

Holzkohlen von den Eisenschmelzplätzen am »Kleinen Schmidtskopf« bei Elbingerode, Lkr. Harz

MONIKA HELLMUND

Einleitung

Bei montanhistorischen Befunden kommt den Holzkohlenfunden eine besondere Bedeutung zu, da im Regelfalle keine archäologisch datierenden Artefakte vorliegen und anhand der organischen Funde radiometrische Datierungen erhoben werden können. Ergänzend zu den Beiträgen von G. Alper, C. Kriete, E. Schnepf und G. Klatt, welche im vorliegenden Band veröffentlicht sind, sollen im Folgenden die Ergebnisse der Holzkohlenanalysen von der Fundstelle »Kleiner Schmidtskopf« vorgestellt werden. Hierbei wird auf die von Alper (im vorliegenden Band) dargelegten montanhistorischen Befunde Bezug genommen.

Vor Ort wurde ein Grubenmeiler beprobt, d. h. eine Produktionsstätte für Holzkohle. Alle anderen Befunde stehen mit unterschiedlichen Prozessen der Eisenverhüttung in Zusammenhang. Hierbei handelt es sich um Verbrauchsorte von Holzkohlen (vgl. Hillebrecht 1982). Es wurden Reste eines Verhüttungssofens (Bef. 5), eines Röstherdes (Bef. 6) sowie von einer Ofenstelle (Bef. 103) aufgedeckt. In den montanhistorischen Relikten wurde vorrangig der lokal vorkommende Brauneisenstein, in Bef. 103 mehr Roteisenstein des Elbingeröder Komplexes verhüttet. Letzterer steht in einigen Kilometern Entfernung an (vgl. Alper im vorliegenden Band). Im Rahmen dieses Projektes wurden mehrere Holzkohlen radiometrisch datiert sowie drei Ofenbefunde archäomagnetisch analysiert.

Den geochemischen Analysen von Kriete (im vorliegenden Band) ist zu entnehmen, dass sich die beiden untersuchten Schlacken vom »Kleinen Schmidtskopf« (von Bef. 5 und 103) durch einen hohen Mangangehalt auszeichnen. Die lokal vorkommenden Brauneisensteine weisen zwar einen etwas höheren Mn-Gehalt als die Roteisensteine auf, dennoch kommt keine der von Kriete analysierten rezenten Vergleichsproben aus dem Mittelharz als Ausgangserz für die Verhüttung infrage. Daher wirft Kriete die Frage auf, ob seinerzeit Manganerze als Zuschlagsstoff verwendet wurden (vgl. Kriete im vorliegenden Band).

Die im Jahre 2007 bei der Ausgrabung direkt geborgenen Holzkohlen wurden holz-anatomisch bearbeitet. Es stellte sich die Frage, ob Holzkohlen von Hart- oder Weichhölzern genutzt wurden. Für die historische Geobotanik ist von Interesse, ob die nachgewiesenen Holzarten auf einen ehemals naturnahen Waldbestand hindeuten, ob Sträucher,

Pionierhölzer oder Nadelhölzer verkohlt bzw. deren Holzkohlen für die Eisenschmelze verwendet wurden.

Material und Methode

Im Vorfeld einer Erweiterung des Kalksteintagebaues konnten im Jahr 2001 am »Kleinen Schmidtskopf« durch Suchschnitte Pinggen sowie eine Ofenstelle für die Eisenerzverhüttung aufgedeckt werden. Im Jahr 2007 wurde diese Fundstelle erneut archäologisch untersucht (siehe Alper im vorliegenden Band). Von dieser Grabungskampagne lagen 18 Holzkohlenproben aus elf Befunden vor¹.

Die Holzkohlen wurden in der erforderlichen Ansicht gebrochen oder mit der Rasierklinge bzw. dem Cutter geschnitten. Zunächst wurde die Queransicht der Holzkohlen unter dem Binokular Wild MZ8 bei 6,3- bis 50facher Vergrößerung begutachtet. Tangential- und Radialansichten wurden mit dem Auflichtmikroskop Zeiss Axioskop (100- bis 500fache Vergrößerung) durchmustert. Bei den umfangreicheren Proben ELR-Ho6-07 und ELR-H55-17 wurden größere Holzkohlen abgesammelt und das restliche Material mit Sieben der Maschenweiten 0,25 mm und 2 mm nass geschlämmt und an der Luft getrocknet. Meist wurden alle Stücke, die mit den Fingern greifbar waren, analysiert, bei den beiden genannten Proben beließ man es bei Stichproben. Es wurden sowohl die Stückzahlen als auch die Massen in Milligramm (mg) erfasst. Die einschlägige Bestimmungsliteratur (z. B. Grosser 1977; Schweingruber 1982) sowie die Holzvergleichssammlung der Verfasserin kamen zur Anwendung. Analoge Aufnahmen wurden mit dem Fotoautomat Wild MPS 48/52 und digitale Fotos mit dem System ProgRes der Firma Jenoptik, Jena, erstellt.

Die meisten Holzkohlen waren vergleichsweise gut erhalten, einige jedoch waren weich und zerbrachen schnell. Die unterschiedliche Erhaltung dürfte auf die früheren Brennprozesse sowie die Lagerungsbedingungen im Boden zurückzuführen sein. »Gute« Holzkohle ist schwarz bis stahlblau und glänzt. Bei unvollständiger Verbrennung – und falls noch Teer und Pech im Holz verblieben ist – entsteht halbverkohlter »Brand« (Becker u. a. 2005, 124). Bei feuchter oder nasser Lagerung zerfallen derartige Holzkohlen leicht.

Altersstellung der Befunde

Drei Ofenbefunde dieser Fundstelle wurden von Schnepf archäomagnetisch analysiert (siehe Schnepf im vorliegenden Band), was eine Einordnung der Zeitstellung gestattet. Außerdem wurden ¹⁴C-Datierungen an Holzkohlen und Schlacken in den ¹⁴C-AMS-Laboren Kiel und Erlangen durchgeführt (Tab. 1).

In zwei Fällen waren die zu datierenden Holzkohlen zuvor holzanatomisch untersucht und Rotbuche ausgewählt worden. Befund 103 ist radiometrisch in karolingische Zeit zu stellen, etwas jünger erwies sich Bef. 23. Von besonderem Interesse sind die Befunde 5 und 6, die unterschiedliche Radiokarbonaten erbrachten. Bef. 5 datiert vor-

¹ Dr. Götz Alper ist für die Probenübergabe und die anregenden Diskussionen zu danken.

Befund-Nr.	Fund-/Probe-Nr.	datierte Holzkohle	Labor-Nr.	unkalibriertes ¹⁴ C-Alter	kalibriertes Alter 1 Sigma	kalibriertes Alter 2 Sigma
5	Fund-Nr. 28	nicht bestimmt	KIA-44056	1793 ± 21 BP	145–316 cal AD	134–322 cal AD
5	Fund-Nr. 39	nicht bestimmt	KIA-41689	1447 ± 22 BP bzw. 1650 ± 110 BP bzw. 3160 ± 26 BP	601–640 cal AD	573–648 cal AD
6	Fund-Nr. 7, ELR-Ho6-07	Rotbuche	Erl-14041	1062 ± 40 BP*	900–1019 cal AD*	893–1024 cal AD*
23	Fund-Nr. 48, ELR-H23-48	Rotbuche	Erl-14042	1099 ± 41 BP	894–987 cal AD	784–1021 cal AD
103	Fund-Nr. 91	nicht bestimmt	Erl-11429	1206 ± 36 BP	776–876 cal AD	690–936 cal AD

Tab. 1 Elbingerode, Lkr. Harz. Ausgrabungs-Nr. A2319. ¹⁴C-Datierungen an Holzkohlen. *: Datum seitens der Archäologie und Archäomagnetik als zu jung bewertet.

karolingisch, wahrscheinlich in die Römische Kaiserzeit bis Völkerwanderungszeit. Eine Rotbuchenholzkohle aus Bef. 6 ist radiometrisch in das 9. bis 11. nachchristliche Jahrhundert einzureihen.

Die archäomagnetischen Messungen von Schnepf zeigen für die drei Ofenbefunde Bef. 5 bzw. 6, Bef. 38 und 98 bzw. 23 auffällige Unterschiede. Die beiden Bef. 5 und 6 (EB₁) erweisen sich nach der Archäomagnetik als gleich alt. Sie erbrachten fünf unterschiedliche archäomagnetische Alterseinstufungen, die in auffälligem Gegensatz zur betreffenden ¹⁴C-Radiokarbondatierung Erl-14041 stehen (siehe Schnepf im vorliegenden Band, Abb. 3). Die Holzkohlen aus Bef. 5 erbrachten zudem ein älteres ¹⁴C-Alter. Daher folgern Schnepf und Alper (im vorliegenden Band), dass die radiokarbondatierte Holzkohle wahrscheinlich auf sekundärem Wege in Befund 6 gelangte. Schnepf und Alper stellen beide Befunde (Bef. 5 und 6) in die jüngere Römische Kaiserzeit bis Völkerwanderungszeit.

Bei den Befunden EB₂ (Bef. 38) und EB₃ sind infolge der Archäomagnetik jeweils drei Zeitspannen denkbar. Für Bef. 98 und 23 (EB₃) liegt das für am wahrscheinlichsten gehaltene Zeitintervall nahe der Altersspanne der betreffenden ¹⁴C-Datierung (Erl-14042). Bef. 38 (EB₂) ist aufgrund der Archäomagnetik einige Jahrzehnte jünger als Bef. 98 bzw. 23 einzustufen (vgl. Schnepf im vorliegenden Band).



Abb. 1 Elbingerode, Lkr. Harz. Probe ELR-H89/101-82. Holzkohle von Rotbuche (*Fagus sylvatica*). Queransicht.

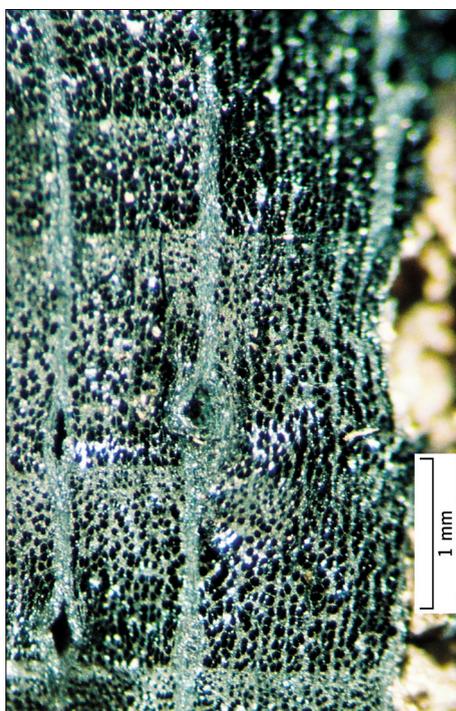


Abb. 2 Elbingerode, Lkr. Harz. Probe ELR-H89/101-86. Holzkohle von Rotbuche (*Fagus sylvatica*). Queransicht.

Ergebnisse und Diskussion

Die holzanatomisch untersuchten Proben mit ihrer archäologischen, radiometrischen bzw. archäomagnetischen Zeitstellung (vom Älteren zum Jüngeren) sind in Tab. 2 aufgelistet².

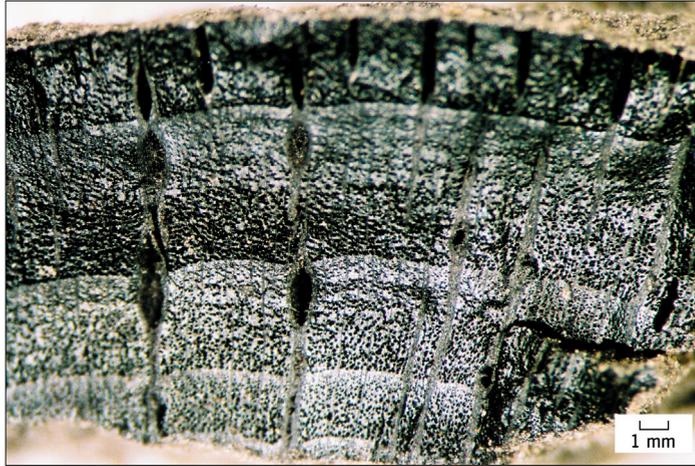
In den hier vorgelegten montanhistorischen Befunden bei Elbingerode wurden ausnahmslos Laubholzkohlen gefunden. In einigen Proben wurde ausschließlich Rotbuche erfasst, in anderen Proben treten ein bis zwei andere Laubgehölze hinzu.

Das Holz der Rotbuche (*Fagus sylvatica*) ist zerstreutporig und bildet breite Holzstrahlen aus (Abb. 1–3). Die Holzkohlen von Rotbuche zeigen oftmals Radialrisse in den breiten Holzstrahlen. Derartige Risse können auf einen relativ hohen Wassergehalt des zu verkohlenden Holzes, auf bereits vorhandene Trockenrisse, eine umfassende Holzentgasung bei der Verkohlung, eine hohe Verkohlungstemperatur (> 250 °C) oder eine plötzliche Abkühlung der Holzkohlen zurückgehen (Brown 1945; Schläpfer/Brown 1948; Becker u. a. 2005, 74). Hart-

² Die wenigen Holzkohlenstückchen aus Probe ELR-98-52 waren nicht bestimmbar.

³ Nach Definition weisen Harthölzer eine Trockenmasse von mehr als 550 kg je m³ [Forts. S. 258]

Abb. 3 Elbingerode, Lkr. Harz. Probe ELR-Ho6-07. Holzkohle von Rotbuche (*Fagus sylvatica*). Queransicht.



holz mit breiten Holzstrahlen, wie es bei Rotbuche der Fall ist, zerklüftet stärker als Laubholzkohlen mit schmalen oder zusammengesetzten Holzstrahlen.

Neben Rotbuche wurden Holzkohlen von Spitz-/Berg-Ahorn (*Acer platanoides/pseudo-platanus*) erfasst. Das Hartholz ist zerstreutporig; es weist eher einzelne bis in Kleingruppen angeordnete Tracheen sowie mehrreihige Holzstrahlen und eine Radialstreifung der Tracheen auf (Abb. 4). Wahrscheinlich waren beide Ahornarten in den Rotbuchenmischwäldern der Region vertreten.

Weiterhin sind Holzkohlen von Hasel (*Corylus avellana*) nachgewiesen worden (Abb. 5). Das Holz ist durch zusammengesetzte Holzstrahlen und typische Leitern bei den Gefäßdurchbrechungen charakterisiert. Bei der Hasel handelt es sich um einen Strauch bzw. Halbbaum.

Es ist auffällig, dass einzig in Bef. 55 keine Rotbuchen-Holzkohlen gefunden wurden. Stattdessen war dort vorrangig Holzkohle von Hänge-/Moor-Birke (*Betula pendula/pubescens*) (Abb. 6–7) sowie von Hasel zu finden. Bei beiden handelt es sich um Harthölzer³.

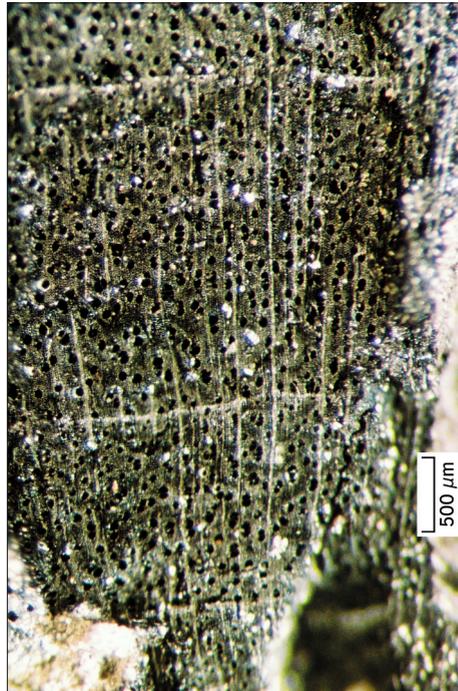


Abb. 4 Elbingerode, Lkr. Harz. Probe ELR-Ho6-07. Holzkohle von Spitz-/Berg-Ahorn (*Acer platanoides/pseudo-platanus*). Queransicht.

Probe-Nr.	Befund-Nr.	Fund-Nr.	Schnitt	Fläche
ELR-H06-07	6	7	22	Z2
ELR-H06-36		36		Z8
ELR-H103-91	103	91	29	Z19
ELR-H103-95		95		
ELR-H89-43	89	43	26	
ELR-H89/101-80	89/101	80	29	Z18
ELR-H89/101-82		82		
ELR-H89/101-83		83		
ELR-H89/101-86		86		
ELR-H23-48	23	48	26	Z11
ELR-H98-52	98	52	26	Z11
ELR-H25-57	25	57	4	Z17
ELR-H38-04	38	4	6	Z3
ELR-H38-14		14		
ELR-H39-13	39	13	6	Z3
ELR-H88-15	88	15	6	Z3
ELR-H88-56		56		
ELR-H55-17	55	17	12	Z4

Tab. 2 Elbingerode, Lkr. Harz. Ausgrabungs-Nr. A2319. Holzkohleproben, Befundbeschreibung und Zeitstellung. Laborprojekt-Nr. BOT249, Kürzel ELR. *: Datum seitens der Archäologie und Archäomagnetik als zu jung bewertet. cf. = lat. confer (vergleiche).

Befundbeschreibung, Anmerkung	¹⁴ C-Datierung	kalibriertes ¹⁴ C-Alter	Zeitstellung
Röstherd (?) zu Verhüttungssofen Bef. 5; Archäomagnetik: EB1, archäomagnetisches Alter: 340–507 AD; Geochemie: Analyse von Schlacke	Erl-14041	893–1024 cal AD*	ca. 4.–7. Jh.
Ofenrest Bef. 103, unter Deckschicht Bef. 89 und Zwischenschicht Bef. 101; Geochemie: Analyse von Schlacke	Erl-11429	690–936 cal AD	7./10. Jh.
Deckschicht über Ofenstelle Bef. 103			cf. 8./9. Jh. oder jünger
Zwischenschicht unter Deckschicht Bef. 89, über Ofenstelle Bef. 103			cf. 8./9. Jh. oder jünger
Ofengrube der Eisenmetallurgie, nahe Bef. 98; Archäomagnetik: EB3, archäomagnetisches Alter: 892–1058 AD	Erl-14042	784–1021 cal AD	8.–11. Jh.
Schlacke- oder Vorgrube bzw. Ausheiz- oder Röstherd; Archäomagnetik: EB3, archäomagnetisches Alter: 892–1058 AD			cf. 8.–11. Jh.
Grubenmeiler			cf. 8.–11. Jh.
Röstherd (Bef. 38) mit Arbeitsgrube (Bef. 88) und großem Unterlegstein; Archäomagnetik: EB2, archäomagnetisches Alter: 892–1058 AD			cf. 10./11. Jh.
Pfostengrube (Bef. 39) neben Röstherd (Bef. 38) mit Arbeitsgrube (Bef. 88) und großem Unterlegstein			cf. 10./11. Jh.
Röstherd (Bef. 38) mit Arbeitsgrube (Bef. 88) und großem Unterlegstein, Röst- oder Ausheizherd			cf. 10./11. Jh.
Steinsetzung (sekundär), Ofen-/Herdrest			cf. Hochmittelalter oder jünger

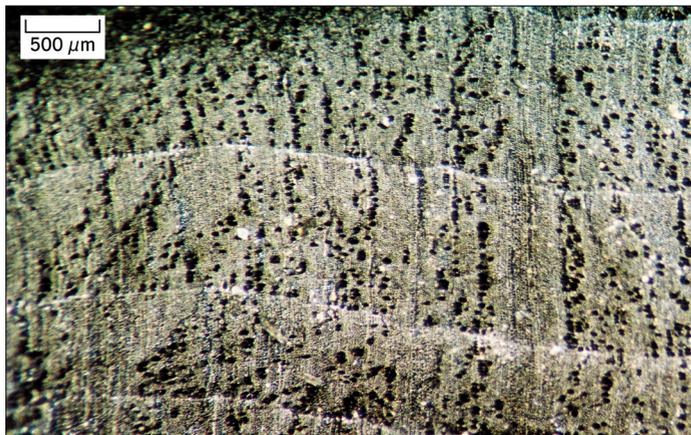


Abb. 5 Elbingerode, Lkr. Harz. Probe ELR-H38-04. Holzkohle von Gemeiner Hasel (*Corylus avellana*). Queransicht.

Die Ergebnisse der holzanatomischen Untersuchungen sind in Tab. 3 (bezogen auf die Masse in g) dargestellt. Rotbuche ist in 16 von 17 Proben repräsentiert. Der Spitz- bzw. Berg-Ahorn ist in acht Proben, die Hasel in fünf Proben und die Hänge-/Moor-Birke in einer Probe nachgewiesen. Insgesamt wurden 467 Stück bzw. 161 g Holzkohlen analysiert.

Das folgende Diagramm weist die Prozentanteile der einzelnen Gehölze bezogen auf die Gesamtmasse aus (Abb. 8). Bei 81 % der Stücke handelt es sich um Rotbuche, während ihr Anteil an der gesamten Holzkohlenmasse 88 % beträgt. Im Unterschied dazu stammen mehr als 9 % aller Holzkohlen von Hänge-/Moor-Birke, während deren Mas-

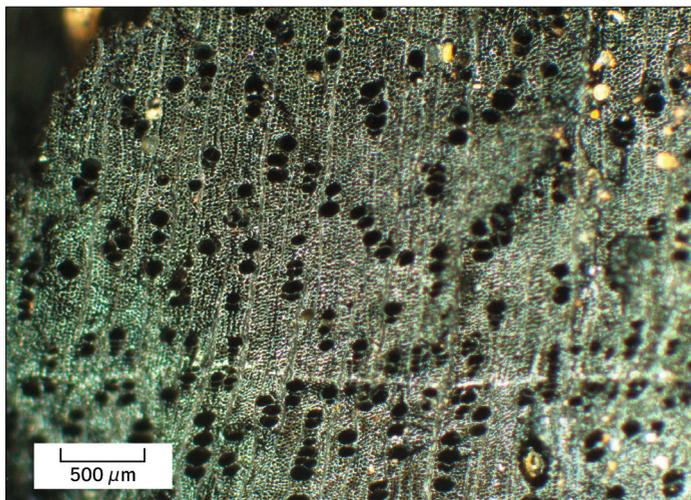


Abb. 6 Elbingerode, Lkr. Harz. Probe ELR-H55-17. Holzkohle von Hänge-/Moor-Birke (*Betula pendula/pubescens*). Queransicht.

(Darrdichte $> 0,55 \text{ g/cm}^3$) auf. Zu den Harthölzern gehören neben Ahorn, Eiche, Esche, Hainbuche, Rotbuche und Ulme auch Birke sowie Hasel. Demgegenüber sind Erle, Fichte, Kiefer, Linde, Pappel

und Weide Weichhölzer. Im Hinblick auf die Qualität von Holzkohlen unterscheidet Brown (1945, 9) Laubhart- von Laubweichholzkohlen. Zu letzteren stellt er auch Hasel und Birke.

Probe-Nr.	Rotbuche	Hänge-/ Moor-Birke	Hänge-/ Moor-Birke	cf. Hänge-/ Moor-Birke	Hasel	Spitz-/ Berg-Ahorn	cf. Rotbuche	Summe
BOT249, ELR	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Betula pendula/pubescens</i>	<i>Betula pendula/pubescens</i>	<i>cf. Betula pendula/pubescens</i>	<i>Corylus avellana</i>	<i>Acer platanoides/pseudo-platanus</i>	<i>cf. Fagus sylvatica</i>	
ELR-06-07	60,41				0,39	2,94		63,74
ELR-06-36	3,69					0,37		4,06
ELR-103-91	0,87							0,87
ELR-103-95	0,72							0,72
ELR-89-43	3,20						0,07	3,27
ELR-89/101-80	0,33							0,33
ELR-89/101-82	1,54							1,54
ELR-89/101-83	9,40							9,40
ELR-89/101-86	3,44							3,44
ELR-23-48	1,99					0,33		2,32
ELR-25-57	1,06					0,11		1,17
ELR-38-04	6,29				0,51	0,64		7,44
ELR-38-14	11,80				0,83	0,60		13,23
ELR-88-15	3,28					0,90		4,18
ELR-88-56	29,82				1,52	0,30		31,64
ELR-39-13	2,35							2,35
ELR-55-17		8,32		2,42	0,55			11,29
	140,19	8,32		2,42	3,80	6,19	0,07	160,99

Tab. 3 Elbingerode, Lkt. Harz. Ausgrabungs-Nr. A2319. Holzkohlenspektrum je Probe, Masse in g.

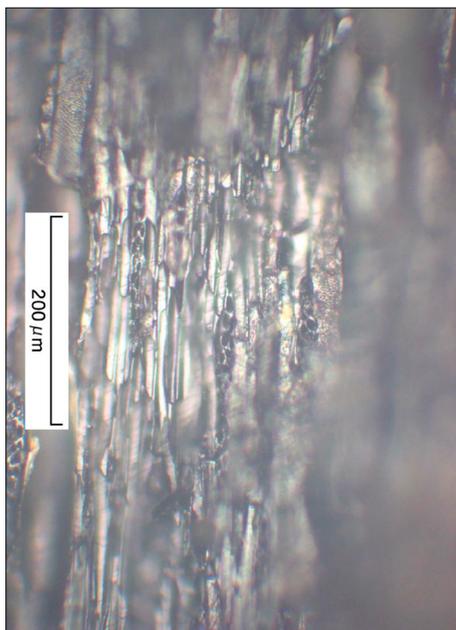


Abb. 7 Elbingerode, Lkr. Harz. Probe ELR-H55-17. Holzkohle von Hänge-/Moor-Birke (*Betula pendula/pubescens*). Tangentialansicht.

senanteil nur 5% erreicht. Es gibt mehr Holzkohlenstücke von Spitz-/Berg-Ahorn als von Hasel.

An sämtlichen Holzkohlen fehlte die »Waldkante«, daher ist der frühere Stammdurchmesser nicht zu ermitteln. Bei den größeren Holzkohlen sind die Jahringgrenzen entweder auffällig gekrümmt oder eher gerade verlaufend. Mit Hilfe einer Kreisschablone kann der Minimaldurchmesser des betreffenden Stückes ermittelt werden (Tab. 4; vgl. Hillebrecht 1982; Ludemann 1996). Berechnet man hieraus den mittleren Durchmesser (mD), sprechen Werte > 10 dafür, dass die betreffenden Holzkohlen von Starkholz stammen (Nelle 2002). Dies betrifft z.B. die Proben ELR-H25-57, ELR-H38-4, ELR-H88-56, ELR-H89/101-82 und -83. Bei den Proben ELR-H89-43 sowie ELR-H23-48 betragen die errechneten mD-Werte um 5, was darauf hinweist, dass hier Schwachholz – dünne Stangen, Äste und Zweige – genutzt wurden.

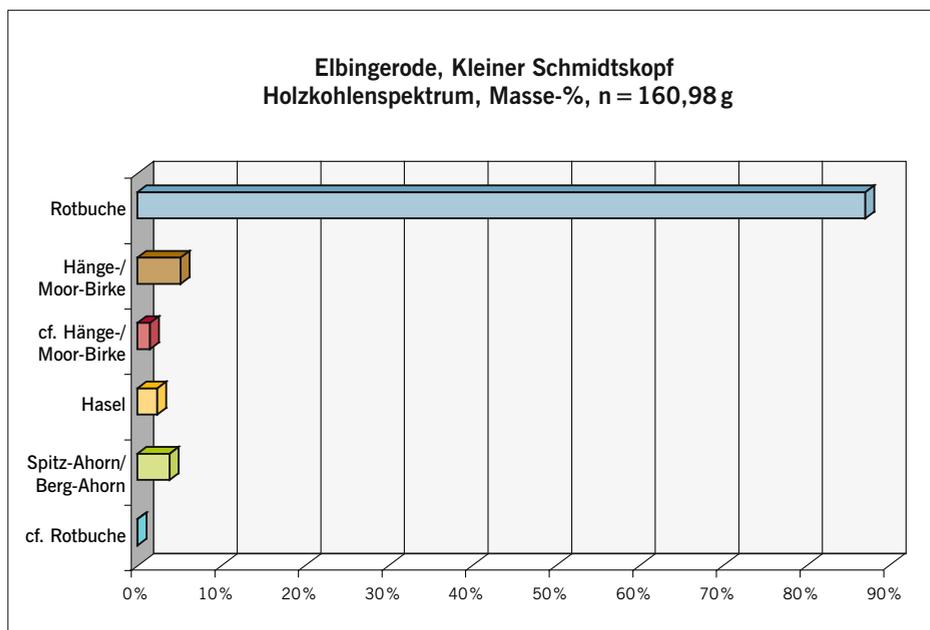


Abb. 8 Elbingerode, Lkr. Harz. Ausgrabungs-Nr. A2319. Holzkohlenspektrum (gesamt). Masse-%.

Holzklasse	I	II	III	IV	V	n	mD-Summe	mD
Durchmesser in cm	0-2 cm	> 2-3 cm	> 3-5 cm	> 5-10 cm	> 10 cm			
ELR-H06-07	2	15	31	27	20	95	666,0	7,0
ELR-H06-36			3	4	2	9	72,0	8,0
ELR-H23-48			2	2		4	23,0	5,8
ELR-H25-57				1	4	5	67,5	13,5
ELR-H38-4			1	4	5	10	109,0	10,9
ELR-H38-14		2	10	4	6	22	165,0	7,5
ELR-H39-13					4	4	30,0	7,5
ELR-H55-17		1	13	6	10	30	174,5	5,8
ELR-H88-15			1	2	1	4	34,0	8,5
ELR-H88-56			3	13	24	40	469,5	11,7
ELR-H89-43	1	5	5	4	1	16	78,5	4,9
ELR-H89/101-80				1		1	7,5	7,5
ELR-H89/101-82					3	3	45,0	15,0
ELR-H89/101-83					3	3	45,0	15,0
ELR-H89/101-86				1		1	7,5	7,5
ELR-H103-91				1		1	7,5	7,5

Tab. 4 Elbingerode, Lkr. Harz. Ausgrabungs-Nr. A2319. Durchmesserklassen der Holzkohlen. n Anzahl Holzkohlen mit ermitteltem Dm; mD-Summe = (n I*1) + (n II*2,5) + (n III*4) + (n IV*7,5) + (n V*15); mD berechneter mittlerer Durchmesser (mD-Summe/n).

Fichten- oder Rotbuchenwälder bei Elbingerode?

Die untersuchte Fundstelle westlich des »Kleinen Schmidtskopfes« (525,6 m ü. NN) südlich von Elbingerode befindet sich in einer Höhe um 500 m und liegt damit in einer Übergangszone von der submontanen zur montanen Höhenstufe im Mittelharz⁴. Der Brocken (1142 m ü. NN) liegt ca. 13 km nordwestlich. Das Gebiet ist heutzutage nur noch zu 22 %

bewaldet (Forstliche Landesanstalt 2001). Im Oberharz (> 6 km Entfernung) sind heutzutage vorrangig hochmontane Wollreitgras-Fichten-Buchenwälder oder Fichtenwälder bzw. -forste ausgebildet.

Südlich der Fundstelle sind ebenfalls Fichtenforste anzutreffen. Nach Schneider/Wittenberg (1974, 35) wurde das Gelände westlich des Papenbaches 1970/71 aufgeforstet, der Bereich um die Andreaskirche (Königshütte) wohl schon um die Wende vom 19. zum 20. Jh. (frdl. Mit. Alper).

Die Fichte war seit dem mittleren Holozän im Harz präsent und spielte in den Montanwäldern eine bedeutende Rolle. Wahrscheinlich waren damals in den oberen Berglagen Mischwälder aus Ulme, Esche, Eiche, Linde und Ahorn vorherrschend. Die Ausbreitung der Fichte erfolgte während des Subboreals seit ca. 4 000 v. Chr., und ganz allmählich verloren die vorher bedeutenderen Eichenmischwaldarten an Terrain. Aufgrund des günstigeren Klimas lagen die Obergrenzen für die Gehölze damals wenigstens 100 m höher als heutzutage (Beug u. a. 1999). Seit etwa 1700 v. Chr. etablierte sich die Rotbuche in den Harzwäldern, wobei sie dort zu Beginn des Subatlantikums um ca. 800 v. Chr. ihr Ausbreitungsmaximum erreichte. Die Pollendiagramme für den Hochharz (> 700 m) weisen aus, dass die Fichte erst im Verlaufe des Mittelalters und während der Neuzeit die Rotbuche in ihren Anteilen am Pollenniederschlag übertraf (vgl. Beug u. a. 1999). Die flächendeckende Verbreitung der Fichte in den Montanlagen des Harzes ist offenbar eine Folge des mittelalterlichen und neuzeitlichen Bergbaues (vgl. Willutzki 1962; Beug u. a. 1999).

Heutzutage sind die Lagen oberhalb von 500 m weitgehend von Fichtenforsten bestockt, wobei die Höhen zwischen 500 und ca. 700 m als Rotbuchen-Fichtenzone und der Hochharz als Fichtenzone betrachtet werden (Reichhoff u. a. 2001). Im ersten nachchristlichen Jahrtausend war diese Zonierung wahrscheinlich noch nicht ausgeprägt, sodass die Rotbuche bis in die Hochlagen verbreitet war. Beug u. a. (1999, 89) nehmen an, dass die Untergrenze von Fichte im Frühmittelalter bei 500 bis 600 m lag. An lokalklimatisch günstigen Standorten war sie stellenweise in tieferen Lagen verbreitet.

Wie die Holzkohlenanalysen aus dem Westharz zeigen, wurde dort in frühmittelalterlichen Meilern in Höhen < 500 m (Hillebrecht 1982) sowie an Schmelzplätzen aus Montanlagen (> 500 m) (Knapp 2012) hin und wieder Fichte nachgewiesen. Spätestens mit Beginn der Neuzeit war der Hochharz wahrscheinlich mit weitgehend reinen Fichtenbeständen bestockt. So ist Fichte in den neuzeitlichen Meilerplätzen aus dem Hochharz bei Renneckenberg (östlich des Brockens) vorherrschend (Knapp u. a. 2013), aber auch an einem Verhüttungsplatz in Rabental aus dem 11. Jh. in 570 m Höhe (Knapp 2012). Sowohl Holzkohlen- als auch Pollenanalysen belegen den bemerkenswerten Wandel und die Umstrukturierung der Montanwälder im Harz. Hillebrecht (1982) hat diese Veränderung erstmals für den Westharz dokumentiert (vgl. Hillebrecht/v. Kortzfleisch 2008).

Es stellt sich die Frage, ob die Region um Elbingerode in vorkarolingischer Zeit noch ein anthropogen unbeeinflusstes naturnahes und schattiges Rotbuchenwaldgebiet war. Heutzutage gibt es in der nahen Umgebung von Elbingerode nur wenige Forste und

4 Das von Alper u. a. prospektierte Areal befindet sich im Bereich von 485 bis 515 Höhenmetern.

kaum mehr Rotbuchenwälder. Im ersten nachchristlichen Jahrtausend war die Rotbuche, wie die Holzkohlenanalysen zeigen, offenbar in der Region noch verbreitet. Sie war wahrscheinlich das in dieser Höhenlage bedeutendste Gehölz bei der Bildung des Waldbestandes.

Die Region des Elbingeröder Komplexes ist vorwiegend aus devonischem Massenkalk aufgebaut. Bei eher nährstoff- bzw. karbonatreichen Oberböden sind für diese Region die anspruchsvolleren Zahnwurz-Rotbuchenwälder potenziell natürlich und in der weiter westlich angrenzenden Region Hainsimsen-Rotbuchenwälder (in montaner Ausprägung). Richtung Osten schließen sich Hainsimsen-Buchenwälder in submontaner (< 400 m) Variante sowie in kolliner (< 250 m) Ausprägung an (Bohn u. a. 2000). An den steileren Hängen wären in diesem Naturraum Bergahorn-Eschenwälder und in den Bachtälern Erlenwald oder Erlenbruchwald potenziell natürlich (Reichhoff u. a. 2001).

In dem hier untersuchten Material wurden keine Fichtenholzkohlen nachgewiesen. Fichte war in dieser Höhenlage (um 500 m) im Frühmittelalter offenbar noch nicht in den regionalen Wäldern des Osthazes verbreitet. Im Unterschied zur Fundstelle »Kleiner Schmidtskopf« sind an der Fundstelle Büchenberg bei Elbingerode aus wesentlich jüngeren Befunden Fichtenholzkohlen bezeugt.

Seit etwa 700 n. Chr. sind die ersten Verhüttungsaktivitäten im Harz nachgewiesen (Alper 2008a; Bartels u. a. 2007, 72). Ältere Verhüttungen sind für das westliche Harzvorland – beispielsweise in Düna – dokumentiert (Klappauf 2000), im Nordharzvorland für die Römische Kaiserzeit (Steinmann 2005) und die vorrömische Eisenzeit (Schürger 2006), nunmehr für den Mittelharz für die jüngere Römische Kaiserzeit bis Völkerwanderungszeit (Alper im vorliegenden Band). Während des ausgehenden 10. und des beginnenden 11. Jh. wurde die Region um Elbingerode sowohl für die Eisengewinnung als auch wiederholt für die königlichen und kaiserlichen Jagden genutzt, wie Archivalien bezeugen (Schwarz/Mischker 2000; Alper 2008a). Das Waldgebiet Bodfeld erstreckte sich von Braunlage im Westen über Elbingerode im Nordosten bis Stiege und Benneckenstein im Süden (Wille 2010). Der Harz war in damaliger Zeit Bannforst. Die jüngst erarbeiteten Ergebnisse sprechen für eine vorottonische Tradition der Eisenverhüttung und Holzkohlennutzung im Osthaz (Alper 2008; Alper 2008a; Alper im vorliegenden Band) sowie für das Vorkommen von wahrscheinlich naturnahen Rotbuchenwäldern in dieser Höhenstufe zu Beginn des Frühmittelalters.

Holzkohlenspektren im West- und Osthaz

In den Holzkohlenspektren von Elbingerode konnte vorrangig Rotbuche nachgewiesen werden. In geringeren Anteilen fanden sich zudem Spitz-/Berg-Ahorn und Hasel. Auch in dem Grubenmeiler Bef. 25 wurden Rotbuche und Ahorn erfasst. Offenbar wurde im Frühmittelalter die Holzkohle in der Nähe ihres Verbrauchsortes, den Eisenschmelzplätzen, produziert (vgl. v. Kortzfleisch 2008).

Mit dem Beginn der Eisengewinnung im Elbingeröder Komplex einschließlich des Eisenerzabbaues und der Erzverhüttung hat sich der Holzbedarf beträchtlich erhöht. Solange die Anzahl der Eisenschmelzplätze begrenzt blieb, war auch der Holzverbrauch nicht übermäßig, wie Dörfler (1995) modellhaft für die kaiserzeitliche Fundstelle Joldelund in Schleswig-Holstein ermittelte. Lokal kam es im Zusammenhang mit der Erzver-

hüttung jedoch zu einer Holzverknappung, sodass Holz und/oder Holzkohlen aus weiter entfernt liegenden Orten herantransportiert werden mussten.

Im ausgehenden Mittelalter und in der frühen Neuzeit war die Mittelharzregion um Elbingerode wahrscheinlich in Folge der spätmittelalterlichen Wüstungsperiode erneut mit Wald bestanden. Während der Hochphase des Mansfelder Kupferschieferbergbaues wurden aus dem Mittelharz bei Elbingerode längs der »Kohlenstrassen« aus mehr als 80 km Entfernung Holzkohlen in die Mansfelder Region gebracht (Kahn 1999/2000; Hellmund 2007). Dies belegt das ungleich viel höhere Holzangebot im Mittelharz im Gegensatz zum östlichen Harzvorland während dieser Zeit.

Unter den hier untersuchten Holzkohlen findet sich vorwiegend Hartholz, das sich für die Erzeugung der für die Eisenschmelze erforderlichen hohen Temperaturen besser eignet als Weichholz. Auch anderenorts wurden einst zum Schmelzen von Eisen vorwiegend Hartholzkohlen verwendet. Wahrscheinlich wurden die betreffenden Hölzer für die Holzkohlenproduktion ausgewählt, sie waren aber auch vor Ort verfügbar.

Beispielsweise wurde im norddeutschen Flachland bei Joldelund bei der römisch-kaiserzeitlichen Eisenverhüttung überwiegend das dort vorrätige Eichen- und Erlenholz verwendet (Dörfler/Wiethold 2000).

Aus dem westlichen Harz wurden wiederholt Holzkohlen aus Kohlenmeilern bzw. montanhistorischen Befunden untersucht (vgl. Begemann 2003; Knapp 2012). Die betreffenden Holzkohlenanalysen von Meilerplätzen zeigen, dass in tieferen Lagen des Westharzes bereits im Frühmittelalter ein höherer Anteil von Waldverlichtungszeigern auftritt. Hillebrecht (1982) spricht von »Destruktionszeigern«, zu denen sie Birke, Eberesche, Hasel, Pappel und Weide rechnet. Am westlichen Harzrand datieren die ältesten Holzkohlenspektren aus Meilern und Öfen in die Zeit ab 900 n. Chr. Sie weisen bereits bis zu 60 % so genannter »Sekundärholzarten« auf.

Während die Hänge-Birke als Lichtholzart gilt, zählt die Gemeine Hasel zu den Licht-/Halbschattpflanzen, der Berg-Ahorn gehört zu den Halbschatt-Schattholzpflanzen und die Rotbuche ist den Schattholzarten zuzuweisen (Oberdorfer 1994). Ellenberg u. a. (1991) weist der Rotbuche den Lichtfaktor 3 (Schattenpflanze), dem Berg- und Spitz-Ahorn den Faktor 4, der Fichte den Faktor 5 (Halbschattpflanze), der Haselnuss den Faktor 6 und der Hänge-Birke den Faktor 7 (Halblichtpflanze) zu. Dieser Lichtfaktor bezieht sich auf den Baumjungwuchs. Für das Keimen und Aufkommen von Jungpflanzen im Waldbestand ist das Lichtangebot die limitierende Größe. Zu den Pionierpflanzen zählen sowohl Hänge- und Moor-Birke als auch mehrere Arten von Weide und Pappel. Hasel ist eine ausschlagfähige Pionierpflanze. Diese Gehölze können nur auf Auflichtungsflächen innerhalb der schattigen Rotbuchenmischwäldern stocken. Wenn in einer Holzkohlenprobe Gehölze mit verschiedenen Lichtansprüchen erfasst werden, spricht dies für einen heterogen strukturierten Wald. Es handelt sich dann eher um einen Mittel- bzw. Niederwald als um einen Hochwald.

Das Vorkommen der Haselnuss in den Holzkohlenspektren deutet auf die Existenz von Sträuchern, ggf. Hecken, auf Waldrandlagen oder aufgelichtete Rotbuchenmischwälder hin. Hasel ist auch in dem wohl ältesten Befund (Bef. 6⁵) erfasst worden. Holzkohlen von Hasel werden in den jüngeren Befunden wahrscheinlich etwas häufiger.

Im Westharz wurden – im Unterschied zu den tieferen Lagen – für die Hochebene bei Clausthal-Zellerfeld (zwischen 535 und 620 m Höhe) in den dortigen Kohlenmeilern aus

dem 7./8. Jh. n. Chr. ebenfalls fast ausschließlich Holzkohlen von Rotbuche nachgewiesen. Auch an Kupferverhüttungsplätzen des Westharzes aus dem 10. Jh. ist an den Plätzen Kötental (480 m), Schnapsweg (490 m) und Schildautal (560 m) die Rotbuche vorherrschend. Auch bei dem ins 12. Jh. zu stellenden Fundort Huneberg (630 m) sowie dem Johanneser Kurhaus (560 m, 10.–13. Jh.) ist Rotbuche vorherrschend, aber auch der Fichte-Lärche-Typ neben anderen Gehölzen bezeugt. Nach Knapp (2012, 282) wurden bei der Kupferverhüttung im 10.–11. Jh. wahrscheinlich Holzkohlen von Rotbuche bevorzugt verwendet. Ähnliches zeigt sich für die Eisengewinnungsplätze bei Elbingerode im Ostharz.

»Sekundärgehölze« treten in den Montanlagen des Westharzes an Meilerplätzen erst für das 11.–13. Jh. auf (Hillebrecht 1982). Knapp (2012) weist für die Holzkohlenspektren vom Johanneser Kurhaus ebenso eine Zunahme von Pioniergehölzen aus. In Elbingerode war einzig in Bef. 55 das Pioniergehölz Birke nachweisbar, das mit seinen flugfähigen Früchten rasch freie Flächen besiedeln und die Waldsukzession einleiten kann. Da Rotbuche in diesem Falle fehlt, handelt es sich wahrscheinlich um eine jüngere Ofen- oder Herdstelle.

In den als Röstplätzen interpretierten Befunden von Elbingerode ist die Hasel als Waldaufflichtungszeiger belegt. Nach Pleiner (2000, 107) wurde zum Rösten von Eisenerz meist Holz und nur selten Holzkohle verwendet (frdl. Mitt. Alper).

Es bestätigt sich offenbar, dass auch im Ostharz an den frühmittelalterlichen Schmelzplätzen vorrangig Hartholzkohlen für die Erzverhüttung genutzt wurden, vorwiegend Rotbuche und Spitz- bzw. Berg-Ahorn sowie Hasel. Erst im Verlaufe des frühen 13. Jh. n. Chr. (nach Rippel 1958, 113) gelang es, durch Einsetzen von leistungsfähigeren mechanischen Blasebälgen auch mit »weichen« Holzkohlen die für die Verhüttung erforderlichen hohen Temperaturen zu erzeugen (v. Kortzfleisch 2008, 26).

Mit den Fundkomplexen von Elbingerode liegen die ersten anthrakologisch untersuchten frühmittelalterlichen Eisenerz-Schmelzplätze des Ostharzes vor.

Zusammenfassung

An dem im Ostharz gelegenen »Kleinen Schmidtskopf« bei Elbingerode (526 m ü. NN) wurden Relikte der Eisenverhüttung sowohl archäologisch als auch naturwissenschaftlich untersucht. Im Fokus dieses Beitrages stehen die anthrakologischen Ergebnisse. Es wurden Holzkohlen eines Grubenmeilers, eines VerhüttungsOfens, eines Röstherdes sowie aus Ofenstellen analysiert. Es liegen fünf Radiokarbondatierungen vor. Die Befunde datieren in die ausgehende Römische Kaiserzeit bzw. Völkerwanderungszeit und in das Früh- bis Hochmittelalter. In den Befunden waren ausschließlich Laubholzkohlen, vorrangig von Rotbuche (*Fagus sylvatica*), Ahorn (*Acer platanoides/pseudoplatanus*) und Hasel (*Corylus avellana*) und in einem offenbar zeitlich jüngeren Befund vor allem Birke (*Betula pendula/pubescens*) vorhanden. Die älteren Holzkohlenspektren sprechen für die Nutzung von eher naturnahen Rotbuchen(misch)wäldern. Zur damaligen Zeit war die Fichte (*Picea*) in dieser Höhenlage noch nicht verbreitet. Abschließend

5 Alper hält einen sekundären Eintrag von jüngeren Holzkohlen in Befund 6 für möglich.

werden bereits bekannte Holzkohlenspektren unterschiedlicher Zeitstellungen aus dem Westharz vergleichend diskutiert.

Summary

The charcoal from the iron smelting sites at the »Kleine Schmidtskopf« near Elbingerode, Harz district

Remains of iron smelting at the »Kleine Schmidtskopf« near Elbingerode (526 m OD) in the eastern Harz have been subject to archaeological as well as natural scientific analyses. This report presents the anthracological results. Charcoal fragments retrieved from a charcoal pit kiln, a smelting oven and a roasting hearth as well as from other hearth spots have been analysed. Five radiocarbon dates have also been obtained. The evidence dates to the end of the Roman Iron Age or the migration period respectively and to the early to high medieval period. The charcoal consisted exclusively of fragments from deciduous woods, primarily of beech (*Fagus sylvatica*), maple (*Acer platanoides/pseudo-platanus*) and hazel (*Corylus avellana*); a seemingly much younger context contained mainly birch (*Betula pendula/pubescens*). The earlier charcoal species range suggests the use of seminatural mixed woodlands dominated by beech. At this period in time spruce (*Picea*) was not yet common at this altitude. The paper concludes with a discussion and comparison of known charcoal species ranges from different time periods of the western Harz area.

Literaturverzeichnis

Alper 2008

G. Alper, Eisen für den König – eine frühmittelalterliche Ofendüse aus dem Harz. <http://lda-lsa.de/landesmuseum_fuer_vorgeschichte/fund_des_monats/2008/mai/> (15.04.2015).

Alper 2008a

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 (Bochum 2008) 467–488.

Alper (im vorliegenden Band)

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

Bartels u. a. 2007

C. Bartels/M. Fessner/L. Klappauf/F.-A. Linke, Kupfer, Blei und Silber aus dem Goslarer Rammelsberg von den Anfängen bis 1620. Montanregion Harz 8 (Bochum 2007).

Becker u. a. 2005

M. Becker/H.-J. Döhle/M. Hellmund/R. Leineweber/R. Schafberg, Nach dem großen Brand – Verbrennung auf dem Scheiterhaufen – ein interdisziplinärer Ansatz. Ber. RGK 86, 2005, 61–195.

Begemann 2003

I. Begemann, Palynologische Untersuchungen zur Geschichte von Umwelt und Besiedlung im südwestlichen Harzvorland (unter Einbeziehung geochemischer Befunde) (Diss. Univ. Göttingen 2003).

Beug u. a. 1999

H.-J. Beug/I. Henrion/A. Schmüser, Landschaftsgeschichte im Hochharz: Die Entwicklung der Wälder und Moore seit dem Ende der letzten Eiszeit (Clausthal-Zellerfeld 1999).

Bohn u. a. 2000

U. Bohn/L. Schröder/G. Hofmann, Karte der Potentiellen natürlichen Vegetation von Sachsen-Anhalt – Erläuterungen zum Naturschutz. Fachkarte 1:200.000. Ber. Landesamt Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Sonderh. 1/2000 (Bonn 2000).

Brown 1945

R. C. Brown, Beurteilung und Identifizierung der wichtigsten Laub- und Nadelholzkohlen. Disser-

- tation Technische Hochschule Zürich (Zürich 1945), <http://dx.doi.org/10.3929/ethz-a-000090872>.
- Dörfler 1995**
W. Dörfler, Versuch einer Modellierung des Energieflusses und des Rohstoffverbrauchs während der römisch-kaiserzeitlichen Eisenverhüttung in Joldelund, Ldkr. Nordfriesland. Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet 23 (Oldenburg 1995) 175–185.
- Dörfler/Wiethold 2000**
W. Dörfler/J. Wiethold, Holzkohlen aus den Herdgruben von Rennfeueröfen und weiteren Siedlungsbefunden des spätkaiserzeitlichen Eisengewinnungs- und Siedlungsplatzes am Kammerberg bei Joldelund, Krp. Nordfriesland. In: A. Haffner/H. Jöns/J. Reichstein (Hrsg.), Frühe Eisengewinnung in Joldelund, Kr. Nordfriesland. Ein Beitrag zur Siedlungs- und Technikgeschichte Schleswig-Holstein. Teil 2 Naturwissenschaftliche Untersuchungen zur Metallurgie- und Vegetationsgeschichte. Univforsch. Prähist. Arch. 59 (Bonn 2000) 217–262.
- Ellenberg u. a. 1991**
H. Ellenberg/H. E. Weber/R. Düll/V. Wirth/W. Werner/D. Paulißen, Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica 18 (Göttingen 1991).
- Forstliche Landesanstalt 2001**
Forstliche Landesanstalt Sachsen-Anhalt. Naturraumerkundung des Landes Sachsen-Anhalt auf der Grundlage der Forstlichen Mosaikbereiche. Standortsregionen Hügelland/Mittelgebirge. Schriftenr. forstliche Landesanstalt Sachsen-Anhalt 1/2001 (Gernrode 2001).
- Grosser 1977**
D. Grosser, Die Hölzer Mitteleuropas. Ein mikrographischer Lehratlas (Berlin, Heidelberg, New York 1977).
- Hellmund 2007**
M. Hellmund, Pflanzenfunde aus der »Luthergrube« von Mansfeld, Ldkr. Mansfelder Land. In: H. Meller (Hrsg.), Luther in Mansfeld. Forschungen am Elternhaus des Reformators. Arch. Sachsen-Anhalt, Sonderbd. 6 (Halle [Saale] 2007) 187–200.
- Hillebrecht 1982**
M.-L. Hillebrecht, Die Relikte der Holzkohlenwirtschaft als Indikatoren für Waldnutzung und Waldentwicklung. Untersuchungen an Beispielen aus Niedersachsen. Göttinger Geogr. Abhandl. 79 (Göttingen 1982).
- Hillebrecht/v. Kortzfleisch 2008**
M.-L. Hillebrecht/A. von Kortzfleisch, Holzkohlenpektrum und Waldbild. In: A. v. Kortzfleisch, Die Kunst der schwarzen Gesellen. Köhlerei im Harz. Mit Beitr. von P. Feldmer, E. Goedecke, M.-L. Hillebrecht, H.-H. Hillegeist, G. Ilte, L. Klappauf, A. v. Kortzfleisch, H. Kruth, R. Kutscher, W. Ließmann, A. Quest, L. Wille (Clausthal-Zellerfeld 2008) 99–103.
- Hillebrecht/v. Kortzfleisch 2008a**
M.-L. Hillebrecht/A. v. Kortzfleisch, Übernutzung und Raubbau, Holznot und Energiekrisen. In: A. v. Kortzfleisch, Die Kunst der schwarzen Gesellen. Köhlerei im Harz. Mit Beitr. von P. Feldmer, E. Goedecke, M.-L. Hillebrecht, H.-H. Hillegeist, G. Ilte, L. Klappauf, A. v. Kortzfleisch, H. Kruth, R. Kutscher, W. Ließmann, A. Quest, L. Wille (Clausthal-Zellerfeld 2008) 112–119.
- Kahn 1999/2000**
R. Kahn, Die Hüttenfeuer von Mansfeld und Leimbach. Mansfeld – Geschichte und Geschichten. Sonderh. 4 – 800 Jahre Mansfelder Bergbau und Hüttentradition (Mansfeld, Lutherstadt Eisleben 1999/2000).
- Klappauf 2000**
L. Klappauf, Der Harz als frühmittelalterliche Industrielandschaft im umweltgeschichtlichen Kontext. In: C.-H. Hauptmeyer (Hrsg.), Umweltgeschichte in Niedersachsen. Forschungsstand, Probleme und Aufgaben (Hannover 2000) 17–30.
- Klatt (im vorliegenden Band)**
G. Klatt, Frühe Roteisensteinverhüttung im Nordharzvorland bei Derenburg, Lkr. Harz. Jahresschr. Mitteldt. Vorgesch. 95, 2016, 183–200.
- Knapp 2012**
H. Knapp, Archäobotanische Untersuchungen an Verhüttungsplätzen aus dem Mittelharz (10.–13. Jh.) mit Schwerpunkt auf Holzkohlenanalysen: Lässt sich die Holznutzung zwischen verschiedenen Verhüttungsplätzen (Kupfer- und Silberschmelzplätzen) und dem metallurgischen Montangewerbe unterscheiden? Nachr. Niedersachsen Urgesch. 81, 2012, 247–285.
- Knapp u. a. 2013**
H. Knapp/V. Robin/W. Kirleis/O. Nelle, Woodland history in the upper Harz Mountains revealed by kiln site, soil sediment and peat charcoal analyses. Quaternary Internat. 289, 2013, 88–100.
- v. Kortzfleisch 2008**
A. v. Kortzfleisch, Warum musste das Erz zum Holz wandern? In: A. v. Kortzfleisch, Die Kunst der schwarzen Gesellen. Köhlerei im Harz. Mit Beitr. von P. Feldmer, E. Goedecke, M.-L. Hillebrecht, H.-H. Hillegeist, G. Ilte, L. Klappauf, A. v. Kortzfleisch, H. Kruth, R. Kutscher, W. Ließmann, A. Quest, L. Wille (Clausthal-Zellerfeld 2008) 13–19.
- Kriete (im vorliegenden Band)**
C. Kriete, Eisenzeitliche und frühmittelalterliche Eisenverhüttung im Bereich des Elbingeröder Komplexes – Versuch einer Provenienzanalyse. Jahresschr. Mitteldt. Vorgesch. 95, 2016, 269–292.
- Ludemann 1996**
T. Ludemann, Die Wälder im Sulzbachtal (Südwest-Schwarzwald) und ihre Nutzung durch Bergbau und Köhlerei. Mit. Verein Forstliche Standortkunde u. Forstpflanzenzüchtung 38 (Freiburg 1996) 87–118.

Nelle 2002

O. Nelle, Zur holozänen Vegetations- und Waldnutzungsgeschichte des Vorderen Bayerischen Waldes anhand von Pollen- und Holzkohlenanalysen. *Hoppea, Denkschr. Regensburg Bot. Ges.* 63 (Regensburg 2002) 161–361.

Oberdorfer 1994

E. Oberdorfer, Pflanzensoziologische Exkursionsflora⁷ (Stuttgart 1994).

Pleiner 2000

R. Pleiner, Iron in Archaeology. The European Bloomery Smelters. *Archeologický Ústav AV CR* (Prag 2000).

Reichhoff u. a. 2001

L. Reichhoff/H. Kugler/K. Refior/G. Warthemann, Die Landschaftsgliederung Sachsen-Anhalts (Stand: 01.01.2001). Ein Beitrag zur Fortschreibung des Landschaftsprogrammes des Landes Sachsen-Anhalt (Dessau 2001), <http://www.lau.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LAU/Naturschutz/Landschaftsprogramm/Dateien/Landschaftsgliederung_Fachtext.pdf (11.06.2015)>

Rippel 1958

J. K. Rippel, Die Entwicklung der Kulturlandschaft am nordwestlichen Harzrand. *Schr. wirtschaftswiss. Ges. Studium Niedersachsen, N. F.* 69 (Hannover 1958).

Schläpfer/Brown 1948

P. Schläpfer/R. C. Brown, Über die Struktur der Holzkohlen. *EMPA-Bericht* (Eidgenössische Materialprüfungs- und Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe) 153 (Zürich 1948).

Schneider/Wittenberg 1974

J. Schneider/E. Wittenberg, Bodfeld. Ein Beitrag zur Pflanzforschung. *Ausgr. u. Funde* 19, 1974, 34–39.

Schnepp (im vorliegenden Band)

E. Schnepp, Archäomagnetische Datierung von Befunden am »Kleinen Schmidtskopf« bei Elbingerode, Lkr. Harz. *Jahresschr. Mitteldt. Vorgesch.* 95, 2016, 243–250.

Schürger 2005

A. Schürger, Eisenverhüttung von der frühen Eisenzeit bis zum Spätmittelalter. In: H. Meller (Hrsg.), *Quer-Schnitt. Ausgrabungen an der B 6n. Bd. 1 Benzingerode – Heimbürg. Arch. Sachsen-Anhalt, Sonderbd. 2* (Halle [Saale] 2005) 159–164.

Schwarz/Mischker 2000

R. Schwarz/R. Mischker, Landschafts- und Nutzungsgeschichte. Harz und Vorländer. Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Harz und Vorländer. *Die Landschaftsschutzgebiete Sachsen-Anhalts* (Magdeburg 2000) 207–210.

Schweingruber 1982

F. H. Schweingruber, Mikroskopische Holzanatomie: Formenspektren mitteleuropäischer Stamm- und Zweighölzer zur Bestimmung von rezentem und subfossilem Material (Teufen 1982).

Steinmann 2006

C. V. Steinmann, Eine Rennofenanlage aus der Zeit um Christi Geburt. In: H. Meller (Hrsg.), *Archäologie XXL. Archäologie an der B 6n im Landkreis Quedlinburg. Arch. Sachsen-Anhalt, Sonderbd. 4* (Halle [Saale] 2006) 157–162.

Wille 2010

L. Wille, Zur Örtlichkeit des Reichshofes Bodfeld. *Harz-Zeitschrift* 62, 2010, 153–168.

Willutzki 1962

H. Willutzki, Zur Waldgeschichte und Vermooring sowie über Rekurrenzflächen im Oberharz. *Nova Acta Leopoldina N. F.* 160 (25) (Leipzig 1962) 3–51.

Abbildungsnachweis

1–8 M. Hellmund

Anschrift

Dr. Monika Hellmund
Landesamt für Denkmalpflege und
Archäologie Sachsen-Anhalt
Richard-Wagner-Str. 9
06114 Halle (Saale)