großer Verhüttungsplätze in der Nähe von Flüssen aufgegeben wurden (Alper 2008). Auch die datierte Holzkohle aus dem Röstofen zeigt ein älteres, ottonisches Alter, das aber durch die archäomagnetische Datierung für den Befund sicher ausgeschlossen werden kann. Beide Befunde waren stark erodiert und die datierte Holzkohle aus Befund 6 könnte sekundär in diesen Röstofen, möglicherweise durch einen Tiergang, eingetragen worden sein. Eine weitere ^{14}C -Datierung an Schlacke aus dem Schmelzofen sollte helfen, die Frage der Datierung weiter zu klären. Die Analyseergebnisse des holzkohlehaltigen Materials und der Huminsäurefraktion der Schlacke erlaubten jedoch gemeinsam nur eine vorsichtige Schätzung des Ofenalters. Dies wäre grob als die Zeitspanne vom 4. bis zur Mitte des 7. Jhs. anzugeben (Alper, pers. Mitteilung, siehe Fußnote 2, S. 246). Eine dritte ^{14}C -Probe mit befriedigender Menge an Holzkohle konnte dann aus einer zweiten Schlacke isoliert werden. Hierbei ergaben sich zwei Altersintervalle, die von der Mitte des 2. Jhs. bis zum Beginn des 4. Jhs. reichen (vgl. Alper im vorliegenden Band, KIA 44056) und mit zwei der möglichen archäomagnetischen Altersintervalle überlappen (Abb. 3). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Radiokarbonmethode das Wuchsalter des Holzes und somit ein Maximalalter für seine Verbrennung (*terminus post quem*) liefert, während die Archäomagnetik die Zeit der letzten Benutzung eines Befundes datiert (*terminus ante quem*). Somit ist das Zeitintervall von 340 bis 507 AD eindeutig als die wahrscheinlichste Datierung des Befundes EB1 anzusehen.

Die beiden anderen Befunde ergeben ein archäomagnetisches Alter, das in die Zeit der Ottonen fällt. Aus den beiden archäomagnetischen Richtungen lässt sich ableiten, dass Befund EB3 signifikant älter (mindestens ein halbes Jahrhundert) als EB2 sein muss, da die Richtungen statistisch unterschiedlich sind und mit aufeinander folgenden Bereichen der Säkularvariationskurve überlappen (Abb. 3). Dass solche Zeitunterschiede in stratigraphischen Abfolgen durch die Archäomagnetik aufgelöst werden können, konnte eindrucksvoll an einer Brotfenserie aus der Lübecker Altstadt gezeigt werden (Schnepf u. a. 2003; Lanos 2004). Für Ofen EB3 überlappt außerdem das kalibrierte ¹⁴C-Ergebnis mit dem der archäomagnetischen Datierung. Hier lässt sich aus der Zusammenschau beider Datierungen (Abb. 3, unten) und der Abwägung des *terminus post quem* (¹⁴C) gegen *terminus ante quem* (Archäomagnetik) eine Nutzung von EB3 im frühen 10. Jh. vermuten. Somit kann der zeitliche Zusammenhang mit den im Umfeld des Elbingeröder Komplexes vorhandenen Siedlungsspuren aus dem 10. Jh. weiter untermauert werden.

Die unabhängige Datierung über die Radiokarbonmethode erlaubt umgekehrt, die Archäorichtung von EB3 für die Verbesserung der archäomagnetischen Kalibrationskurve zu verwenden.

Summary

Archaeomagnetic dating of features from the »Kleine Schmidtskopf« near Elbingerode, Harz district

The method of archaeomagnetic dating is applicable to *in situ* heated archaeological features like furnaces or hearths. For this purpose five features (iron smelting furnaces, ore roasting and smith's hearths) have been sampled palaeomagnetically on the early medieval site excavated near Elbingerode in April 2008. In total 59 oriented samples have been taken and were treated with standard palaeomagnetic laboratory procedures. In most cases stable magnetic directions have been found, which gave 49 well defined magnetic directions. From an archaeological point of view, two sets of features, lying in close proximity to each other, were considered as contemporaneous. This is supported by the archaeomagnetic directions. Accordingly, they were combined, and finally, three archaeomagnetic mean directions have been obtained for dating. They were compared with the archaeomagnetic calibration curve for Germany. Together with the results of radiocarbon dating two periods of iron smelting can be identified: one dating to the 4th or 5th century AD and another to the early 10th century AD. Activities during the later period had already been suggested by a nearby settlement of 10th century date. The early period of iron smelting is poorly documented by other archaeological features or finds.

Literaturverzeichnis
Alper 2008

G. Alper, The Eastern Harz Mountains during the Middle Ages – the Impact of Mining and Metal Production. In: C. Bartels/C. Küpper-Eichas (eds.), Cultural Heritage and Landscapes in Europe. Landschaften: Kulturelles Erbe in Europa. Proc. Internat. Conference Bochum, June 8–10, 2007. Veröff. Dt. Bergbau-Mus. Bochum 16 (Bochum 2008) 467–488.

Alper (im vorliegenden Band)

G. Alper, Archäologische Untersuchungen zur Eisengewinnung am »Kleinen Schmidtskopf« bei Elbingerode, Lkr. Harz. Jahresschr. Mitteldt. Vorgesch. 95, 2016, 201–242.

Kirschvink 1980

J. 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.

Lanos 2004

P. Lanos, Bayesian inference of calibration curves: application to archaeomagnetism. In: C. E. Buck/A. R. Millard (eds.), Tools for Constructing Chronologies. Crossing Disciplinary Boundaries. Lecture Notes in Statistics 177 (London 2004) 43–82.

Lanos u. a. 2005

P. Lanos/M. Le Goff/M. Kovacheva/E. Schnepf, Hierarchical modelling of archaeomagnetic data and curve estimation by moving average technique. Geophysical Journal International 160, 2005, 440–476.

McFadden/Lowes 1981

P. L. McFadden/F. J. Lowes, The discrimination of mean directions drawn from Fisher distributions. Geophysical Journal 67, 1981, 19–33.

Reimer u. a. 2004

P. J. Reimer/M. G. L. Baillie/E. Bard/A. Bayliss/J. W. Beck/C. J. H. Bertrand/P. G. Blackwell/C. E. Buck/G. S. Burr/K. B. Cutler/P. E. Damon/R. L. Edwards/R. G. Fairbanks/M. Friedrich/T. P. Guilderson/A. G. Hogg/K. A. Hughen/B. Kromer/F. G. McCormac/S. W. Manning/C. B. Ramsey/R. W. Reimer/S. Remmele/J. R. Southon/M. Stuiver/S. Talamo/F. W. Taylor/J. van der Plicht/C. E. Weyhenmeyer, IntCal04 Terrestrial radiocarbon age calibration, 26–0 ka BP. Radiocarbon 46, 2004, 1029–1058.

Schnepf 2007

E. Schnepf, Archäomagnetische Datierung in Deutschland und Österreich. Arch. Korrb. 37, 2007, 313–320.

Schnepf/Lanos 2005

E. Schnepf/P. Lanos, Archaeomagnetic secular variation in Germany during the past 2500 years. Geophysical Journal International 163, 2005, 479–490.

Schnepf u. a. 2003

E. Schnepf/R. Pucher/C. Goedicke/A. Manzano/U. Müller/P. Lanos, Paleomagnetic directions and TL dating from a bread oven-floor sequence in Lübeck (Germany): A record of 450 years of geomagnetic secular variation. Journal Geophysical Research 108, 2003, 1–14.

Schnepf u. a. 2008

E. Schnepf/K. Worm/R. Scholger, Improved sampling techniques for baked clay and soft sediments. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C 33 (6–7), 2008, 407–413.

Abbildungsnachweis

1–3 E. Schnepf

Anschrift

Doz. Dr. Elisabeth Schnepf
 Montanuniversität Leoben
 Lehrstuhl für Geophysik
 Paläomagnetiklabor Gams
 Gams 45
 8130 Frohnleiten
 Österreich
 elisabeth.schnepf@unileoben.ac.at