

Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte	Band	Seite	Stuttgart 2012
NNU	81	247 – 285	Konrad Theiss Verlag

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?

Von

Hannes Knapp

Mit 23 Abbildungen und 20 Tabellen

Zusammenfassung:

Im Westharz wurden Holzkohlen aus archäologischen Grabungen anthrakologisch untersucht. Ziel war es zu klären, ob sich Unterschiede in den Holzkohlespektren verschiedener montangewerblicher Prozesse und Verhüttungstätigkeit im 10. bis 13. Jahrhundert hinsichtlich des genutzten Holzes finden lassen und ob sich weitere Indizien für eine kleinflächige Verbreitung der Fichte im Mittelharz finden. Hierzu wurden an vier Verhüttungsplätzen zur Kupfergewinnung, einem Verhüttungsplatz der Blei- und Silberproduktion und einer Montansiedlung insgesamt 5850 Holzkohlestücke analysiert. Der anthrakologische Befund zeigt eine Selektion auf Buchenholzkohlen bei der Verhüttung von Rammelsberger Erz auf Kupfer und eine differenziertere Verbreitung der Fichte im Mittelharz. In den verschiedenen Entwicklungsstadien der Montansiedlung zeichnet sich deutlich der Raubbau an den Wäldern des Harzes ab. Zu Beginn wurde Starkholz von Naturwaldarten (Buche, Ahorn und Fichte) für die Verhüttung genutzt. Im weiteren Verlauf der Verhüttungs- und Siedlungsaktivität steigt hingegen die Nutzung von Schwachholz von Pioniergehölzen (Birke, Hasel, Weide, Pappel und Vogelbeere) deutlich an. Ferner deutet sich hier eine Bevorzugung von Fichtenholz als Feuer- oder Bauholz im Umfeld der Silberproduktion ab.

Schlüsselwörter: Westharz, Holzkohleanalysen, Kupfer-Schmelzplatz, Silber-Schmelzplatz, Montansiedlung, Frühmittelalter, Hochmittelalter

Title: Archaeobotanical investigation of charcoal from 10th–13th century smelting sites in the middle Harz Mountains: Were different woods used at different smelting sites (copper and silver) and for different metallurgical processes?

Abstract: Anthracological analysis of charcoal from six different archaeological sites was carried out for 10th–13th century smelting places and a settlement area in the western Harz Mountains to determine whether different kinds of wood (charcoal) were used for smelting different metals and for different metallurgical processes. All in all 5850 charcoal samples were identified and classified. The anthracological record suggests beech charcoal was selected for copper production and spruce for lead and silver production. Furthermore, it appears that spruce was relatively common in the area, depending on site conditions, and the charcoal record from the settlement area clearly demonstrates overexploitation of the woodland. At the beginning of human activity, the woodland consisted of a more or less dense sycamore-beech forest, while during the 12th and 13th centuries more and more wood of pioneer trees was used by the inhabitants of the settlement.

Keywords: Western Harz Mountains, charcoal analysis, copper-smelting site, silver-smelting site, settlement, early and high Middle Ages.

Einführung

Der Harz, das nördlichste deutsche Mittelgebirge mit seinen vielfältigen Erzlagerstätten, ist seit mehr als 2000 Jahren durch den Menschen und seine bergbaulichen Aktivitäten geprägt. Erste Hinweise auf vorchrist-

liche Metallgewinnung finden sich im Vorland durch Schwermetallanreicherungen (NIEHOFF et al. 1992. MATSCHULLAT et al. 1992; 1997. BROCKNER et al. 1999. HETTWER 1999. KRONZ et al. 2006) und jüngst fanden sind deutliche Hinweise auf bronzezeitliche Metallgewinnung durch Isotopenuntersuchungen an Silber- und

Bleiartefakten im Harz (LEHMANN 2011). Archäologisch nachgewiesen ist der Beginn der Verhüttung jedoch erst während der römischen Kaiserzeit in Düna (KLAPPAUF 1985; 2003. HETTWER et al. 2003). Der Erzreichtum des Harzes selbst führte schon früh zu reger Bergbauaktivität. So ist bereits für das 3. Jahrhundert die Verhüttung von Oberharzer Gangerzen nachgewiesen (KLAPPAUF, LINKE 1990. BROCKNER 2000. KLAPPAUF 2009), und auch die Verwendung von Rammelsberger Kupfererzen lässt sich bereits in die ersten Jahrhunderte nach Christi Geburt datieren (KLAPPAUF, LINKE 1990). Die Verhüttung der Erze erfolgte bis ins 8. Jahrhundert meist siedlungsnah im Vorland (BARTELS et al. 2001. ALPER 2008). Bereits in karolingischer Zeit kam es aufgrund des Bergbaues und der Verhüttung der Erze zu einer Verknappung der Energieressourcen (KLAPPAUF 2011 a, b). Zudem stand der enorme Holzverbrauch in Konkurrenz mit den Bedürfnissen der Siedlungen nach Bauholz und der Nutzung des Waldes u.a. als Eichenmastwald/Waldweide. Infolgedessen verlagerten sich die Hüttenbetriebe in das Gebirge (ALPER 2003; 2008. KLAPPAUF 2011a). So stammen die ältesten Schmelzplätze der Blei- und Silberproduktion im Harzgebirge selbst mit wenigen Ausnahmen aus dem 7. Jahrhundert (KLAPPAUF 2011a). Parallel zur Verlagerung und Ausweitung der Verhüttungsplätze erfolgte die intensive Nutzung der Wälder durch die Holzkohlenherstellung. Hierbei wurde nach HILLEBRECHT (1989) keine Baumart geschont. Die Schmelzplätze lagen anfangs an den Bachoberläufen oder in Quellgebieten und wurden nur saisonal betrieben (KLAPPAUF 2011a). Mit wachsender wirtschaftlicher Bedeutung und durch Produktionsänderungen bei der Metallherstellung im 10. und 11. Jahrhundert (KLUGE 2001. KLAPPAUF 2011a) kam es zu einer weiteren Intensivierung der Ausbeutung der Natur (BARTELS 2003), was u.a. auch zu einer Wiederverwertung von alter Sinterschlacke führte (KLAPPAUF 2011a). Schon früh können Bemühungen und technische Neuerungen (z.B. Grabungen Riefenbach und Huneberg), wie etwa Windkanäle, festgestellt werden, die zur Einsparung von Energie geführt haben (KLAPPAUF et al. 2008. KLAPPAUF 2011a). Im Gebirge lassen sich nun auch häufig Kupferschmelzplätze für Rammelsberger Erz nachweisen (KLAPPAUF 2011a) und es folgte im Hohen Mittelalter eine drastische Ausweitung des Bergbaues und der Schmelzplätze (KLAPPAUF 2000. BARTELS et al. 2007). Im 12. und 13. Jahrhundert entstanden die ersten dauerhaften Siedlungen im Hochharz (HAUPTMEYER 1992), zeitgleich finden sich auch vermehrt Schlackehalden bis zu 700 m ü. NN (KLAPPAUF et al. 2008). Über Jahrhunderte folgten die Hüttenleute dem Wald (HILLEBRECHT 1982. Bartels et al. 2001. BEGEMANN 2003. KLAPPAUF et al. 2008). Erst durch technische Neuerungen und der damit einhergehenden Verlagerung der nun über einen längeren Zeitraum genutzten Hütten in die Täler begann man, etwa im ausgehenden 13. Jahrhundert, die Kohle zum Erz zu transportieren (BLAICH 2005. BARTELS et al. 2007. KORTZFLEISCH et al. 2009). Anhand anthrakologischer

Untersuchungen rekonstruierte HILLEBRECHT (1982) für den Oberharz einen Ahorn-Buchen-Wald (Acerifagetum) als Schlusswaldgesellschaft. Mit steigendem Eingriff des Menschen entstanden nach und nach Mischwälder mit höherem Anteil an lichtbedürftigen Gehölzen (HILLEBRECHT 1989). Mit zunehmender Intensität des Raubbaues wurden zudem in größerem Umfang Pioniergehölze gefördert (Birke, Hasel, Eberesche, Weide, Pappel). Parallel kam es zur Förderung der Fichte (*Picea abies* (L.) H. Karst.; Fichte), die sich vermutlich aus ihrem Kernareal in den Hochlagen des Harzes immer weiter ausbreitete und schließlich mit Beginn des 17. Jahrhunderts auch gezielt durch den Menschen verbreitet wurde. HILLEBRECHT (1989) spricht schon früh von einem industriellen Charakter der Holzkohlenwirtschaft. Deutlich wird dies besonders durch die riesige Anzahl von Meiler- und Verhüttungsplätzen. Schätzungen gehen von insgesamt über 20.000 Meilern und 2500 Schmelzplätzen aus (BARTELS et al. 2001. VON KORTZFLEISCH 2009). Zudem konnte mehrfache Platznutzung nachgewiesen werden (HILLEBRECHT 1982). Die Untersuchungen von HILLEBRECHT (1982) zeigen weiter, dass es keine Selektion bestimmter Holzarten beim Verkohlen gab. Es wurde alles genutzt, was in der Umgebung der Meiler wuchs. Ob dies auch für die zahlreichen Schmelzplätze und das verarbeitende Gewerbe zutrifft, ist bislang nicht gezielt untersucht worden. In der Literatur wird oft über die Holzkohleverwendung für bestimmte Zwecke gesprochen. So soll z.B. Ulmenholzkohle bei Hüttenbetrieben begehrt sein und Erlenholzkohlen sehr heiß brennen (BENEKENDORF 1787). Nach SPRENGEL (1971) bevorzugen Schmieden Fichtenkohle, generell soll auch Weichkohle günstig für Eisen-Rennöfen und Nadelholzkohlen gut für die Silber- und Kupferverhüttung sein. Wurden also auch im Harz für die Produktion von Kupfer, Blei, Silber und Eisen verschiedene Holzkohlen genutzt und änderte sich die Holzkohlenutzung im Laufe der Zeit mit dem Wandel von saisonalen zu mehrphasigen Verhüttungsplätzen? Im 13. Jahrhundert entstehen die ersten dauerhaften Montansiedlungen mit metallurgischem Gewerbe im Harz. Hier lassen sich ideal die Holzkohlespektren in unterschiedlichen Befunden und Nutzungen vergleichen und der Frage nachgehen, ob sich für den Harz aus diesen Spektren eine Holzarten-Selektion des Montangewerbes für verschiedene Prozesse ablesen lässt. Die von HILLEBRECHT (1982) untersuchten Meiler sind Orte der Holzkohlenproduktion, während Schmelzplätze Orte des Holzkohlenverbrauches sind. Ziel der neuen Untersuchung war es, weiter zu klären, ob gezielt Holzkohle für bestimmte Schritte der Erzgewinnung vor Ort produziert und genutzt wurde, oder ob die Kohle doch über größere Distanzen zu den Schmelzhütten transportiert worden ist. Hier schließt sich die Frage an, ob es lokale Unterschiede zwischen verschiedenen Gebieten gab, sowohl hinsichtlich der lokalen Artenzusammensetzung als auch der lokalen Verbreitung der Fichte,

und ob sich verschiedene Nutzungsformen im anthrakologischen Befund widerspiegeln.

Hierfür wurden im Oberharz Holzkohleuntersuchungen an Boden- und Holzkohleproben aus sechs archäologischen Grabungen durchgeführt. Bei diesen Grabungen handelt es sich sowohl um Schmelzplätze der Kupfer- und Silberproduktion als auch um einen Schmelzplatz der Blei- und Silberverhüttung, welcher sich im Laufe des 13. Jahrhunderts zu einer dauerhaften Montansiedlung entwickelte (s.u. sowie *Abb. 1 und Tab. 1*).

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im nördlichsten deutschen Mittelgebirge, dem Harz, und liegt im Bundesland Niedersachsen. Der Harz gilt als eine der klassischen Heimatstätten des Bergbaues und der Metallurgie in Deutschland (KLAPPAUF, KAMMER 2002).

Lage, Naturraum

Zum Verständnis der Bergbaugeschichte und ihrer Folgen für Umwelt und Vegetation sind die geologischen Gegebenheiten und die Entstehung der Erzlagerstätten des Harzes von Bedeutung. So stellt der Harz ein SO-NW-gestrecktes Horstgebirge mit steil ansteigendem Nordrand dar, das sich nach Osten hin allmählich abflacht. Das Mittelgebirge ist eine S-SW geneigte Monokline des Rhenoharzynikums und Teil des variszischen Orogengürtels. Die Modellierung des Gebirgskörpers mit seinen vielfältigen Vererzungen (synsedimentären, gangförmigen und metasomatischen Ursprungs; s.u.) erfolgte im Paläozoikum. Nach mehreren Einebnungen während des Mesozoikums wurde der Harz spätmesozoisch-tertiärzeitlich um 3 km gehoben und es folgte die Modellierung der aktuellen Rumpfflächen mit ihren tief eingeschnittenen Tälern. Der Harz wird naturräumlich in den Ober-, Mittel- und Unterharz gegliedert. Aufgrund seiner geografischen Lage ist das Klima des Harzes deutlich subozeanisch,

von markantem W-O-Gefälle geprägt. So steigen die Niederschlagswerte von W nach O von 800 mm auf 1600 mm im Jahr an, bevor sie im Bereich der östlichen Harzabdachung auf um die 500 mm fallen. Die Jahresdurchschnittstemperaturen variieren zwischen 7–8° C in der collinen Gebirgsstufe und 2,4° C in der subalpinen Stufe. Im Bereich des Oberharzes liegen die Niederschlagsmengen um die 1000–1400 mm und die Temperaturen im Jahresmittel bei 4–6° C.

Geologie und Böden

Von herausragender Bedeutung für die Geschichte des Harzes sind die mannigfaltigen Erzlagerstätten, deren Genese und die Einbettung in das Umgebungsgestein. So hatte die unterschiedliche Genese der Lagerstätten deutlichen Einfluss auf die Verfügbarkeit der Erze für den Bergbau und die anschließende Verhüttung. Die untersuchten archäologischen Grabungen liegen in den Bereichen des Oberharzer Devonsattels, der Clausthaler Kumfaltenzone und der Sösemulde. Im Gebiet des Oberharzer Devonsattels dominieren mittel- bis oberdevonische Schiefer und Kalke, während die Clausthaler Kumfaltenzone und die Sösemulde überwiegend aus Wechsellagen unterkarbonischer turbiditischer Grauwacken-Bänke und Tonschiefer aufgebaut sind. Lokal, im Bereich des Oberharzer-Diabas-Zuges, treten spilitisierte Diabase zutage. Innerhalb der verschiedenen Erzlagerstätten dieser Region fallen den polysulfidischen Erzen des Rammelberges und den Oberharzer Gangerzen besondere Bedeutungen zu (MOHR 1993, DEICKE 2000). Bei den devonischen Rammelsberger Erzen handelt es sich um fein verwachsene Bändererze, vornehmlich aus Pyrit, Bleiglanz, Zinkblende und Kupferkies, die synsedimentär-submarin-exhalativ entstanden sind (SEDEX-Typ). Die oberkarbonischen Erze der 19 Oberharzer Gangzüge entstanden entlang NW-SO-streichender Störungszonen durch hydrothermale Ablagerungen. Aufgrund ausgeprägter Brekzierung dieser Erze bildeten sich charakteristische Ringel- und Konkardenerze, die vornehmlich aus Bleiglanz und Zinkblende bestehen. Als Gangarten treten Quarz, Kalkspat und Schwespat auf.

Fundplatz	Höhe m ü. NN	Datierung	Bodenproben	Holzkohleproben	Analysen [n]
Huneberg	630	12. Jhrd	158	28	2963
Rabental	570	11. Jhrd		12	86
Johanneseer Kurhaus	560	10.-13. Jhrd	156	84	1966
Schildautal	560	10. Jhrd	4		33
Schnapsweg	490	10. Jhrd	79	13	404
Kötental	480	10. Jhrd	11	20	398
Summe			408	157	5850

Tab. 1 Überblick über die untersuchten Grabungen mit Angaben zur Höhe ü. NN, Alter und Anzahl der bearbeiteten Proben.

Die geologischen Gegebenheiten des Harzes spielten nicht nur für die Entstehung und Ausbeutung der Erzlagerstätten durch den Menschen eine wichtige Rolle, sondern auch für die Entstehung der Böden und somit auch für die sich darauf entwickelnde Vegetation.

In Abhängigkeit vom Ausgangsgestein wechseln die Bodentypen sehr häufig und sind im Harz lokal sehr unterschiedlich. Im Torfhäuser Hügelland dominieren Braunerden und podsolige Braunerden, während sich auf den Granitverwitterungsböden des Hochharzes

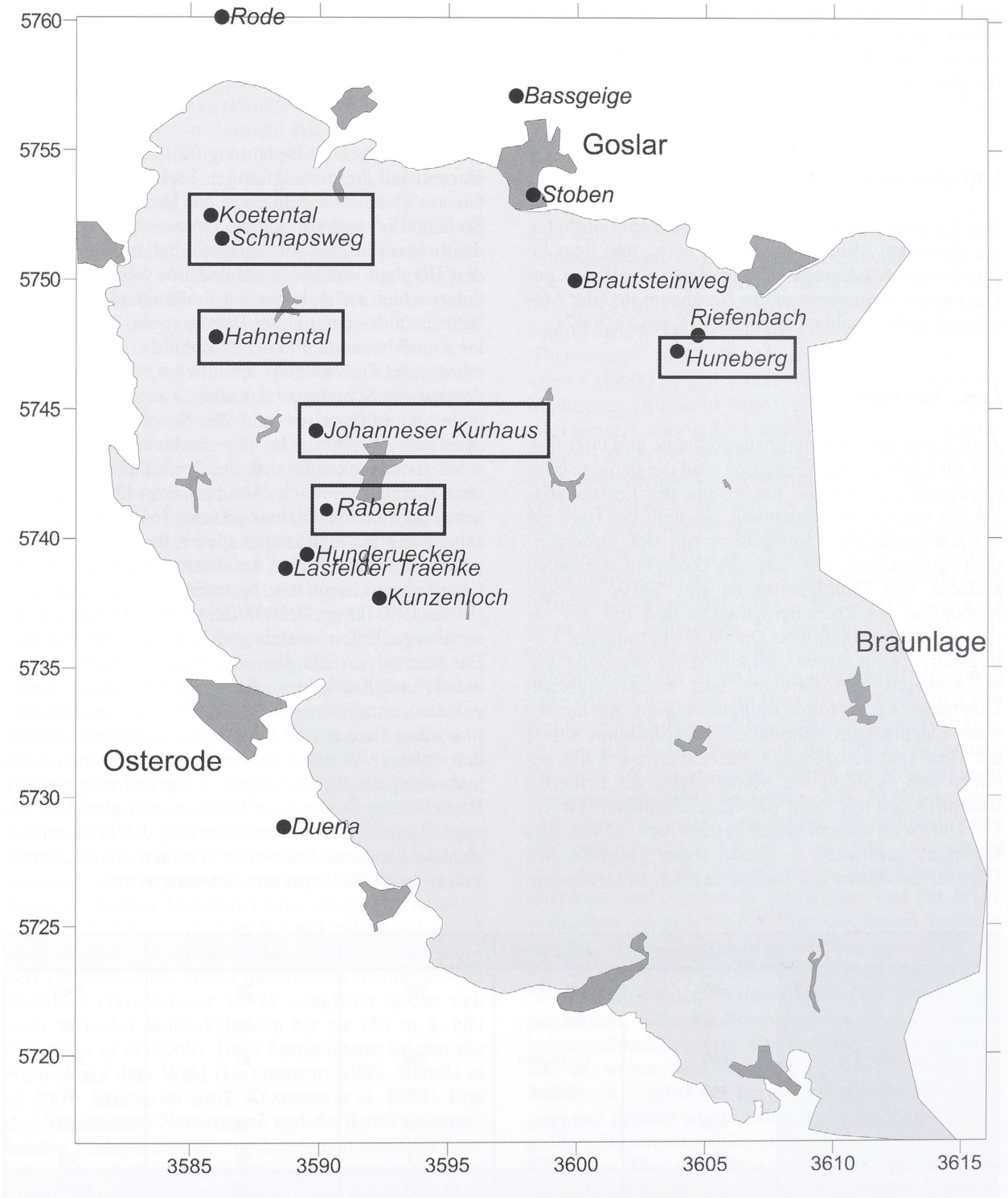


Abb. 1 Karte des Westharzes mit Lage der untersuchten Grabungen Koetental, Rabental, Schildautal, Schnapsweg, Huneberg und Johanneser Kurhaus. (Karte nach KLAPPAUF, BROCKNER 2000).

podsolige Braunerden und Podsole entwickeln. Auf Tonschiefer bilden sich primär basenarme Braunerden, und auf Kieselschiefer kommt es zur Ausbildung von Braunerde-Ranker. Im Bereich des Oberharzer-Diabas-Zuges treten basenreiche Braunerden auf.

Vegetation

In den collinen Lagen des Harzes finden sich als Klimaxgesellschaften Eichen-Hainbuchenwälder (Verband *Carpinion betuli*, z.B. *Stellario-Carpinetum* [Sternmieren-Eichen-Hainbuchen-Wald]), im montanen Bereich (bis 700 m) Restbestände von Hainsimsen-Buchenwäldern (*Luzulo-Fagetum*, z.T. auch *Melico-* und *Dentario-Fagetum*) und Fichtenforste (DRA-CHENFELS 1990. WILLERDING 2000a. BEGEMANN 2003). Ab 750 bis 850 m ü. NN dominieren neben Fichtenforsten Fichtenwälder des Typs *Calamagrostis villosae-Piceetum* (Reitgras-Fichtenwald) und von 850 bis zum Brocken (1141 m NN) prägen verschiedene Assoziationen des *Vaccinio-Piceetea* (Boreal-kontinentale-zwergstrauchreiche Nadelwälder) und des *Vaccinio uliginosi-Pinetea* (Rauschbeeren-Kiefern-Fichten-Moorwälder) das Waldbild. Bei den laubabwerfenden Wäldern des Harzes handelt es sich um kleinflächige Restbestände einst ausgedehnter Laubwälder. Der Großteil des niedersächsischen Harzes wird heute von der Fichte (*Picea abies* (L.) H. Karst.) dominiert (72 %). Die Buche (*Fagus sylvatica* L.) tritt noch mit 19 % auf, während die restlichen Laubbäume zusammen nur auf 5 % kommen. Seit Gründung des Nationalparks Harz 1990 wird zum ersten Mal in der Geschichte des Harzes durch waldbauliche Maßnahmen und Strukturverbesserung die natürliche Naturwalddynamik gefördert. So zielten mehrheitlich die Waldentwicklungsmaßnahmen des Nationalparks abseits der auf die Naturdynamikzone Laubholzförderung.

Fundplätze und Material

Aus dem Westharz wurden Boden- und Holzkohleproben der Fundplätze Schnapsweg, Kötental, Rabental, Schildautal (Hahnetal), Huneberg und Johanneser Kurhaus bearbeitet (Abb. 1, Tab. 1). Die archäologischen Grabungen führte die Arbeitsstelle Montanarchäologie des Niedersächsischen Landesamts für Denkmalpflege Hannover durch. Alle untersuchten Fundplätze lassen sich in die Zeit zwischen dem 10. und 13. Jahrhundert datieren. Die Proben stammen von verschiedenen technischen Stätten, die alle im Zusammenhang mit dem mittelalterlichen Bergbau und Verhüttungswesen stehen. Bei fünf der Grabungen handelt es sich um reine Verhüttungsplätze, während das Johanneser Kurhaus sich zu Beginn des 13. Jahrhunderts von einem saisonalen Verhüttungs- und Erzgewinnungsplatz zu einer Montansiedlung entwickelte. Der Fokus der anthrakologischen Untersuchung liegt aufgrund der Probenan-

zahl und den detaillierten archäologischen Voruntersuchungen auf den Plätzen Huneberg und Johanneser Kurhaus (ALPER 1998; 2003. KLAPPAUF, LINKE 2004. KLAPPAUF et al. 2008). Das anthrakologisch analysierte Material wurde im Rahmen der archäologischen Ausgrabung durch die zuständigen Archäologen vor Ort entnommen. Bei den Proben handelt es sich um von Hand ausgelesene Holzkohlen (Holzkohleproben) und Bodenproben. Volumen und Gewicht der Bodenproben schwanken von 25 bis 4220 ml und 20 bis 4520 g. Aus 157 Holzkohleproben und 408 Bodenproben wurden 5850 Stücke Holzkohle analysiert.

Huneberg

Landkreis Goslar, Gemarkung Harzburg, Forst II, FStNr. 6

Die Lokalität Huneberg liegt auf etwa 630 m ü. NN am Huneberg bei Torfhaus in der Nähe des Diabas-Steinbruches Huneberg. In den Jahren 2001 bis 2004 erfolgte die systematische Ausgrabung des mittelalterlichen Schmelzplatzes durch das Niedersächsische Landesamt für Denkmalpflege, Arbeitsstelle Montanarchäologie (KLAPPAUF, LINKE 2004). Ergraben wurden drei technisch komplexe Öfen mit zugehörigem Luftkanal und 10 m lange Gerinne (KLAPPAUF 2011b). Im südlichen Bereich des Ofens fanden sich in einer Laufschiene zahlreiche Spuren von Holzverarbeitung (Holzfragmente/Baumrinde), während im nördlichen zwei Grubenstrukturen lagen. Bei einer dieser rundlichen Gruben dürfte es sich um eine Kloake gehandelt haben. Daneben kamen zahlreiche Wagenspuren, die wahrscheinlich der „Ellricher Straße“ zugeordnet werden können, zutage.

Johanneser Kurhaus

Landkreis Goslar, Gemarkung Zellerfeld, Forst, FStNr. 10

In den Jahren zwischen 1987 und 1991 wurde am Westrand der Clausthaler Hochfläche in der Nähe von Wildemann ein Areal am ehemaligen Johanneser Kurhaus ausgegraben. Eine detaillierte Bearbeitung des archäologischen Befundes erfolgte durch ALPER (1998; 2003), die nachfolgende Beschreibung des Platzes folgt ALPER (2003). Das Grabungsareal liegt auf etwa 570 m ü. NN im oberen Stoffental, direkt am Zellerfelder Hauptzug. Insgesamt wurden 500 m² durch 14 Schnitte ergraben und 940 Befunde katalogisiert. Nachweise menschlicher Aktivität im Gebiet des Johanneser Kurhauses finden sich bereits in Form von Grubenmeilern aus karolingischer Zeit (8.–9. Jahrhundert), doch erst in ottonischer Zeit, seit dem 10. Jahrhundert, setzte rege Bergbauaktivität und Verhüttung ein (HILLEBRECHT 1982. ALPER 2003). Holzkohleuntersuchungen dieser in das 8.–9. Jahrhundert datierten Grubenmeiler (¹⁴C-Datierungen) spiegeln ei-

nen dichten Ahorn-Buchen-Wald wider (HILLEBRECHT 1982). Im 10.–11. Jahrhundert (Phase 1) wurde zuerst begrenzt Bleiglanz abgebaut und im einstufigen Röst-Reaktionsverfahren silberhaltiges Werkblei gewonnen. Die Verhüttung erfolgte in mindestens sechs runden Herdöfen mit 1–1,5 m Durchmesser. Aus dem gewonnenen Werkblei wurde im Anschluss in mehreren Kupellationsöfen das Silber extrahiert. Während der Phase 1 ist der Platz, wie im Harz zur damaligen Zeit üblich, nur saisonal betrieben worden. Im 12. Jahrhundert setzte eine Intensivierung des Bergbaues ein (Phase 2), die sich im archäologischen Befund durch mächtige Abraumhalden widerspiegelt. Weiter finden sich Hohlwege, zahlreiche Wagenspuren und Gräben. Der Fund eines Pochplatzes und Relikte der Bleiglanzverhüttung zeugen von reger Silberproduktion. Eine vermutliche Feuerstelle mit Steinsetzung und Staketen deutet auf einfache Behausungen hin, jedoch können weiterhin keine Spuren einer intensiven Besiedlung festgestellt werden. Um 1200 entwickelt sich auf den Abraumhalden der Phase 2 eine dauerhafte Montansiedlung (Phase 3). Diese war gekennzeichnet durch die Verknüpfung von Wohnen und Arbeiten, wobei die Siedlung einer lockeren Streusiedlung mit einfachen Gebäuden ähnelte. Im zentralen Bereich stand ein etwa 3x3 m großes Schwellbalkengebäude mit Schmiedeofen. In der Umgebung dieser Bergschmiede sind weitere Herdstellen, Kupellationsöfen und Röstbetten lokalisiert. Nach der Zerstörung der Schmiede im Zuge von Kriegsaktivitäten kam es zur Errichtung eines 5x5 m großen Stampflehmgebäudes, das wahrscheinlich ebenfalls als Schmiede diente. Die Funde von zahlreichem Gezähe und Geleuchte (mit Bienenwachs) zeugen von fortgeschrittener Bergbauaktivität. Im weiteren Umfeld finden sich Schmiedeessen, Erzaufbereitungsplätze sowie verschiedene Öfen, in denen neben den Erzen des Oberharzer Gangreviers auch Rammelsberger Erze verhüttet wurden. Das vielfältige Fundgut der Grabung (z.B. Schmuck, Gürtelschnallen aus Buntmetall) zeigt, dass die Siedlung Johanneser Kurhaus einen gewissen Wohlstand erreichte und mit einem städtischen Milieu vergleichbar ist. Hiervon zeugen auch die Funde von Trauben (*Vitis vinifera*) und Kardamon (*Elettaria cardamomum*; WILLERDING 2000b). Funde von Spinnwirteln und Spielzeugfiguren deuten darauf hin, dass die Hüttenleute mit Frauen und Kindern hier lebten. Das Ende der Besiedlung erfolgte bereits kurz nach der Entwicklung des Hüttenstandortes zur Montansiedlung. Bereits Mitte des 13. Jahrhunderts fiel die Siedlung wüst, wohl im Zuge einer Krise des Bergbaues.

Schnapsweg

Landkreis Goslar, Gemarkung Lautenthal, Forst, FStNr. 121.

Die Grabung Schnapsweg liegt auf 490 m ü. NN im oberen Bereich des Steigertals am Westhang des Ha-

ckelsberges. In zwei Grabungskampagnen 1996/1997 wurde ein 4 x 8 m großer Bereich freigelegt (LINKE 1998, KLAPPAUF et al. 1998). Im Zentrum des Schnittes fand sich eine Ofenkonstruktion mit rot geglühten Grauwacken, Hüttenlehm und Schlackeresten. Im Umfeld des Ofens wurden zwei Werkplätze mit Depotgrube, Siebstandort und den Resten einer Schutzüberdachung ergraben. Insgesamt konnten drei Ofenanlagen geophysikalisch nachgewiesen werden, eine davon, durch ein Forstfahrzeug gefährdet, ausgegraben. Auf diesen Anlagen haben wahrscheinlich Schachtöfen von bis zu 1,5 m Höhe gestanden (KLAPPAUF et al. 1998). Es handelt sich hierbei um einen Schmelzplatz aus dem 10. Jahrhundert, in dem aus Rammelsberger Erz Kupfer gewonnen wurde.

Kötental

Landkreis Goslar, Gemarkung Seesen I, Forst, FStNr. 3

Die Grabung Kötental liegt auf 480 m ü. NN nördlich des Kötentalbaches im Übergang des Talhanges zur Hochfläche. Im Rahmen einer Grabung im Jahre 1998 wurden mehrere Arbeitsplattformen freigelegt. Ein dazugehöriger Ofen konnte nur indirekt durch Schlackenreste und Hüttenlehm nachgewiesen werden, da das Areal des früheren Ofens durch forst- und wegebauliche Maßnahmen zerstört worden war. Ähnlich dem Schmelzplatz Schnapsweg handelt es sich beim Kötental um einen Schmelzplatz aus dem 10. Jahrhundert. In diesem wurde gleichfalls Rammelsberger Erz verhüttet und Kupfer gewonnen. Unterhalb der Schmelzplatz-Ablagerungen ließ sich im Rahmen der Grabung eine torfige Schicht freilegen. Untersuchungen der botanischen Makroreste dieses – *in situ* erhaltenen – Waldbodens deuten auf eine Nutzung des Waldes vor der Errichtung des Schmelzplatzes hin (KLAPPAUF, BROCKNER 2000).

Rabental

Landkreis Goslar, Gemarkung Zellerfeld, Forst, FStNr. 21

Die Sondierung Rabental liegt auf 570 m ü. NN im Tannhai am südlichen Quellarm eines Baches. Es handelt sich hierbei um einen Verhüttungsplatz des 11. Jahrhunderts zur Blei- und Silbergewinnung. Der Platz wurde saisonal genutzt und ist aufgrund der Ofenreste mit dem der Anfangszeit des Johanneser Kurhauses zu vergleichen (KLAPPAUF, mündliche Mitteilung). Im Gegensatz zum Johanneser Kurhaus kam es jedoch nicht zur Entwicklung einer Bergbausiedlung im 12. und 13. Jahrhundert.

Schildautal

Landkreis Goslar, Gemarkung Lautenthal,
Forst, FStNr. 30

Der Schlackeplatz liegt an der oberen Schildau an einem Westhang 200 m von der Quelle der Schildau entfernt. Es handelt sich um einen Verhüttungsplatz mit Ofenkonstruktion zur Kupfergewinnung aus Rammelsberger Erz aus dem 10. Jahrhundert (KLAPPAUF, LINKE 2000). Der Schmelzplatz Schildautal lässt sich sowohl zeitlich als auch technisch mit dem Schmelzplatz Schnapsweg gleichsetzen.

Methoden

Probenaufbereitung

Die in den Grabungskampagnen entnommenen 404 Bodenproben wurden am Institut für Ur- und Frühgeschichte – Archäobotanik/Umweltarchäologie, Universität Kiel, und am Stützpunkt Montanarchäologie des Niedersächsischen Landesamtes für Denkmalpflege, Goslar, mittels eines Siebturms (Maschenweiten: 2 mm, 1 mm, 355 µm) geschlämmt (Flotations-Verfahren) und anschließend auf botanische Makroreste und Holzkohlen untersucht. Aufgrund der hohen Schwermetallbelastung der Bodenproben und der Holzkohlen erfolgte die Durchführung mehrheitlich auf dem Gelände der Bergbau Goslar GmbH. Wegen der Verschmutzung der Holzkohleproben mit Sediment/Holzkohlestaub sind diese vor der Bearbeitung ebenfalls gewaschen worden.

Holzartbestimmung

Die holzanatomische Bestimmung der Holzkohlestücke wurde anhand von Quer-, Radial- und Tangentialbrüchen unter einem Binokular (Olympus S751) und unter einem Auflichtmikroskop (Olympus BX51) mit 4- bis 500-facher Vergrößerung vorgenommen. Die Identifizierung der Gehölzart oder -gattung erfolgte nach SCHWEINGRUBER (1990a, b) sowie anhand von verkohltem Referenzmaterial der Abteilung Paläoökologie, Institut für Ökosystemforschung, Universität Kiel. Holzanatomisch relevante mikroskopische Identifizierungsmerkmale sind hierbei u.a. die Verteilung und Größe von Tracheen und Tracheiden bzw. die Ausbildung der Gefäßdurchbrechungen, Breite und Höhe von Markstrahlen sowie das Vorhandensein von Harzkanälen, Schraubenverdickungen der Tracheen und Tüpfelart. Eine Unterscheidung auf Artniveau ist nicht immer möglich, z.T. können nur Gattungen angesprochen werden. Innerhalb bestimmter Gattungen lassen sich, aufgrund unterschiedlicher Standortansprüche der Arten und spezifischer Umweltbedingungen des Untersuchungsgebietes, Arten und Artgruppen eingrenzen. So ist eine holzanatomische Differenzierung

zwischen *Salix* (Weide) und *Populus* (Pappel) generell möglich, jedoch wird diese Abtrennung aufgrund geringerer Größe oder schlechter Erhaltung der Holzkohle mitunter erschwert. Da eine Unterscheidung hinsichtlich vegetationskundlicher Fragen und der anthrakologischen Unterscheidung verschiedener Arbeitsprozesse eine untergeordnete Rolle spielt, wurden in der vorliegenden Untersuchung die Anteile von *Salix* und *Populus* zum *Salix-Populus*-Typ zusammengefasst. Im Gegensatz zu den Gattungen *Salix* und *Populus* ist eine Unterscheidung zwischen den Gattungen *Picea* und *Larix* (Lärche) wegen der sehr ähnlichen Holzanatomie schwierig. Aufgrund dessen wurde auf eine Trennung zwischen *Picea* und *Larix* verzichtet und die Holzkohlen der beiden Gattungen in der Sammelkategorie *Picea-Larix*-Typ zusammengefasst. Im Untersuchungsgebiet ist *Larix decidua* Mill. jedoch nicht indigen (STÖCKER 1990, BEUG et al. 1999), sondern wurde erst im Laufe des 18. Jahrhunderts kultiviert (KISON, WERNECKE 2004). Daher ist davon auszugehen, dass die Sammelkategorie *Picea-Larix*-Typ einzig aus *Picea abies* (L.) H. Karst. aufgebaut ist. Aufgrund dessen wird hier der *Picea-Larix*-Typ als Fichte angesprochen. In bestimmten Fällen ist selbst eine Bestimmung auf Gattungsniveau fragwürdig. Hier erfolgte die Bestimmung der Holzkohlen auf der taxonomischen Ebene von Familien und Unterfamilien. Ein Beispiel hierfür sind die Rosaceae (Rosengewächse), bei denen primär zwischen den Unterfamilien Pyroideae (Kernobstgewächse) und Amygdaloideae (Steinobstgewächse) differenziert wird. Holzanatomisch lässt sich von diesen beiden Unterfamilien einzig die Gattung *Sorbus* (Eberesche) sicher abtrennen.

Im Ergebnisteil findet die Abgrenzung zwischen Hart- und Weichholz anhand der Darrdichte statt. Die Kategorie Weichholz beinhaltet Holz mit einer mittleren Darrdichte bis 550 kg/m³, während in der Kategorie Hartholz alle Hölzer mit einer Darrdichte über 550 kg/m³ zusammengefasst werden. Ferner sind unter Pioniervegetation/Pioniergehölze die folgenden Gattungen summiert: *Corylus* (Hasel), *Betula* (Birke), Pyroideae (cf. *Crataegus*; Weißdorn), *Sorbus* sowie der *Salix-Populus*-Typ. In der Ergebnisdarstellung wird weiter sowohl zwischen Klimaxgattungen und Gymnospermen (Gymnospermae; Nadelhölzer) als auch zwischen Feuchte- und Lichtzeigern unterschieden (Tab. 3). Die Prozentangaben wurden auf ganze Zahlen gerundet und die gängige wissenschaftliche Nomenklatur verwendet (siehe hierzu Tab. 2).

Unter Klimaxvegetation oder Klimaxgesellschaften wird allgemein das Endstadium oder die Schlussphase der natürlichen Vegetationsentwicklung mit einem relativ stabilen Gleichgewicht hinsichtlich der Artenkombination verstanden (SITTE et al. 2002). Es handelt sich hierbei also um die zonale Vegetation eines betreffenden Gebietes in Abhängigkeit von Klima und Boden (WALTER 1986, ELLENBERG 1996). Die Verteilung

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name
Acer	Ahorn	Rosaceae	Rosengewächse
Alnus	Erle	Salix	Weide
Angiospermae	Bedecktsamer	Sorbus	Eberesche/Vogelbeere
Amygdaloideae	Steinobstgewächse	Taxus	Eibe
Betula	Birke	Tilia	Linde
Carpinus	Hainbuche	Ulmus	Ulme
Corylus	Hasel	Aceri-Fagetum	Ahorn-Buchenwald
Crataegus	Weißdorn	Carpinion betuli	Eichen-Hainbuchenwälder
Fagus	Rotbuche	Stellario-Carpinetum	Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwald
Frangula	Faulbaum	Luzulo-Fagetum	Hainsimsen-Buchenwälder
Fraxinus	Esche	Melico-Fagetum	Waldgersten-Buchenwald
Indet	unbestimmt	Dentario-Fagetum	Zahnwurz-Buchenwald
Picea	Fichte	Calamagrostis villosae-Piceetum	Reitgras-Fichtenwald
Larix	Lärche	Vaccinio-Piceetea	Boreal-kontinentale-zwergstrauchreiche Nadelwälder
Pinus	Kiefer	Vaccinio uliginosi-Pinetea	Rauschbeeren-Kiefern-Fichten-Moorwälder
Populus	Pappel	Quercion pubescenti-petraeae	Flaumeichen-Mischwald
Prunus	Kirsche	Fagion sylvaticae	Echte-Buchenwälder
Pyroideae	Kernobstgewächse	Tilio-Acerion	Schlucht- und Hangmischwälder
Quercus	Eiche	Piceo-Sorbetum aucupariae	Fichten-Vogelbeer-Gesellschaft

Tab. 2 Taxonomie und Syntaxonomie: Vergleich zwischen wissenschaftlichen und deutschen Namen. Die Nomenklatur folgt OBERDORFER (2001), WISSKIRCHEN, HAEUPLER (1998) und SCHUBERT et al. (2001).

der holzanatomischen Gattungen auf die verschiedenen Kategorien (Klimaxgattungen, Gymnospermen, Lichtzeiger und Feuchtezeiger) erfolgt anhand ihrer pflanzensoziologischen Stellung und Bedeutung in der zonalen Vegetation des Harzes bis 600 m ü. NN. Unter Lichtzeigern werden Gattungen zusammengefasst, die im Untersuchungsgebiet auf eine Öffnung der Landschaft hindeuten. So stellt zwar *Sorbus* auf Blockschutthalden und generell im Hochharz eine Klimaxgattung dar (z.B. Piceo-Sorbetum aucupariae; Fichten-Vogelbeer-Gesellschaft), jedoch ist davon auszugehen, dass die Art in einem Ahorn-Buchen-Wald des Mittelharzes primär an gestörten Standorten auftritt. In diesen Höhenlagen ist sie nach OBERDORFER (2001) als Vorwaldart und Waldpionier anzusehen. Die mitteleuropäischen Arten der Gattung *Quercus* zählen zu den Halblichtpflanzen (nach ELLENBERG 1991) und sind so-

mit sowohl Lichtzeiger als auch Klimaxarten für ein definiertes Areal. Da *Quercus* (Eichen) jedoch in den niederen und mittleren Höhenlagen des Harzes wahrscheinlich bestandsbildend in der oberen Baumschicht vorkam, wird die Gattung zu den Klimaxgattungen gestellt. Die Arten der Gattungen *Ulmus* (Ulmen), *Alnus* (Erlen) und *Fraxinus* (Eschen) sind ebenfalls Klimaxarten, werden aber aufgrund ihrer Eigenschaft als Frische- und Nässezeiger (nach ELLENBERG 1991) hier zu den Feuchtezeigern gezählt. Zur Unterscheidung zwischen der Nutzung von Laub- und Nadelholz sowie zur Untersuchung der Ausdehnung der Fichtenareale wird die Klimaxart *Picea abies* (L.) H. Karst. zu den Gymnospermen gestellt.

Die Quantifizierung der nachgewiesenen Holzarten erfolgt nach Stückzahl und nach Gewicht. Neben der Holzartbestimmung wurde das mittlere Stückgewicht (G/N-Wert = g/n) bestimmt, indem das Gewicht (g) der jeweiligen Gattung durch die Stückzahl (n) dividiert worden ist. Ferner wurde für jedes Holzkohlestück der Durchmesser in mm und die Anzahl der Jahrringe festgehalten, um die mittlere Jahrringbreite zu bestimmen und somit den durchschnittlichen Zuwachs (MARGUERIE, HUNOT 2007) zu beurteilen.

Kategorie	Holzanatomische Taxa
Klimaxgattungen	<i>Fagus</i> , <i>Acer</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Quercus</i>
Gymnospermen	<i>Picea-Larix</i> -Typ, <i>Taxus</i> , <i>Pinus</i>
Lichtzeiger	<i>Corylus</i> , <i>Betula</i> , <i>Sorbus</i> , <i>Pyroideae</i> , <i>Amygdaloideae</i>
Feuchtezeiger	<i>Alnus</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Frangula</i> , <i>Salix-Populus</i> -Typ

Tab. 3 Übersicht über die verwendeten Kategorien und der zugehörigen holzanatomischen Taxa.

Durchmesser des Holzes und mittlerer Durchmesser

Ergänzend zur Bestimmung der Holzart wurde bei jedem Holzkohlestück der Durchmesser des verkohlten Holzes nach LUDEMANN und NELLE (2002) ermittelt. Hierbei wird das Holzkohlestück in eine Größenklassenkreisschablone eingepasst (Abb. 2). Das Einpassen in die Schablone erfolgt anhand der Jahrringkrümmung und dem Winkel der Markstrahlen zueinander (LUDEMANN 1996; 1999; 2006a; 2008; LUDEMANN, NELLE 2002).

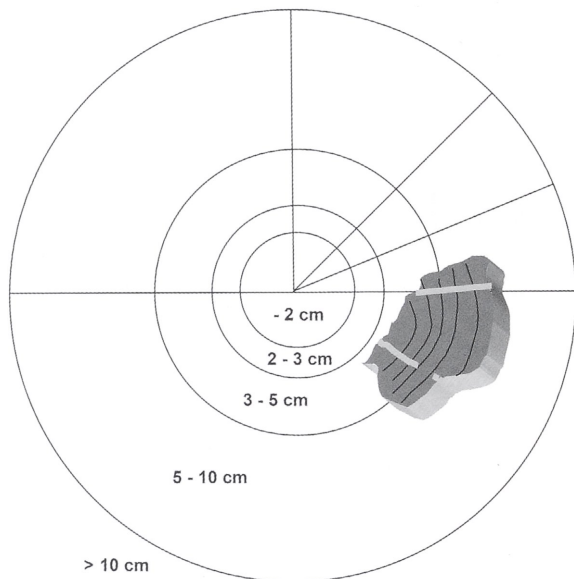


Abb. 2 Größenklassenschablone (nach LUDEMANN, NELLE 2002).

Insgesamt werden fünf Größenklassen/Durchmesserklassen (GK) unterschieden (Tab. 4). Bei der Interpretation der Größenklassen ist die Schrumpfung des Holzes während des Verkohlungsprozesses zu berücksichtigen. Der Durchmesser des genutzten Holzes wird entsprechend größer gewesen sein, da nach SCHLÄPFER und BROWN (1948) das Holz durch den Verkohlungsprozess um etwa 15–20 % schrumpft.

Größenklasse	Durchmesser [cm]	Mittelwert der Größenklasse [cm]
1	bis 2	1
2	2 - 3	2,5
3	3 - 5	4
4	5 - 10	7,5
5	größer 10	15

Tab. 4 Größenklassen (GK) mit zugehörigen Durchmessern und Größenklassenmittelwert in cm nach LUDEMANN, NELLE (2002).

Aus der Verteilung der Holzkohlestücke auf die fünf Größenklassen kann der mittlere Durchmesser (mD, [cm]) des verkohlten Holzes berechnet werden:

$$mD = \frac{[n_{(<2cm)} * 1 + n_{(2-3cm)} * 2,5 + n_{(3-5cm)} * 4 + n_{(5-10cm)} * 7,5 + n_{(>10cm)} * 15] / n_{Gesamt}}$$

Hierbei wird für die einzelnen Größenklassen die Stückzahl der jeweiligen Gattung/Art (n) mit dem Mittelwert der Größenklasse multipliziert und anschließend durch n_{Gesamt} dividiert. Der Faktor 15 für die Größenklasse 5 wurde von LUDEMANN und NELLE (2002) auf 15 cm festgelegt. Die errechneten mD-Werte dienen als Vergleichswerte und sind nicht als absolut zu betrachten. Neben der Schrumpfung während des Verkohlungsprozesses ist zu berücksichtigen, dass große Bäume sowohl im Zentrum des Stammes einen hohen Anteil an Holz mit engen Radien haben als auch im Randbereich ihrer Kronen. Die mD-Werte und die Durchmesserklassenhistogramme dienen zum Vergleich verschiedener Proben und lassen Interpretationen hinsichtlich des genutzten Holzsortimentes zu (LUDEMANN, NELLE 2002). Im Vergleich mit Rezentanalysen (z.B. NELLE 2002, LUDEMANN 2006b; 2008) können nun Rückschlüsse auf die genutzten Bestände gezogen werden (NELLE 2002). So deuten mD-Werte von bis zu 5 cm auf die Nutzung von Ast- und Schwachholz hin, bei mittleren Werten zwischen 6 und 9 cm wurde wahrscheinlich mittelstarkes Holz genutzt und bei einem mittleren Durchmesser von über 13 cm kann von einer Stamm- und Starkholznutzung ausgegangen werden (NELLE 2002, Tab. 5).

Ergebnisse

Im Holzkohlespektrum der sechs Fundplätze zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Grabungen ab. Im Schnapsweg, Schildautal und Köntental dominiert *Fagus*. Es konnten keine Holzkohlen des *Picea-Larix*-Typs gefunden werden. Die Grabungen Huneberg, Johanneser Kurhaus und Rabental sind durch einen steigenden Anteil an Fichte gekennzeichnet (Tab. 6).

Holzkohlen aus dem Johanneser Kurhaus

In den 1966 identifizierten Holzkohlestücken mit einem Gesamtgewicht von 685,5 g konnten 19 Gehölzgattungen bzw. -arten nachgewiesen werden (Abb. 3). Von diesen 19 holzanatomisch unterschiedenen Taxa dominieren *Fagus* (28 %) und *Picea-Larix*-Typ (20 %) das Holzkohlespektrum. Mit absteigenden Anteilen zwischen 12 und 7 % folgen *Betula*, *Acer* (Ahorn), *Corylus* und *Carpinus* (Hainbuche), gefolgt von *Alnus*, *Quercus* und dem *Salix-Populus*-Typ. Alle anderen Gehölzarten weisen Werte von unter 1 % auf und sind quantitativ nicht von Bedeutung.

Bei den Anteilen der einzelnen Holzarten am Gesamtgewicht zeigt sich ein deutlicher Unterschied zur Verteilung innerhalb der Stückzahlen. Neben *Fagus*

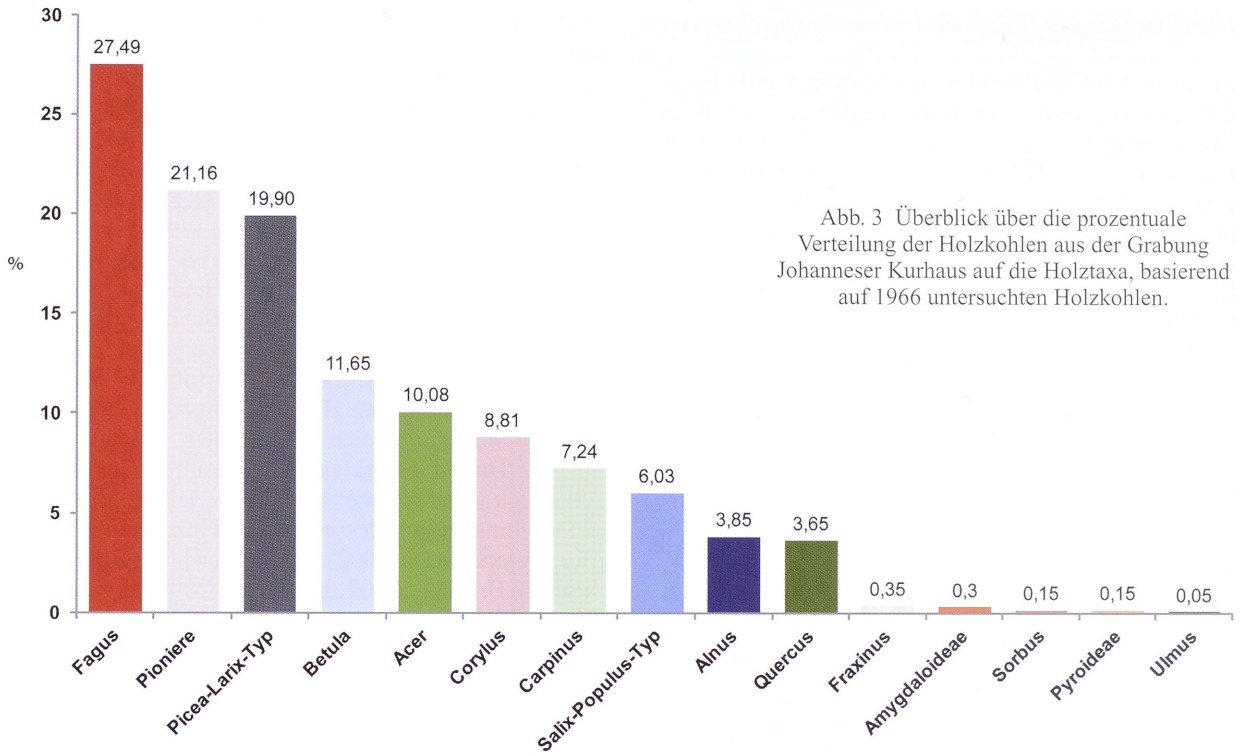


Abb. 3 Überblick über die prozentuale Verteilung der Holzkohlen aus der Grabung Johanneser Kurhaus auf die Holztaxa, basierend auf 1966 untersuchten Holzkohlen.

dominiert beim Gesamtgewicht *Betula* mit über 20 %, gefolgt von *Corylus*, *Carpinus* und *Acer* (Abb. 4 und 5), während der Anteil des *Picea-Larix*-Typs deutlich geringer ist und unter 5 % liegt. Beim mittleren

Stückgewicht (G/N) wird sichtbar, dass vornehmlich bei *Sorbus*, *Salix*, *Betula* und *Corylus* größere Holzkohlestücke identifiziert wurden, während es bei allen anderen Taxa kleine Holzkohlefragmente waren.

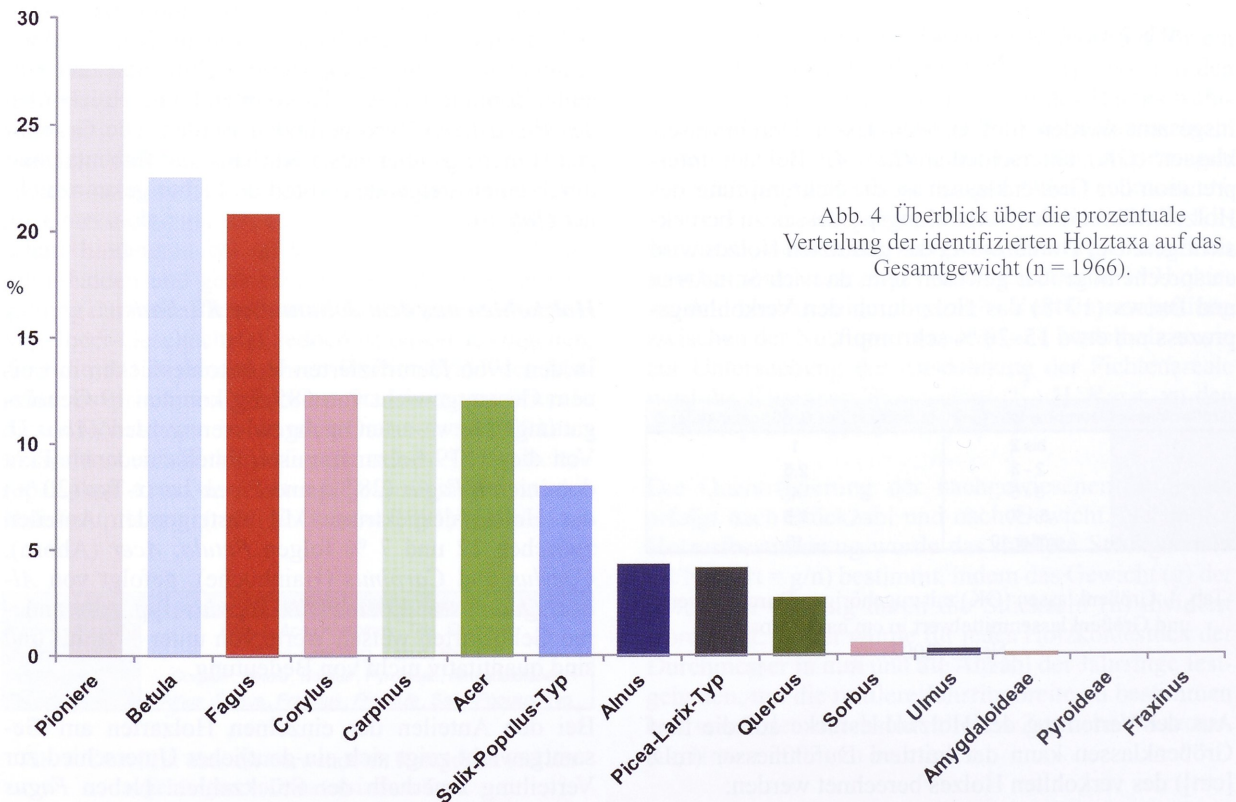


Abb. 4 Überblick über die prozentuale Verteilung der identifizierten Holztaxa auf das Gesamtgewicht (n = 1966).

mD	Holzsortiment nach rezenten Vergleichen	Mögliche Nutzung
1,5 - 6,2	Schwachholz, kaum über 10 cm Durchmesser	Brennholz, Astholzverfeinerung
7,3 8,6	Schwachholz bis 15 cm Mittelstarkes Holz um die 15-20 cm, sowohl Äste als auch stärkeres Holz	Niederwald, junge Bäume, starkes Astholz
10,7 11	Stämme mittlere Größe mit Astholz oder sehr starkes Astholz	Bestände mittleren Alters und/oder alte Bestände, deren Stammholz separat genutzt wurde
13 - 15	Starkholz oder Stammholz	Große Bäume, nur Stammholz

Tab. 5 Überblick über die mittleren Durchmesserwerte in cm, das Holzsortiment und die zugehörige mögliche Nutzung nach NELLE (2002).

Bodenproben

In den untersuchten Bodenproben konnten 1381 Holzkohlestücke mit einem Gewicht von 154,6 g holz-anatomisch bestimmt werden. Insgesamt gelang es in dem Material 16 Gattungen nachzuweisen. Ähnlich dem Gesamtmaterial wird das Fundspektrum von *Fagus* und dem *Picea-Larix*-Typ dominiert (Abb. 6). Mit abnehmenden prozentualen Anteilen folgen *Acer*, *Corylus*, *Salix-Populus*-Typ, *Alnus*, *Betula*, *Carpinus* und *Quercus*. Alle weiteren Gattungen erreichen nur Anteile unter 1 %.

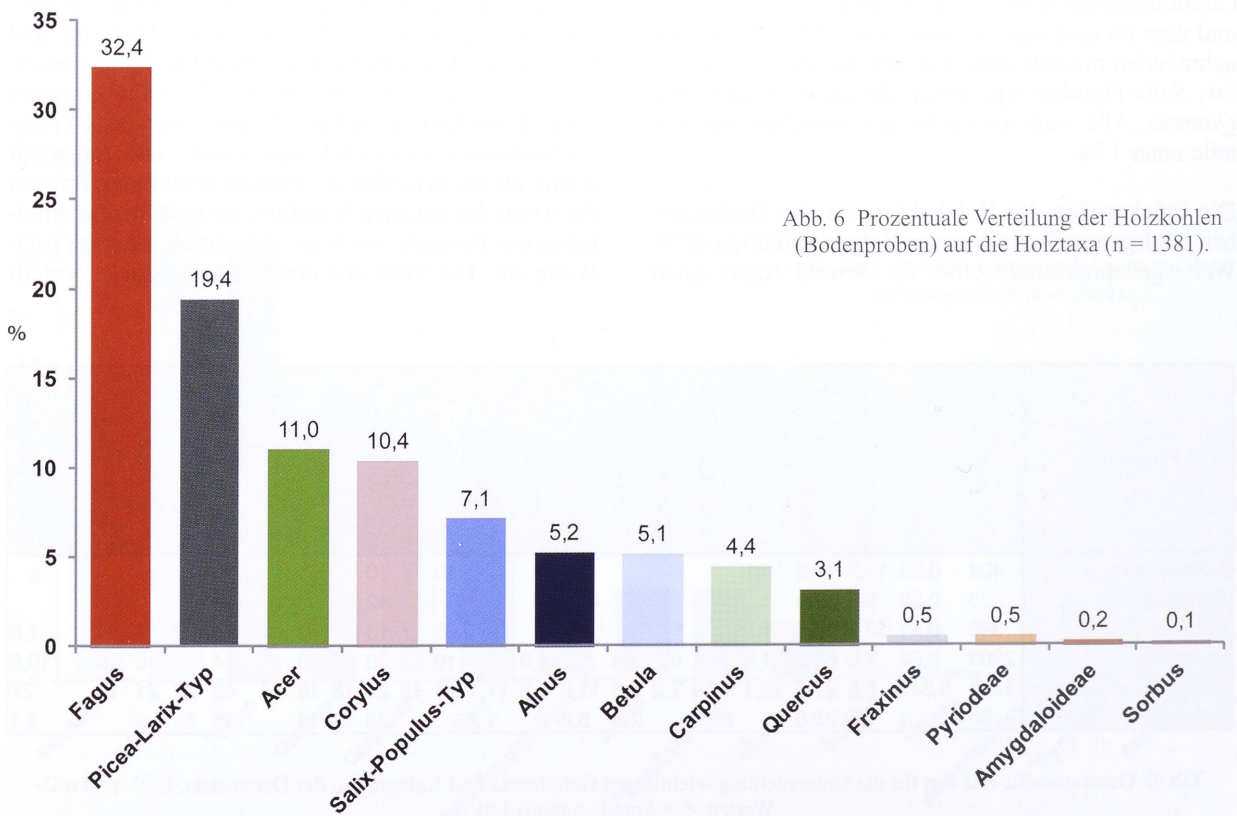
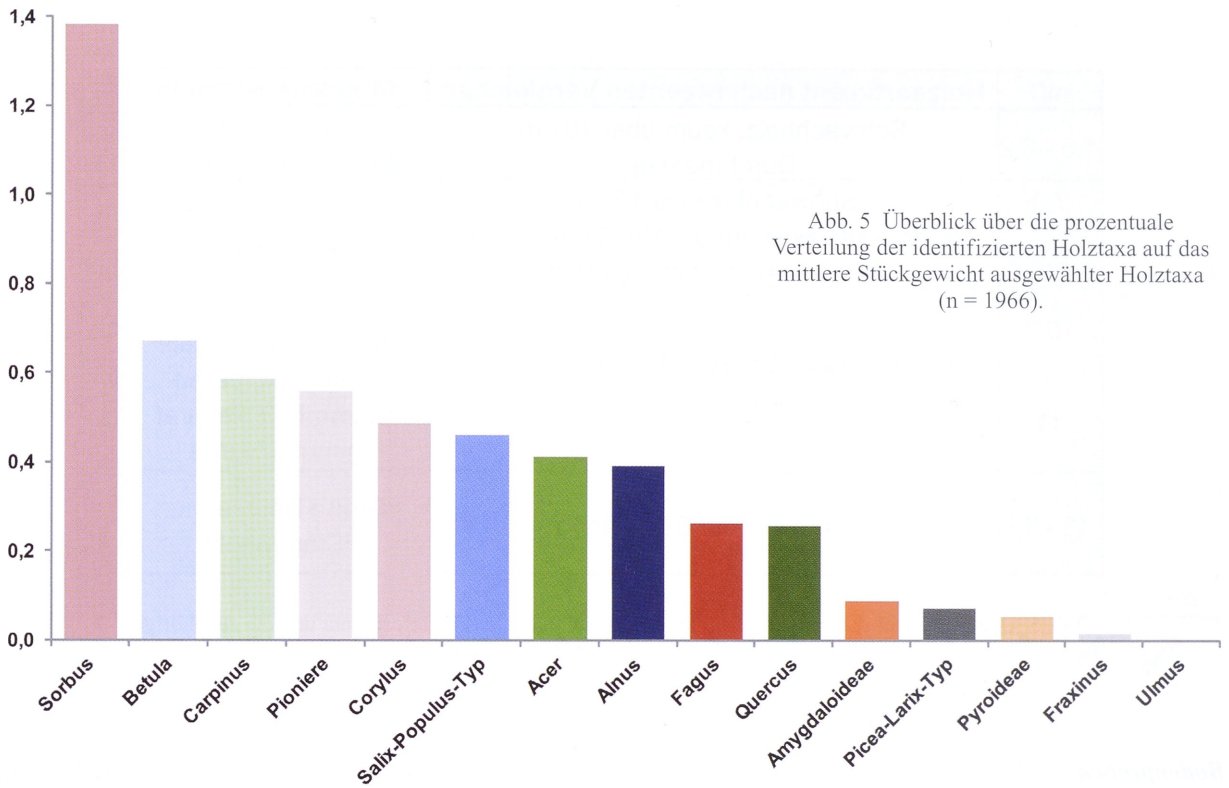
Die Stückgrößen der Holzkohlen aus den Bodenproben sind generell sehr klein und durch niedrige G/N-Werte gekennzeichnet (Abb. 7). Obwohl *Fagus* einen

geringen G/N-Wert von 0,1 besitzt, dominiert es mit 32 % bei der Gewichtsverteilung der Holzarten, gefolgt von *Corylus*, *Acer* und dem *Salix-Populus*-Typ, die Anteile von 16, 12 und 12 % am Gesamtgewicht erreichen (Abb. 8).

Die Arten des Klimaxwaldes sowie häufige Nebenbaumarten des Gebietes wie *Picea abies* (L.) H. Karst. und *Quercus* L. spec. erreichen mittlere Durchmesserwerte von 7,2 bis 9,4 % (Abb. 9). Das Verteilungsmuster der Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen zeigt ein Maximum bei den Klassen 4 und 5 und entspricht damit am ehesten einer J-förmigen Verteilung. Sowohl die Arten der feuchten Standorte als auch die Sammelkategorie Pioniere zeichnen sich durch niedrige mD-Werte aus. Die Mehrzahl der Holzkohlestücke verteilt

Fundplatz	n HK best.	G/N	mD	Fagus	Acer	Picea-Larix-Typ	Carpinus	Corylus	Betula	Alnus	Sonstige						indet	Klimaxgattungen	Gymnospermae	Lichtzeiger	Feuchtezeiger	Pioniergehölze	
												1	2	3	4	5							
Schnapsweg	404	0,25	10,7	99,9	0,1							10	7	10	12	61	0	100					
Schildautal	33	0,39	9,5	100											12	55	33	100					
Kötental	398	0,51	10,1	96,5	1,3 *	*	*	*	*	*		6	7	13	25	50	98	0	1	1			1,5
Hüneberg	2963	0,54	7,8	67,3	4,9	7,7	0,1	3,4	3,5	4,0	9,1	10	12	20	27	30	1	74	8	8	10		10,5
Johanneser Kurhaus	1966	0,347	5,6	27,5	10,1	19,9	7,2	8,8	11,6	3,8	11,1	23	19	21	18	18	1	49	20	21	10		27
Rabental	86	1	7,5	25,6		65,1		2,3	5,8		1,2				13	23	64	26	65	9			8,1

Tab. 6 Gesamttabelle mit den für die Untersuchung wichtigsten Gehölztaxa und Kategorien, der Datenbasis, G/N- und mD-Werten. * = Anteile unter 0,1 %.



sich hier auf die Durchmesserklassen 1–3 und spiegelt ein L-förmiges Verteilungsmuster wider.

Holzkohleproben

In den untersuchten Holzkohleproben wurden 585 Holzkohlestücke mit einem Gesamtgewicht von 531 g analysiert. Hierbei konnten insgesamt elf Gattungen nachgewiesen werden. Der größte Anteil entfällt auf die Gattung *Betula*, gefolgt vom *Picea-Larix*-Typ, *Fagus* und *Carpinus*, die zusammen 78 % einnehmen (Abb. 10). Darüber hinaus finden sich *Acer*, *Quercus* und *Corylus* mit insgesamt 18 %. Die übrigen Gattungen kommen zusammen auf 4 %. Ein ähnliches Bild zeigt sich beim Vergleich der Gewichtsanteile (Abb. 10), lediglich der Anteil des *Picea-Larix*-Typs fällt mit 4 % geringer aus. In den Proben dominieren Holzkohlestücke mit kleinen und mittleren Durchmessern. So verteilen sich diese mehrheitlich auf die Durchmesserklassen 1–3. Besonders deutlich wird dies bei den Pioniergehölzen und *Carpinus*. Eine höhere prozentuale Verteilung der Holzkohlestücke auf die größeren Größenklassen (> 4 cm) findet sich ansatzweise bei *Fagus*, dem *Picea-Larix*-Typ, *Quercus* und *Acer* (Abb. 11). Alle anderen Taxa sind durch ein mehr oder weniger deutliches L-förmiges Verteilungsmuster charakterisiert.

Holzkohlenanalyse aus einzelnen Befunden

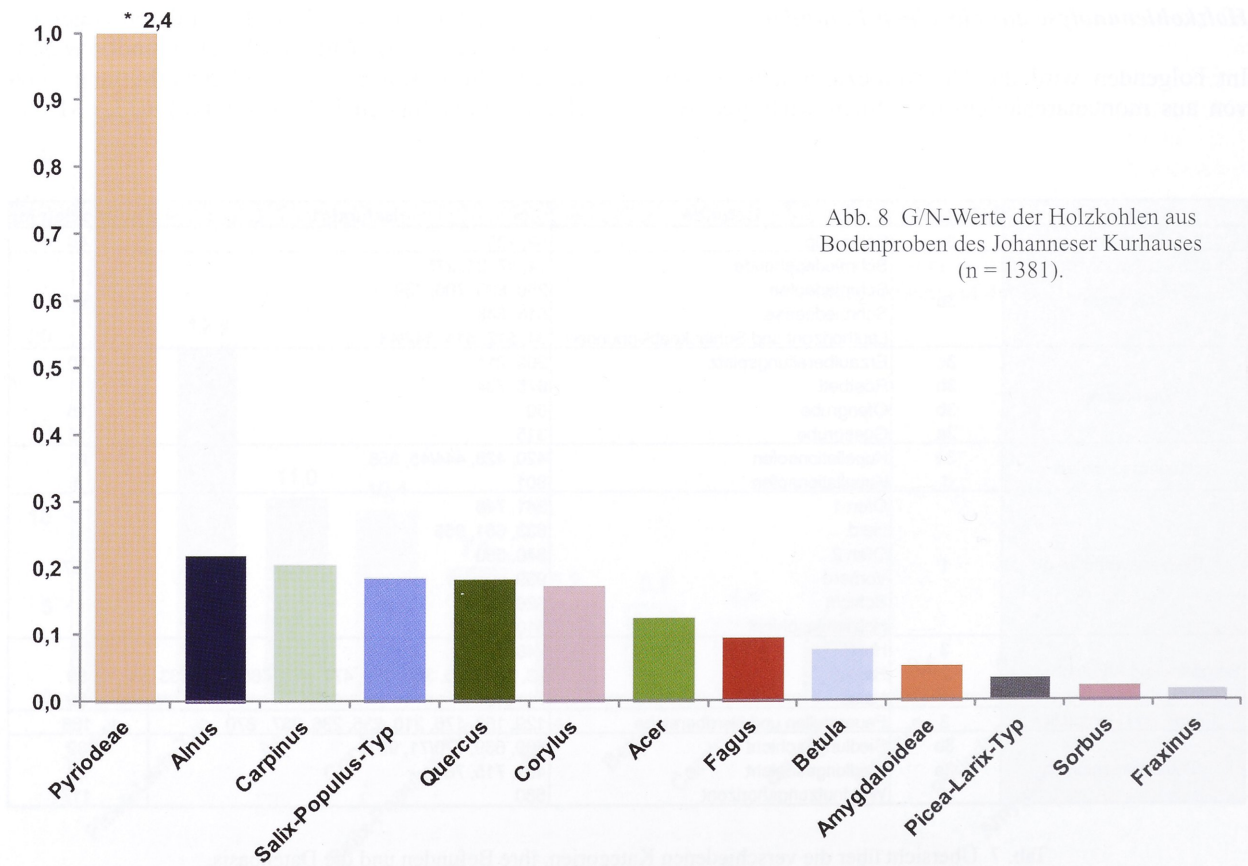
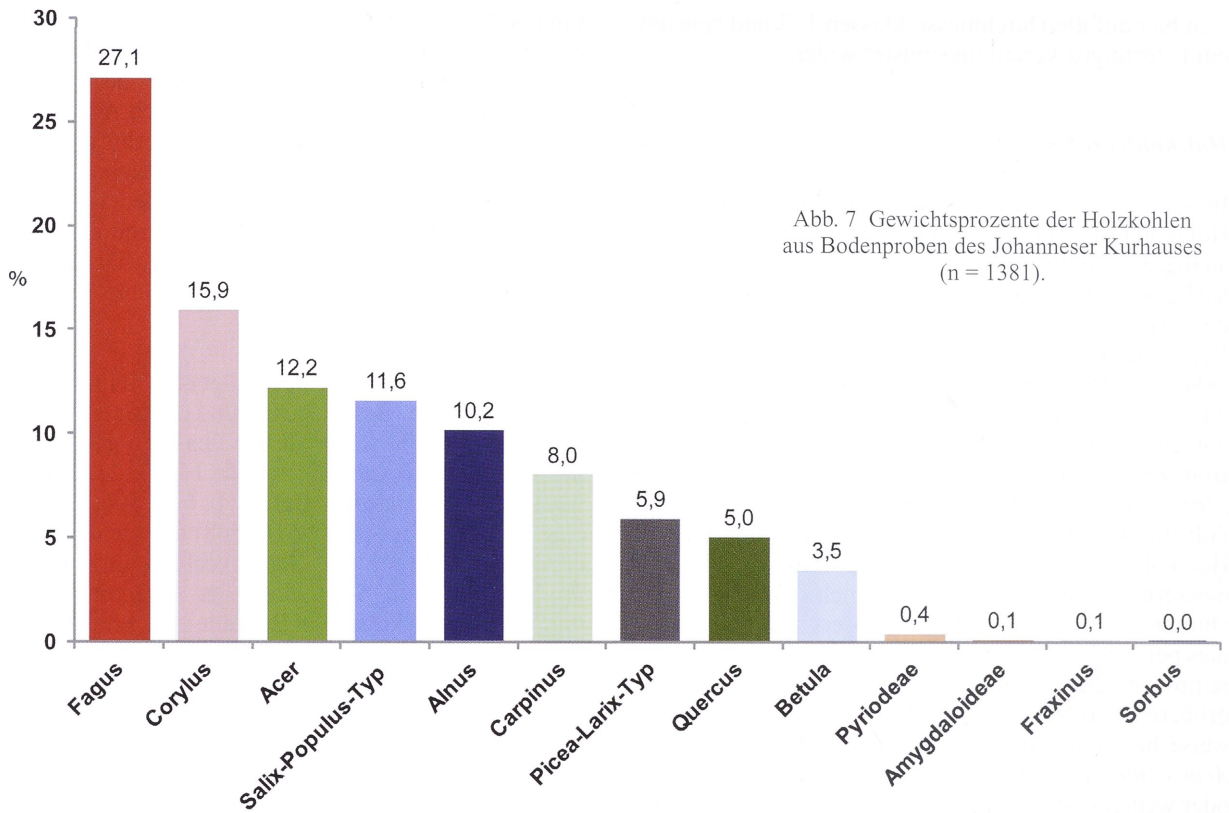
Im Folgenden wird die Holzkohlezusammensetzung von aus montanarchäologischer Sicht wichtigen Be-

funden dargestellt. Die verschiedenen Fundnummern der einzelnen Befunde wurden zusammengefasst und die Ergebnisse der Holzkohleanalyse aufsummiert (Tab. 7). Eine Unterteilung erfolgte nach Art des Befundes hinsichtlich Bergbau- und Verhüttungsaktivität. So werden die Ergebnisse der Holzkohleanalyse zwischen den Kategorien Schmiede, Verhüttung (Gussgrube, Röstbett, Ofen, Erzaufbereitungsplatz), Kupellationsofen, Bleiglanzverhüttung, Bergbauhalden, Feuer- und Herdstellen sowie Siedlungsschichten unterteilt.

Die Kategorie Schmiede beinhaltet eine Schmiedeesse aus der Phase 3c (Bef.: 99, 205) und eine Schmiede aus der Phase 3b. Zur Schmiede der Phase 3b gehören neben dem Schmiedegebäude (Bef.: 14, 17, 21, 275) sowohl ein Schmeldeofen (Bef.: 250, 690, 706, 739) und eine Schmiedeesse (Bef.: 516, 548) als auch verschiedene Laufhorizonte und Schlackeabkippungen (Bef.: 34, 512, 514, 542, 543). Unter der Kategorie Verhüttung werden die folgenden Befunde zusammengefasst: Erzaufbereitungsplatz (Bef.: 209, 215), Röstbett (Bef.: 675, 734), Ofen (Bef. 50), Gussgrube (Bef. 315). Bei den Kupellationsofen wurde je ein Ofen der Phase 1 und der Phase 3a untersucht. Während der Kupellationsofen der Phase 1 aus dem Befund 801 besteht, setzt sich der Kupellationsofen der Phase 3a aus den Befunden 420, 428, 444, 445 und 558 zusammen. Aus montanarchäologischer Sicht war eine Untersuchung der Holzkohlezusammensetzung von Herdöfen zur Bleiglanzverhüttung der Phase 1 und deren zugehörigen Schichten von Bedeutung (ALPER, mündliche Mitteilung). Diese Kategorie Bleiglanzverhüttung setzt sich aus den Befunden 341, 746 (Ofen), 633, 651 655

Kategorie	Phase	Befunde	Befund-Nr.	Holzkohlen [n]
Schmiede	3c	Schmiede	99, 205	46
Schmiede	3b	Schmiedegebäude	14, 17, 21, 275	397
		Schmeldeofen	250, 690, 706, 739	
		Schmiedeesse	516, 548	
		Laufhorizont und Schlackeabkippungen	34, 512, 514, 542/43	
Verhüttung	3c	Erzaufbereitungsplatz	209, 215	10
	3b	Röstbett	675, 734	11
	3b	Ofengrube	50	15
	3a	Gussgrube	315	15
Kupellationsofen	3a	Kupellationsofen	420, 428, 444/45, 558	91
	1	Kupellationsofen	801	4
Bleiglanzverhüttung	1	Ofen 1	341, 746	167
		Herd	633, 651, 655	
		Ofen 2	840, 880	
		Vorherd	939	
		Schicht Holzkohleschicht	626, 630 310	
Bergbau- und Abraumhalden	3	Halde	248, 264	3
	2	Halde	23, 273, 318, 360, 459, 477, 485, 565, 712, 833	89
	1	Halde	71, 116	30
Feuer- und Herdstellen	3	Feuerstellen und Herdbereiche	129, 153, 176, 210, 235, 236, 237, 870	166
Siedlungsschichten	3b	Siedlungsschicht	509, 669, 670/71, 931	39
	3a	Siedlungsschicht	401, 715, 760	33
	1	Waldnutzungshorizont	580	117

Tab. 7 Übersicht über die verschiedenen Kategorien, ihre Befunden und die Datenbasis.



(Herd), 840, 880 (Ofen), 939 (Vorherd), 310, 626 und 630 zusammen. Die Bergbau- und Abraumhalden der Phase 1–3 setzen sich aus den Befunden 71, 116 (Phase 1), 23, 273, 318, 360, 459, 477, 485, 565, 712, 833 (Phase 2), 248 und 264 (Phase 3) zusammen. Diesen Befunden mit bergbaulichem Kontext stehen die Kategorien Feuer- oder Herdstellen (Phase 3; Bef.: 129, 153, 176, 210, 235, 236, 237 und 870) und Siedlungsschichten (Phase 3; Bef.: 509, 669, 670, 671 und 931) bzw. des Waldnutzungshorizontes der Phase 1 (Bef. 580) gegenüber.

Schmiede

In den mit der Schmiede in Zusammenhang stehenden Proben wurden insgesamt 397 Holzkohlestücke bestimmt. Neun Holzarten konnten unterschieden werden, von denen *Fagus* und *Picea-Larix* mit zusammen 68 % den größten Anteil stellen. Der mittlere Durchmesser der Probe ist gering (5,7), und lediglich *Acer* erreicht einen höheren mD-Wert (11,4). Sowohl die mittlere Anzahl der Jahrringe als auch die durchschnittliche Breite der Jahrringe variieren beträchtlich zwischen den Taxa (Tab. 8). Auffällig ist, dass der Anteil an Pioniergehölzen gering ist und unter 20 % liegt. Das Verhältnis Hartholz zu Weichholz liegt bei etwa 75 zu 25 %.

In den Proben der Schmiede aus Phase 3c konnten 46 Holzkohlen holzanatomisch identifiziert werden (Tab. 8). Das Spektrum ist geprägt durch die Dominanz von *Corylus* und *Betula*. Codominant sind mit 15 % *Carpinus betulus* und *Fagus sylvatica*. Der mittlere Durchmesser ist mit 3,4 sehr klein, die mittlere Stückgröße gering (niedriger G/N-Wert) und die Proben durch einen hohen Anteil an Pioniergehölzen geprägt. Das Verhältnis Hartholz zu Weichholz beträgt 87 zu 13 %.

Verhüttung

Aus den mit Verhüttungstätigkeiten in Verbindung stehenden Proben konnten 51 Holzkohlen identifiziert werden (Tab. 9). Der mittlere Durchmesser ist durchgehend niedrig und die Proben sind durch einen hohen prozentualen Anteil an Pioniergehölzen mit schmalen mittleren Durchmesser der Jahrringe gekennzeichnet. In den Befunden Gussgrube und Röstbett überwiegen Harthölzer (79 und 91 %), während in den Befunden Ofengrube und Erzaufbereitung Weichhölzer dominieren.

Befund	Taxon	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]						Größenklasse [%]						mD	g/n	MJH	MDM	
						1	2	3	4	5	i	1	2	3	4	5	i					
Schmiede 3b	Acer	17	2,05	4,3	1,7	2	1	3	11			0,5		0,3	0,8	2,8			11,4	0,1	6,9	1,0
	Alnus	8	0,08	2,0	0,1	6				1	1	1,5				0,3		0,3	1,9	0,0	7,7	1,5
	Betula	32	19,09	8,1	16,0	3	13	11	4	1		0,8	3,3	2,8	1,0	0,3			3,9	0,6	6,1	1,7
	Carpinus betulus	28	9,91	7,1	8,3	17	10	1				4,3	2,5	0,3					1,6	0,4	8,8	0,9
	Corylus	8	11,55	2,0	9,7	6	1	1				1,5	0,3	0,3					1,6	1,4	15,5	1,8
	Fagus sylvatica	129	43,70	32,5	36,7	10	15	49	30	25		2,5	3,8	12,3	7,6	6,3			6,5	0,3	12,5	1,7
	Picea-Larix-Typ	141	12,81	35,5	10,8	20	26	35	31	27	2	5,0	6,5	8,8	7,8	6,8	0,5		6,2	0,1	6,7	3,5
	Quercus	15	3,73	3,8	3,1	5	4	1	1	4		1,3	1,0	0,3	0,3	1,0			5,8	0,2	4,4	1,9
	Salix-Populus-Typ	19	16,16	4,8	13,6	9	4	3		3		2,3		1,0	0,8		0,8		3,0	0,9	4,2	1,5
	Summe		397	119,08	100	100	78	69	103	73	68	6	19,6	17,4	25,9	18,4	17,1	1,5	5,7	0,3	8,0	1,7
Schmiede 3b	Pioniergehölze	59	46,80	14,9	39,3	18	14	16	7	1	3	4,5	3,5	4,0	1,8	0,3	0,8		0,8	3,3		
	Hartholz	229	90,03	57,7	75,6	43	43	64	38	41		10,8	10,8	16,1	9,6	10,3	0,0		0,4	5,7		
	Weichholz	168	29,05	42,3	24,4	35	26	39	35	27	6	8,8	6,5	9,8	8,8	6,8	1,5		0,2	5,7		
Schmiede 3c	Acer	5	0,13	10,9	8,0	1	1	2	1			2,2	2,2	4,3	2,2			3,8	0,03	5,0	0,8	
	Betula	9	0,19	19,6	11,7	3	2	2	2			6,5	4,3	4,3	4,3			3,4	0,02	4,0	2,0	
	Carpinus betulus	7	0,27	15,2	16,6	1	5	1				2,2	10,9	2,2				2,5	0,04	4,4	0,8	
	Corylus	9	0,28	19,6	17,5	1	3	5				2,2	6,5	10,9				3,2	0,03	7,3	1,7	
	Fagus sylvatica	7	0,32	15,2	19,7	4		3				8,7		6,5				2,3	0,05	5,8	0,7	
	Picea-Larix-Typ	2	0,02	4,3	1,3			1	1						2,2	2,2		5,8	0,01	1,5	1,1	
	Pomoideae	1	0,04	2,2	2,4	1						2,2						1,0	0,04	3,0	1,0	
	Prunus	1	0,14	2,2	8,7		1								2,2			2,5	0,14	9,0	0,6	
	Quercus	1	0,10	2,2	6,1				1							2,2		7,5	0,10	4,0	1,2	
	Salix-Populus-Typ	4	0,13	8,7	8,0		2		2				4,3		4,3			5,0	0,03	5,3	1,2	
	Summe		46	1,63	100	100	11	14	14	7		23,9	30,4	30,4	15,2			3,4	0,04	4,9	1,1	
	Schmiede 3c	Pioniergehölze	22	0,60	47,8	37,1	4	7	7	4			8,7	15,2	15,2	8,7			3,6	0,0		
		Hartholz	40	1,48	87,0	90,7	11	12	13	4			23,9	26,1	28,3	8,7			3,1	0,0		
Weichholz		6	0,15	13,0	9,3		2	1	3				4,3	2,2	6,5			5,3	0,0			

Tab. 8 Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Schmiede 3b.
MJH = Mittlere Anzahl Jahrringe; MDM = Mittlerer Durchmesser der Jahrringe in mm.

Kupellationsofen

Beim Kupellationsofen der Phase 1 konnten nur vier Holzkohlestücke holzanatomisch bestimmt werden. Diese vier Stücke weisen einen geringen mD-Wert auf.

Im Bereich des Kupellationsofens der Phase 3a wurden 91 Holzkohlestücke identifiziert. Mit einem Anteil von 39 % ist *Picea-Larix* das dominante Taxon, gefolgt von *Carpinus betulus*, *Salix-Populus* und *Fagus sylvatica*. Der mittlere Durchmesser der Proben liegt bei 7,9, wobei besonders die Schatten- und Halbschattenbäume sowie *Quercus* deutlich höhere mD-Werte besitzen (Tab. 10). Der Anteil der Pioniergehölze ist mit 19 % gering. Das Verhältnis Hartholz zu Weichholz liegt bei 72 zu 28 %.

Bleiglanzverhüttung

Aus den Befunden, die im Zusammenhang mit der Bleiglanzverhüttung der Phase 1 stehen, konnten 167 Holzkohlestücke holzanatomisch bestimmt werden. Insgesamt wurden sieben Holztaxa unterschieden (Tab. 11). Mit 57 % stellt *Fagus* den höchsten Anteil, gefolgt von *Picea-Larix* (25 %) und *Acer* (15 %). Auf die übrigen vier Taxa entfallen zusammen 3 %. Die Dominanz von *Fagus* spiegelt sich ebenfalls deutlich bei den Gewichtsprozenten wider. Der mittlere Durchmesser der Probe liegt bei 9,3, wobei besonders *Fagus* und *Acer* durch hohe mD-Werte charakterisiert sind. Der Anteil der Pioniergehölze liegt unter 0,5 % und das Verhältnis Hartholz zu Weichholz bei 74 zu 26 %.

Befund	Taxon	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]					Größenklasse [%]					mD	g/n	MJH	MDM	
						1	2	3	4	5	i	1	2	3	4					5
Gussgrube 3a	Acer	3	0,1	20,0	15,1	1	1			1		6,7	6,7		6,7		3,7		4,0	1,0
	Betula	1	0,2	6,7	20,2					1					6,7		7,5	0,18	6,0	1,5
	Corylus	4	0,1	26,7	15,9	2	1	1				13,3	6,7	6,7	0,0		2,1		5,4	0,5
	Fagus sylvatica	2	0,1	13,3	5,9					1	1				6,7	6,7	11,3		8,0	0,5
	indet	1		6,7						1					6,7		7,5		7,0	0,3
	Picea-Larix-Typ	2	0,0	13,3	2,2		1	1					6,7	6,7			3,3		1,0	1,4
	Salix	1	0,4	6,7	39,0					1					6,7		7,5	0,36	4,0	2,0
	Sorbus	1	0,0	6,7	1,7	1						6,7					1,0	0,02	9,0	0,4
	Summe	15	0,9	100	100	4	3	2	5	1		26,7	20,0	13,3	33,3	6,7	4,8	0,06	6,0	1,0
	Pioniergehölze	7	0,7	46,7	76,8	3	1	1	2			20,0	6,7	6,7	13,3		3,5		0,1	
Hartholz	11	0,5	78,6	58,8	4	2	1	3	1		26,7	13,3	6,7	20,0	6,7	4,6		0,0		
Weichholz	3	0,4	21,4	41,2	0	1	1	1				6,7	6,7	6,7		4,7		0,1		
Röstbett 3b	Acer	5	1,4	45,5	37,0	2	3				18,2	27,3				1,9	0,3	9,0	1,2	
	Carpinus	5	1,8	45,5	47,2	2	1	2			18,2	9,1	18,2			2,5	0,2	9,0	1,1	
	Salix	1	0,6	9,1	15,7			1				9,1				2,5	0,6	10,0	0,9	
	Summe	11	3,7	100	100	4	5	2			36,4	45,5	18,2			2,2	0,3	9,0	1,1	
	Pioniergehölze	6	2,0	54,5	52,8	2	4				18,2	36,4				2,0	0,3			
Hartholz	10	3,1	90,9	84,3	4	4	2			36,4	36,4	18,2			2,2	0,3				
Weichholz	1	0,6	9,1	15,7			1				9,1				2,5	0,6				
Ofengrube 3b	Alnus	3	0,11	20,0	17,1	1			2		6,7			13,3		5,3	0,04	3,0	1,0	
	Carpinus	1	0,05	6,7	7,3	1					6,7					1,0	0,05	11,0	0,4	
	Corylus	4	0,15	26,7	23,0		2		2				13,3	13,3		5,0	0,04	7,0	0,4	
	Salix-Populus-Typ	7	0,34	46,7	52,6	3	1	2	1		20,0	6,7	13,3	6,7		3,0	0,05	3,3	0,7	
	Summe	15	0,65	100	100	5	3	2	5		33,3	20,0	13,3	33,3		3,9	0,04	6,0	0,6	
	Pioniergehölze	11	0,5	73,3	75,6	3	3	2	3		20,0	20,0	13,3	20,0		3,7	0,04			
Hartholz	5	0,2	33,3	30,3	1	2		2		6,7	13,3		13,3		4,2	0,04				
Weichholz	10	0,5	66,7	69,7	4	1	2	3		26,7	6,7	13,3	20,0		3,7	0,05				
Erzaufbereitung 3c	Alnus	7	0,19	70,0	84,7	2	3		1	1	20,0	30,0		10,0	10,0	4,6	0,03	4,1	0,9	
	Betula	2	0,04	20,0	15,3		1					10,0				5,0	0,02	2,0	1,3	
	indet	1	0,00	10,0					1							7,5	0,00	2,0	0,6	
	Summe	10	0,23	100	100	2	4		3	1	20,0	40,0		30,0	10,0	5,0	0,02	3,0	0,9	
	Pioniergehölze	2	0,04	20,0	15,3		1			1			10,0		10,0	5,0	0,02			
	Hartholz	2	0,04	20,0	15,3		1			1			10,0		10,0	5,0	0,02			
Weichholz	7	0,19	70,0	84,7	2	3		1	1	20,0	30,0		10,0	10,0	4,6	0,03				

Tab. 9 Verhüttung. MJH = Mittlere Anzahl Jahrringe; MDM = Mittlerer Durchmesser der Jahrringe in mm.

Bergbau- und Abraumhalden

Aus Proben von Bergbau- und Abraumhalden konnten 122 Holzkohlestücke identifiziert werden. Hierbei entfallen 30 auf die Phase 1, 89 auf die Phase 2 und drei auf die Phase 3. In Phase 1 dominiert *Picea-Larix* mit 40 %, der Anteil der Pioniergehölze ist bei 40 % und die mD-Werte sind gering (Tab. 12). Das Verhältnis Hartholz zu Weichholz liegt bei 43 zu 57 %.

In Phase 2 ist *Fagus* dominant (43 %) und *Picea-Larix* mit 34 % codominant. Der mittlere Durchmesser der Holzkohlen liegt bei 7,8, der Anteil der Pioniergehöl-

ze bei 11 % und das Verhältnis Hartholz zu Weichholz bei 64 zu 36 %. In den Proben der Abraumhalden der Phase 3 konnten nur drei Holzkohlestücke gefunden und bestimmt werden. Hierbei handelt es sich um zwei Stücke des *Picea-Larix*-Typs und ein *Corylus*-Holzkohlestück.

Feuer-, Herdstellen und Siedlungsschichten

In den Feuer- und Herdstellen der Phase 3 konnten 166 Holzkohlestücke holzanatomisch angesprochen und 10 Holztaxa unterschieden werden. Hierbei treten vor

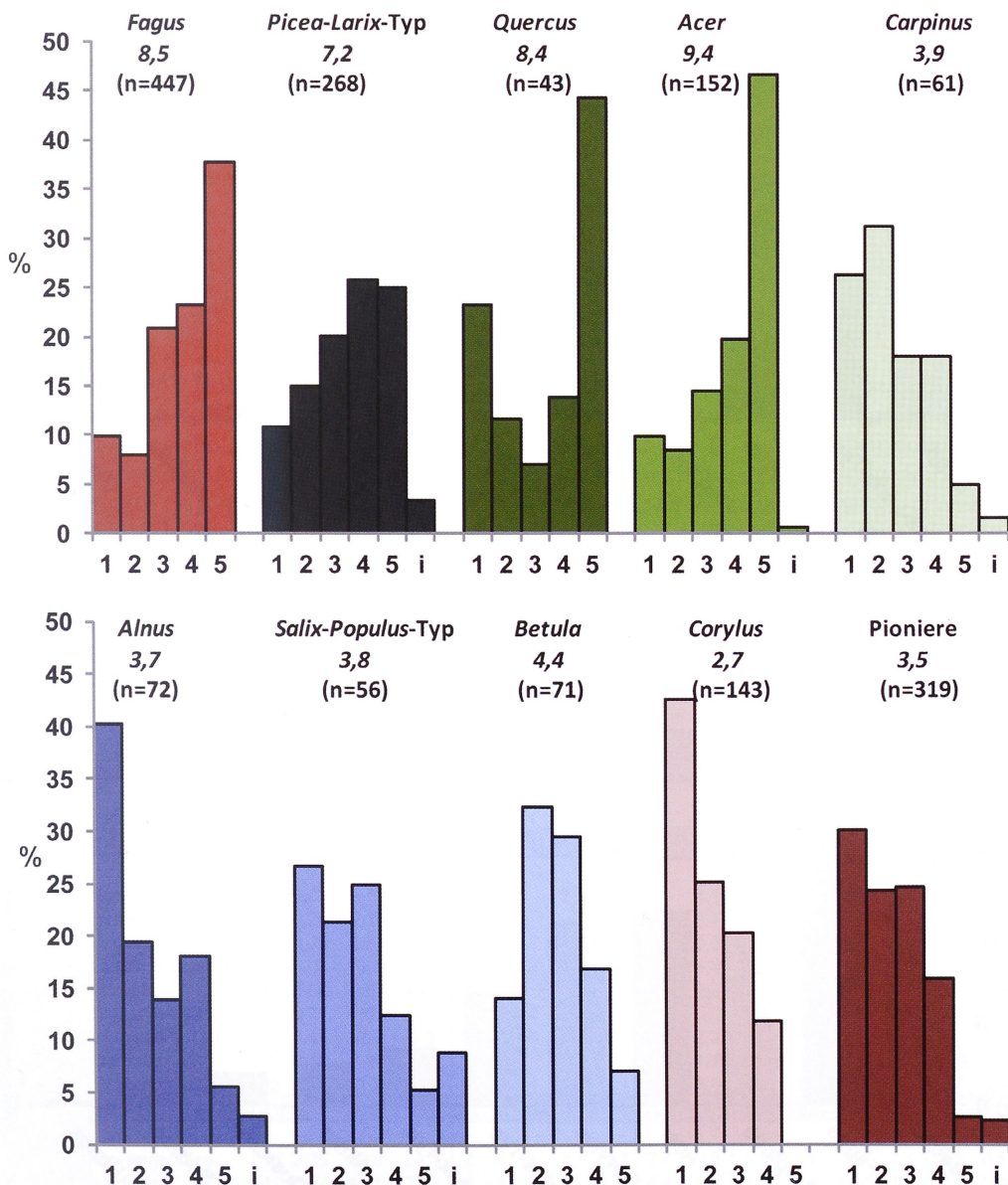
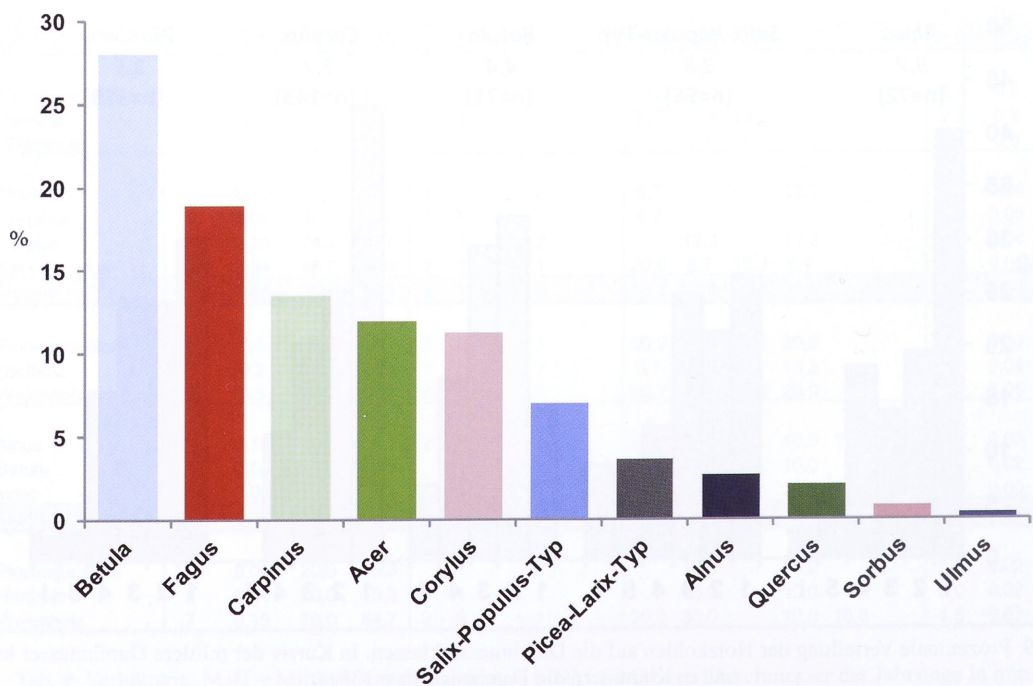
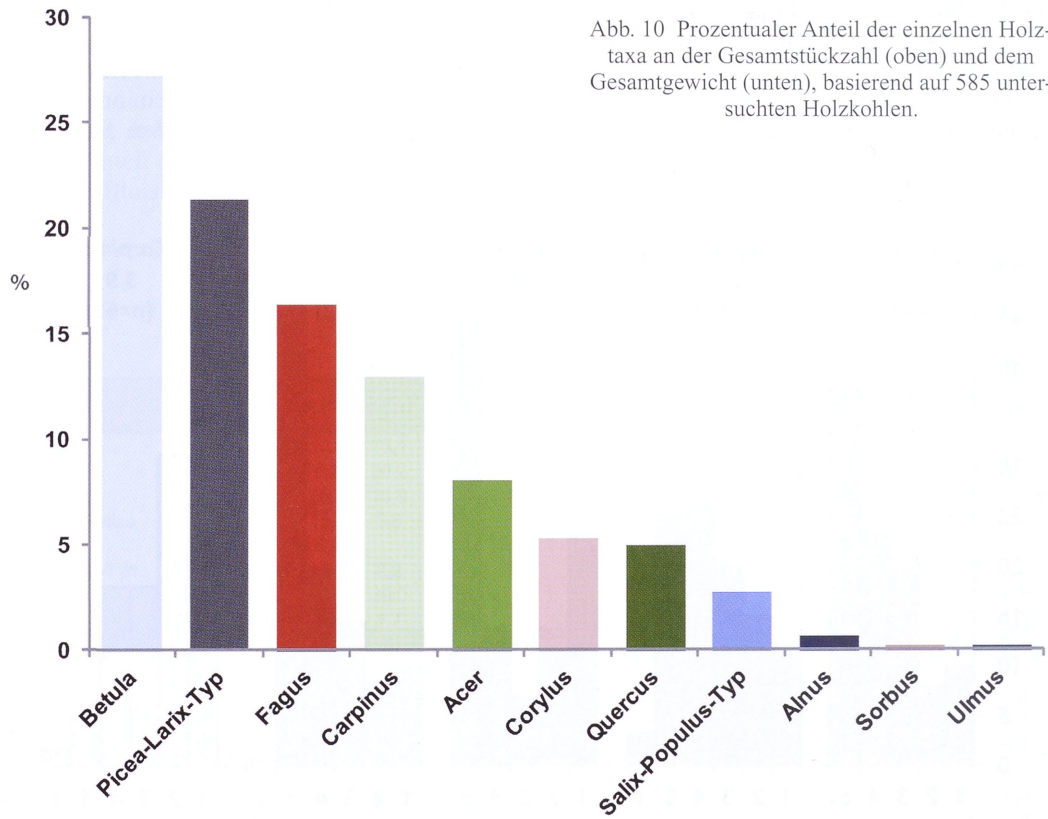


Abb. 9 Prozentuale Verteilung der Holzkohlen auf die Durchmesserklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis (n = 1381).

allem *Betula*, *Quercus*, *Fagus* und *Alnus* mit Anteilen von über 10 % auf. Der mittlere Durchmesser der Holzkohlestücke liegt bei 4,4. Höhere Durchmesserklassen konnten nur bei *Fraxinus* festgestellt werden (Tab. 13). Der Anteil an Pioniergehölzen liegt bei 40 % und die Gesamtprobe besteht überwiegend aus Hart-

holz (77 %). Im Befund 580 (Waldnutzungshorizont) wurden 117 Holzkohlestücke mit einem Gewicht von 9,4 g identifiziert. Drei Taxa konnten unterschieden werden: *Fagus*, *Acer* und *Picea-Larix*, wobei *Fagus* mit 68 % die höchsten Anteile aufweist. Der mittlere Durchmesser von *Acer* und *Fagus* liegt im mittleren



bis oberen Bereich, während *Picea-Larix* einen niedrigen mD-Wert aufweist. Die Probe besteht zu 87 % aus Hartholz.

Der Holzkohlebefund aus den Siedlungsschichten der Phase 3a (n=33) setzt sich überwiegend aus *Picea-Larix*, *Fagus sylvatica* und *Corylus spec.* zusammen (Tab. 14). Die mD-Werte schwanken zwischen 1 und 15 und auch die mittlere Anzahl der Jahrringe zeigt eine hohe Variabilität (1,5 – 26). Der Anteil der Pioniergehölze liegt bei 27 % und das Verhältnis Hartholz zu Weichholz ist fast ausgewogen (Tab. 14).

In den Siedlungsschichten der Phase 3b wurden 39 Holzkohlestücke gefunden und holzanatomisch bestimmt. Die dominanten Taxa sind mit absteigenden Anteilen: *Acer*, *Fagus*, *Betula* und *Corylus*. Insgesamt finden sich geringe mittlere Durchmesser bei den untersuchten Holzkohlen und die Anzahl der mittleren Jahrringe pro Taxon liegt zwischen 6 und 24. Die Gesamtprobe ist gekennzeichnet durch die Dominanz von Hartholz und einem prozentualen Anteil an Pioniergehölzen von 36 %.

Huneberg

Aus dem reichhaltigen Fundmaterial der Grabung Huneberg konnten 2963 Holzkohlestücke mit einem Gesamtgewicht von 1,6 kg untersucht werden. In dem Material wurden 20 Gehölzarten bzw. -Gattungen nachgewiesen. Der größte Anteil hierbei entfällt auf die Gattung *Fagus* (67 %), gefolgt vom *Picea-Larix*-Typ mit 8 % (Abb. 12). Alle übrigen Arten kommen auf Werte unter 5 % oder ließen sich nur in wenigen Stücken nachweisen (Tab. 15). Der hohe prozentuale Anteil von *Fagus* spiegelt sich auch in dessen hoher Stetigkeit wider. In 91 % aller Proben des Huneberges

konnte die Gattung nachgewiesen werden. Obwohl nur mit geringen prozentualen Anteilen, finden sich *Acer* und Holzkohlen des *Picea-Larix*-Typs noch in 30 bzw. 32 % der untersuchten Proben (Tab. 15). Auch *Alnus* und *Betula*, obgleich beide nur mit 4 % im Holzkohlespektrum vertreten, wurden in 21 und 20 % der Proben nachgewiesen (Abb. 17).

Der mittlere Durchmesser der Holzkohlen des Schmelzplatzes Huneberg liegt bei 7,8 und das mittlere Stückgewicht bei 0,54. Die Verteilung der *Fagus*- und *Ulmus*-Holzkohlestücke auf die unterschiedlichen Größenklassen zeigt eine deutliche Fokussierung auf die Klassen 4 und 5 mit mD-Werten von 8,7 und 11,4 (Abb. 13). Sowohl beim *Picea-Larix*-Typ als auch bei *Acer*, *Betula* und *Alnus* liegt hingegen eine ausgewogene Verteilung der Holzkohlestücke auf die fünf Größenklassen vor. Der mittlere Durchmesser liegt hier zwischen 5,8 und 6,8 (Abb. 14). Einen Schwerpunkt auf die kleineren mittleren Durchmesserklassen zeigen indessen *Corylus*, *Sorbus* und der *Salix-Populus*-Typ. Im Fundspektrum dominieren deutlich die Arten des Klimaxwaldes mit 74 %. Der Anteil der Lichtzeiger und der Gymnospermen liegt bei 8 %, während die Gehölze feuchter Standorte (Feuchtezeiger) auf 10 % kommen und allgemein durch höhere G/N-Werte gekennzeichnet sind (Abb. 15 und 16).

Bei näherer Betrachtung entsteht ein weitaus differenzierteres Bild der Baumarten- und Größenklassenverteilung. In vielen Fällen dominieren die Arten des Klimaxwaldes (*Fagus sylvatica*, *Acer spec.* etc.) und zahlreiche Nebenbaumarten (*Picea abies*, *Quercus spec.*, *Carpinus betulus*, etc.) mit hohem mittleren Durchmesser. Demgegenüber lassen sich Proben mit erhöhtem Anteil an Pioniergehölzen und Gehölzen feuchter Standorte unterscheiden, die niedrige mittlere Durchmesser aufweisen (Tab. 19 und 20).

Befund	Taxon	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]					Größenklasse [%]					mD	g/n	MJH	MDM				
						1	2	3	4	5	i	1	2	3	4					5	i		
Kupellationsofen 1	<i>Fagus sylvatica</i>	2	0,03	50,0	63,7			1	1					25,0	25,0			5,8	0,02	7,0	0,4		
	<i>Picea-Larix</i> -Typ	2	0,02	50,0	36,3			1			1			25,0		25,0		4,0	0,01	1,0	1,3		
	Summe	4	0,05	100	100			2	1		1			50,0	25,0	25,0		5,2	0,01	4,0	0,9		
Kupellationsofen 3a	<i>Acer</i>	6	0,23	6,6	4,5		1		2	3				1,1		2,2	3,3	11,3	0,00	7,0	0,8		
	<i>Alnus</i>	2	0,20	2,2	4,0	1	1							1,1	1,1			1,8	0,10	5,5	1,0		
	Angiospermae	1	0,00	1,1	0,0					1				0,0	0,0		1,1	15,0	0,00	3,0	0,3		
	<i>Carpinus betulus</i>	15	0,08	16,5	1,6		4	3	4	3	1			4,4	3,3	4,4	3,3	1,1	6,9	0,01	4,0	0,7	
	<i>Corylus</i>	6	2,52	6,6	49,7	4	2							4,4	2,2			2,0	0,00	8,0	0,8		
	<i>Fagus sylvatica</i>	10	0,71	11,0	14,0			4	1	5				0,0	4,4	1,1	5,5	15,0	0,02	7,0	1,3		
	<i>Picea-Larix</i> -Typ	35	0,47	38,5	9,3	3	2	5	7	16	2			3,3	2,2	5,5	7,7	17,6	2,2	9,7	0,01	10,0	2,5
	<i>Quercus</i>	4	0,13	4,4	2,5			1		3					1,1		3,3	11,9	0,03	2,5	1,6		
	<i>Salix-Populus</i> -Typ	12	0,73	13,2	14,4	3	6	1	1		1			3,3	6,6	1,1	1,1	0,0	1,1	2,7	0,06	3,0	1,4
	Summe	91	5,07	100	100	11	17	13	15	31	4	12,1	18,7	14,3	16,5	34,1	4,4		7,9	0,06	6,0	1,2	
	Pioniergehölze	18	3,25	19,8	64,1	7	8	1	1	1		7,7	8,8	1,1	1,1			1,1	2,3	0,18			
	Hartholz	41	3,67	45,1	72,3	4	8	7	7	14	1	4,4	8,8	7,7	7,7	15,4	1,1		7,9	0,09			
Weichholz	49	1,40	53,8	27,6	7	9	6	8	16	3	7,7	9,9	6,6	8,8	17,6	3,3		7,7	0,03				

Tab. 10 Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Kupellationsofen.
MJH = Mittlere Anzahl Jahrringe; MDM = Mittlerer Durchmesser der Jahrringe in mm.

Schnapsweg

Im Material der Grabung Schnapsweg konnten aus 23 Proben 404 Holzkohlestücke holzanatomisch be-

stimmt werden. Die Probe setzt sich zu 99,5 % aus *Fagus* und zu 0,5 % aus *Acer* zusammen. Der mittlere Durchmesser und somit auch der mD-Wert von *Fagus* liegt bei 11 (Tab. 16 und Abb. 18).

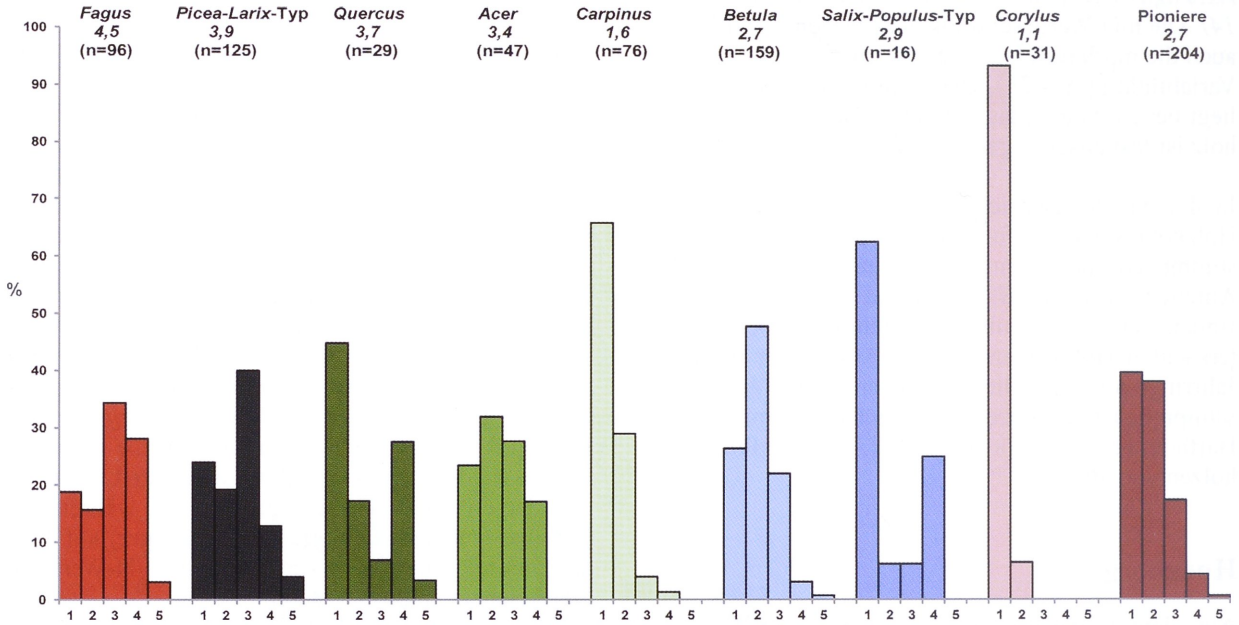


Abb. 11 Prozentuale Verteilung der Holzkohlen auf die Durchmesserklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

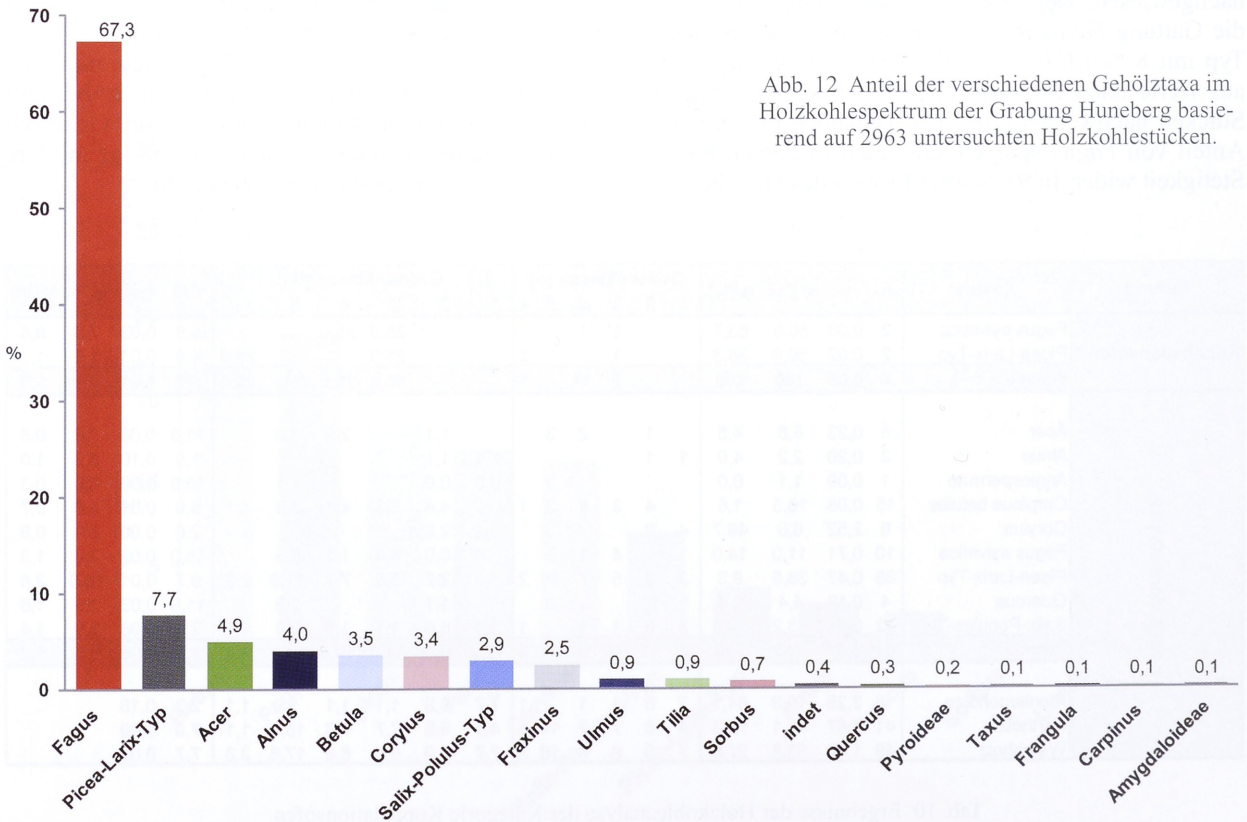


Abb. 12 Anteil der verschiedenen Gehölztaxa im Holzkohlespektrum der Grabung Huneberg basierend auf 2963 untersuchten Holzkohlestücken.

Befund	Taxon	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]						Größenklasse [%]						mD	g/n	MJH	MDM	
						1	2	3	4	5	i	1	2	3	4	5	i					
Bleiglanzverhüttung 1	Acer	25	1,88	15,0	6,5		2	1	6	16		1,2	0,6	3,6	9,6	11,8	0,08	12,8	1,3			
	Alnus	2	0,02	1,2	0,1	2					1,2					1,0	0,01	2,5	0,8			
	Carpinus betulus	1	0,01	0,6		1						0,6				2,5	0,01	4,0	1,0			
	Fagus sylvatica	95	24,28	56,9	83,6	7	6	10	17	55	4,2	3,6	6,0	10,2	32,9	10,7	0,26	12,0	1,8			
	Picea-Larix-Typ	42	2,78	25,1	9,6	6	5	17	9	4	1	3,6	3,0	10,2	5,4	2,4	0,6	5,2	0,07	4,0	1,1	
	Quercus	1	0,05	0,6	0,2				1					0,6		7,5	0,05	14,0	0,2			
	Sorbus	1	0,03	0,6	0,1				1					0,6		7,5	0,03	1,0	1,0			
	Summe		167	29,05	100	100	15	14	28	34	75	1	9,0	8,4	16,8	20,4	44,9	0,6	9,3	0,17	7,1	1,0
	Pioniergehölze	1	0,03	0,6	0,1				1						0,6	7,5	0,03					
	Hartholz	123	26,25	73,7	90,4	7	9	11	25	71	4,2	5,4	6,6	15,0	42,5	10,8	0,21					
Weichholz	44	2,79	26,3	9,6	8	5	17	9	4	1	4,8	3,0	10,2	5,4	2,4	0,6	5,0	0,06				

Tab. 11 Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Bleiglanzverhüttung.
MJH = Mittlere Anzahl Jahrringe; MDM = Mittlerer Durchmesser der Jahrringe in mm.

Kötental

Aus dem Fundmaterial der Grabung Kötental konnten 398 Holzkohlestücke aus 24 Proben untersucht und acht Gattungen holzanatomisch identifiziert werden (Tab. 17). *Fagus* überwiegt mit 97 %, während alle anderen Gattungen quantitativ unbedeutend sind und zusammen lediglich auf rund 3 % kommen. Die Größenklassen-Verteilung deutet ein J-förmiges Verteilungsmuster an und zeigt eine deutliche Dominanz der Größenklassen 4 und 5 (Abb. 19).

Rabental – Tannhai

Im Rabental wurden aus 23 Holzkohleproben 86 Holzkohlestücke mit einem Gewicht von 86,1 g bestimmt (Tab. 18). Insgesamt konnten fünf Gattungen identifiziert werden. Der *Picea-Larix*-Typ dominiert mit 65 % deutlich das Holzkohlespektrum, gefolgt von *Fagus* mit 26 % und *Betula* mit 6 %. *Corylus* und die *Amygdaloideae* (cf. *Prunus*) spielen mit etwa 2 und 1 % nur eine untergeordnete Rolle im Fundspektrum (Abb. 20). Hervorgehoben wird die Dominanz des *Picea-Larix*-Typs auch beim Vergleich des Gewichtes der Gattungen. Hier entfallen 97 % des Gesamtgewichtes auf

Befund	Taxon	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]						Größenklasse [%]						mD	g/n	MJH	MDM
						1	2	3	4	5	i	1	2	3	4	5	i				
Halden 1	Betula	1	0,05	3,3	1,7			1					3,3				4,0	0,05	5,0	0,6	
	Carpinus betulus	1	0,09	3,3	2,9	1					3,3					1,0	0,09	18,0	0,3		
	Corylus	6	0,25	20,0	7,9	2		1	3		6,7		3,3	10,0		4,8	0,04	5,0	0,8		
	Fagus sylvatica	3	0,26	10,0	8,1	1		4	1		3,3		13,3	3,3		8,2	0,09	2,1	1,5		
	Picea-Larix-Typ	12	0,24	40,0	7,6	4	1	2	5		13,3	3,3	6,7	16,7		4,3	0,02	1,9	1,2		
	Quercus	2	0,17	6,7	5,4			1	1			3,3	3,3		3,3	0,09	9,0	0,6			
	Salix-Populus-Typ	5	2,12	16,7	66,4	1		2	2		3,3		6,7		6,7	7,8	0,42	5,0	0,8		
	Summe		30	3,19	100	100	9	2	11	9	2	30,0	6,7	36,7	30,0	6,7	5,2	0,11	6,6	0,8	
	Pioniergehölze	12	2,42	40,0	76,0	3	0	4	3	2	10,0		13,3	10,0	6,7	6,0	0,20				
	Hartholz	13	0,83	43,3	26,0	4	1	7	4		13,3	3,3	23,3	13,3	5,0	0,06					
Weichholz	17	2,36	57	74	5	1	4	5	2	16,7	3,3	13,3	16,7	6,7	5,4	0,14					
Halden 2	Acer	11	0,15	12,4	1,2			1	2	8			1,1	2,2	9,0	12,6	0,01	4,8	0,7		
	Betula	7	0,64	7,9	5,2	1	3	3		1,1	3,4	3,4			2,9	0,09	5,3	1,2			
	Corylus	1	2,84	1,1	22,9	1					1,1				1,0	2,84	28,0	0,4			
	Fagus sylvatica	38	1,79	42,7	14,4	1	4	9	4	20	1,1	4,5	10,1	4,5	22,5	9,9	0,05	5,8	0,8		
	Picea-Larix-Typ	30	6,95	33,7	56,0	1	4	16	8	1	1,1	4,5	18,0	9,0	1,1	5,0	0,23	2,9	1,1		
	Salix-Populus-Typ	2	0,05	2,2	0,4	1			1		1,1		1,1		8,5	0,05	3,5	2,4			
	Summe		89	12,42	100	100	5	11	29	15	29	5,6	12,4	32,6	16,9	32,6	7,8	0,14	8,4	1,1	
	Pioniergehölze	10	3,53	11,2	28,4	3	3	3	1		3,4	3,4	3,4	1,1	3,0	0,35					
	Hartholz	57	5,42	64,0	43,7	3	7	13	6	28	3,4	7,9	14,6	6,7	31,5	9,4	0,10				
	Weichholz	32	7,00	36,0	56,3	2	4	16	9	1	2,2	4,5	18,0	10,1	1,1	5,0	0,22				
Halden 3	Corylus	1	0,61	33,3	98,0	1					33,3				1,0	0,61	9,0	1,2			
	Picea-Larix-Typ	2	0,01	66,7	2,0	1			1		33,3			33,3	1,0	0,01	2,0	0,5			
	Summe		3	0,62	100	100	2			1	66,7			33,3	1,0	0,21	5,5	0,9			

Tab. 12 Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Berg- und Abraumhalden.
MJH = Mittlere Anzahl Jahrringe; MDM = Mittlerer Durchmesser der Jahrringe in mm.

den *Picea-Larix*-Typ. Dies spiegelt sich auch im hohen G/N-Wert von 1,49 (Abb. 21) wider. Der mittlere Durchmesser reicht von 4 (*Corylus*) bis 14 (*Picea-Larix*-Typ).

Schildautal

Aus dem Fundplatz Schildautal wurden 33 Holzkohlestücke holzanatomisch bestimmt. Im Material gelang es nur die Gattung *Fagus* nachzuweisen. Der mD-Wert liegt bei 9,4 und die Mehrzahl der Holzkohlestücke konnten den GK 4 und 5 zugeordnet werden. (Abb. 22)

Diskussion

Kupfer-Schmelzplätze des 10. Jahrhunderts – Selektion auf Buchenholz

Bei den Grabungen Schnapsweg, Kötental und Schildautal handelt es sich um Verhüttungsplätze aus dem 10. Jahrhundert, in denen Kupfer aus polysulfidischen Erzen des Rammelsberges gewonnen wurde. Das Holzkohlespektrum der Schmelzplätze gleicht sich deutlich und ist von der Buche dominiert. Lediglich im Kötental treten mit geringen Anteilen weitere Taxa auf (Abb. 19 und Tab. 17). Auch die Verteilung

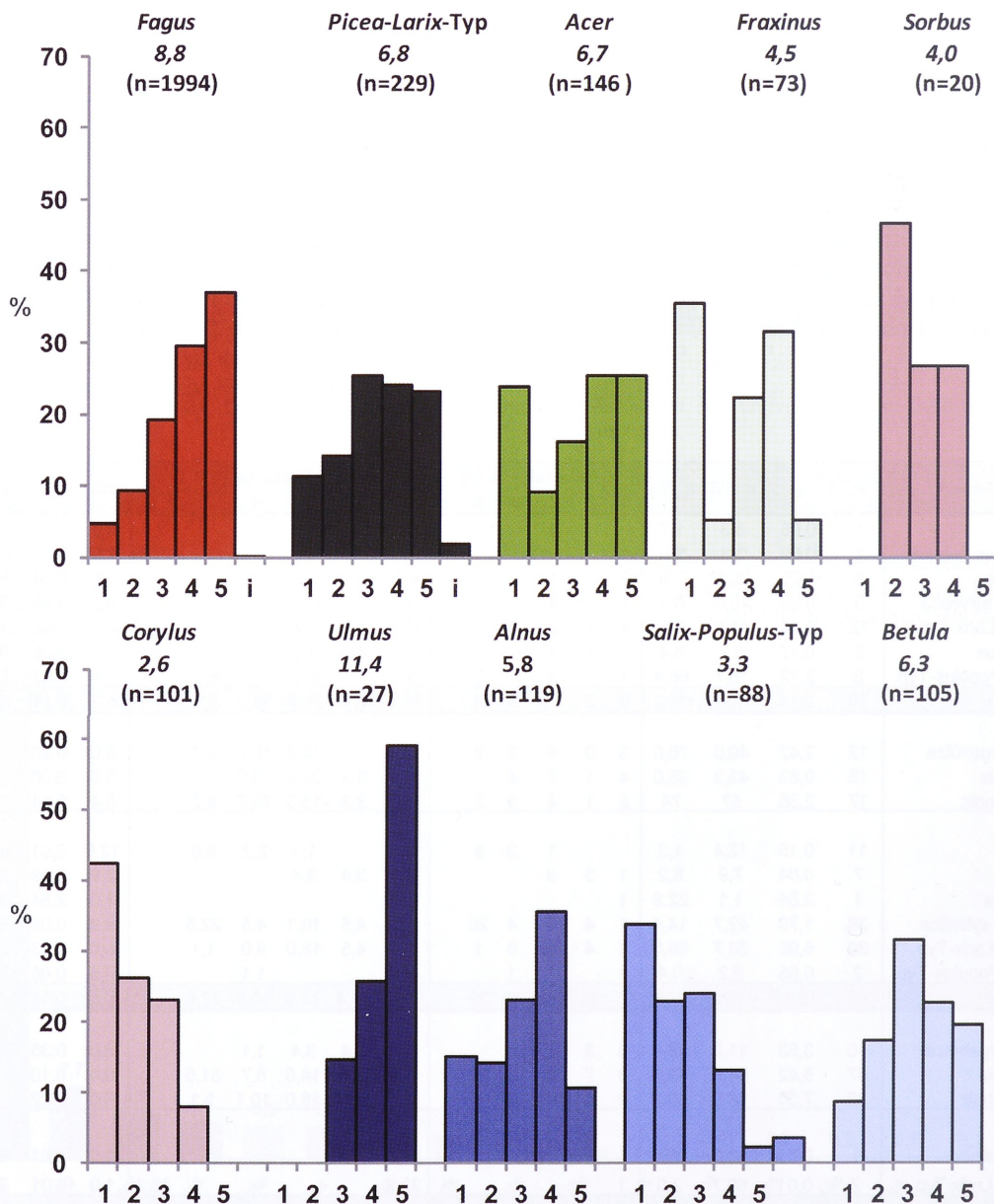


Abb. 13 Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

Befund	Taxon	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]						Größenklasse [%]						mD	g/n	MJH	MDM
						1	2	3	4	5	i	1	2	3	4	5	i				
Feuer-/Herdstelle 3	Acer	11	0,5	6,6	1,1	1	1	5	2	1	1	0,6	0,6	3,0	1,2	0,6	0,6	5,4	0,05	4,4	1,0
	Alnus	20	1,2	12,0	2,5	8	5	3	3		1	4,8	3,0	1,8	1,8		0,6	2,9	0,06	5,8	1,1
	Betula	36	14,1	21,7	30,7	7	18	9	1	1		4,2	10,8	5,4	0,6	0,6		3,1	0,39	4,8	4,7
	Carpinus	12	8,8	7,2	19,2	7		1	4			4,2		0,6	2,4			3,4	0,73	9,9	1,1
	Corylus	15	2,2	9,0	4,7	8	1	4	2			4,8	0,6	2,4	1,2			2,8	0,14	6,7	0,7
	Fagus	21	2,1	12,7	4,6	3		6	5	7		1,8		3,6	3,0	4,2		8,1	0,10	5,1	1,3
	Fraxinus	2	0,0	1,2	0,0				1	1					0,6	0,6		11,3	0,01	1,0	1,1
	Maloideae	3	0,5	1,8	1,0	3						1,8						1,0	0,15	9,0	0,5
	Picea-Larix-Typ	4	0,1	2,4	0,1		2	1			1		1,2	0,6			0,6	3,0	0,02	2,7	2,1
	Quercus	28	9,4	16,9	20,4	14	3	2	2	7		8,4	1,8	1,2	1,2	4,2		5,3	0,33	5,3	1,3
	Salix-Populus-Typ	14	7,1	8,4	15,5	4	2	3	5			2,4	1,2	1,8	3,0	0,0		3,9	0,47	4,5	1,3
	Summe		166	45,8	100	100	55	32	34	25	17	3	33,1	19,3	20,5	15,1	10,2	1,8	4,4	0,27	5,4
Pioniergehölze		67	23,3	40,4	51,0	19	21	16	9	2		11,4	12,7	9,6	5,4	1,2		3,2	0,35	5,3	2,2
Hartholz		128	37,5	77,1	81,9	43	23	27	17	17	1	25,9	13,9	16,3	10,2	10,2	0,6	4,7	0,29	5,8	1,4
Weichholz		38	8,3	22,9	18,1	12	9	7	8	2		7,2	5,4	4,2	4,8	1,2		3,3	0,21	4,3	1,5

Tab. 13 Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Feuerstellen.
MJH = Mittlere Anzahl Jahrringe; MDM = Mittlerer Durchmesser der Jahrringe in mm.

der Holzkohlen auf die Größenklassen ist ähnlich. In allen drei Grabungen zeigt sich eine deutliche J-förmige Verteilung. Große Stücke sowie Stücke der Durchmesserklassen 4/5 sind relativ häufig und zeigen eine Nutzung von starkem Buchenholz an. Die Schmelzhütten fallen in eine Zeit wirtschaftlichen Aufschwungs im 10. Jahrhundert (KLUGE 2001), in dessen Vorfeld (seit karolingischer Zeit) bereits eine Verlagerung der Schmelzhütten aus dem Vorland in die höheren Lagen des Gebirges stattfand (ALPER 2003; 2008; KLAPPAUF

2011a, b). Mit dem wirtschaftlichen Aufschwung und den Innovationen im Bereich der Verhüttung vor allem durch Hochtemperaturprozesse und der Nutzung des Röst-Reaktionsverfahrens in Tylecote-Öfen bei der Bleigewinnung kam es zu einem rasanten Anstieg der Anzahl von Schmelzhütten.

Im Umfeld der drei Schmelzhütten fanden sich im 10. Jahrhundert noch relativ naturnahe Buchenwälder. Sowohl die hohen mD-Werte der Taxa als auch die dar-

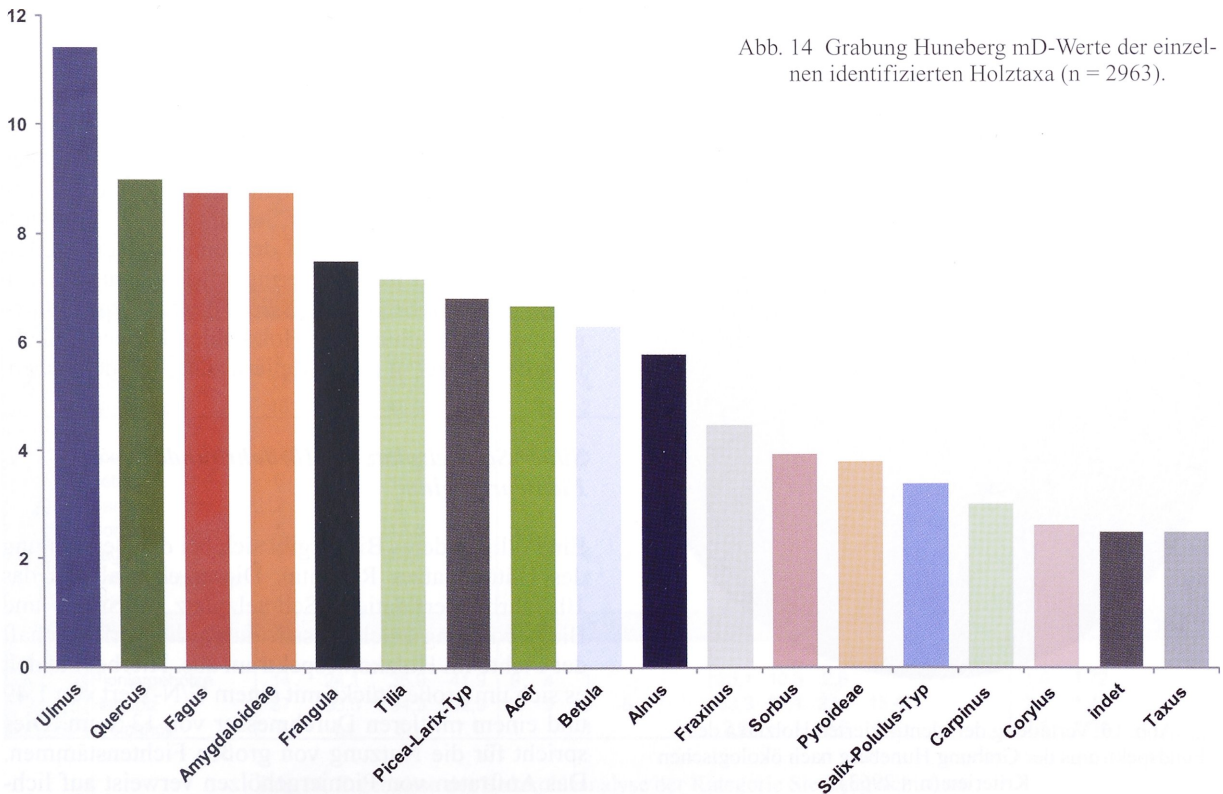


Abb. 14 Grabung Huneberg mD-Werte der einzelnen identifizierten Holztaxa (n = 2963).

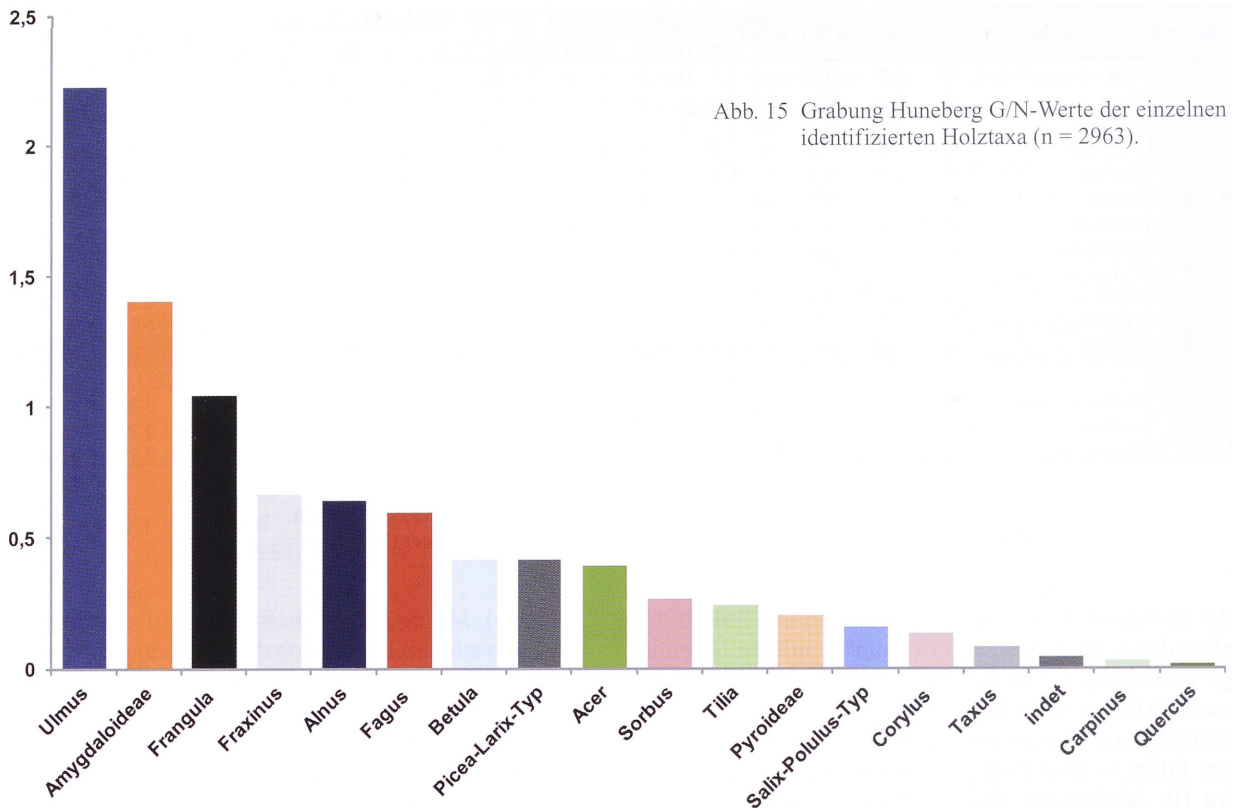


Abb. 15 Grabung Huneberg G/N-Werte der einzelnen identifizierten Holztaxa (n = 2963).

aus resultierende J-förmige Verteilung der Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen zeigt, dass primär Stämme mittlerer Größe mit Astholz verkohlt (NELLE 2002) und anschließend zur Verhüttung genutzt wurden. Da der Anteil der Buche zwischen 96 und 99 %

liegt, ist von einer Selektion auf Buchenholzkohlen durch die Hüttenleute auszugehen. Die Standortbedingungen im Umfeld der Schmelzplätze legen die Ausprägung eines Ahorn-Buchen-Mischwaldes (Aceri-Fagetum) mit Einschaltungen von Feuchtezeigern auf entsprechenden Böden nahe, wie er im Oberharz auch durch Untersuchungen an Meilerholzkohlen aus dem 10. Jahrhundert nachgewiesen wurde (HILLEBRECHT 1982). Bei einer wahllosen Nutzung der Holzkohlen zur Verhüttung müssten weitaus mehr Holzkohlen von *Acer* und Gehölze feuchter Standorte im Befund auftauchen, wie dies auch bei den untersuchten Meilerplätzen der Fall ist. Die geringen Mengenanteile von *Acer*, *Fraxinus* und dem *Salix-Populus*-Typ könnten u.a. auf Vermischung der Holzkohlen bei der Verkohlung der Hölzer in jenen Meilern stattgefunden haben.

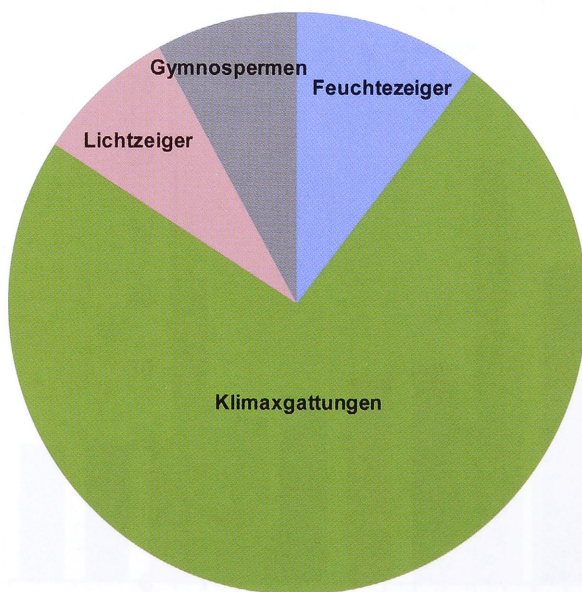


Abb. 16 Verteilung der identifizierten Holztaxa des Fundspektrums der Grabung Huneberg nach ökologischen Kriterien (n = 2963).

Silber-Schmelzplatz des 10. Jahrhunderts – Fichtenrefugium

Ein völlig anderes Bild ergibt sich bei der Betrachtung des Hüttenplatzes Rabental. Dieser ebenfalls in das 10. Jahrhundert datierte Schmelzplatz zur Silber- und Bleigewinnung zeichnet sich durch die Vorherrschaft der Fichte im Holzkohlespektrum aus. Hierbei handelt es sich um große Stücke mit einem G/N-Wert von 1,49 und einem mittleren Durchmesser von 13,5 cm. Dies spricht für die Nutzung von großen Fichtenstämmen. Das Auftreten von Pioniergehölzen verweist auf lich-

tere Verhältnisse am Ort der Kohleproduktion. Der sehr geringe Anteil von 10 % liegt allerdings auch im Bereich des natürlichen Vorkommens dieser Arten im Naturwald, besonders, da durch den bach- und quellenahen Standort des Platzes ein natürliches Vorkommen von *Betula* wahrscheinlich ist. Demzufolge kann die Anwesenheit von Pioniergehölzen nicht notwendig als ein Zeichen beginnender anthropogener Waldauflichtung gedeutet werden. Die hohen Fichtenwerte (65 %) spiegeln wohl eher die natürlichen standörtlichen Bedingungen im näheren Umkreise des Verhüttungsplatzes wider. *Picea abies* (L.) H. Karst. bevorzugt winterkalte kontinentale bzw. Gebirgsklimate mit feuchten, sauren und kühlen Standorten (vgl. OELKERS 1959. ELLENBERG 1996. QUACK 2004) und dominiert gegenüber der Buche auf frisch-nassen Böden mit guter Wasserversorgung. Beim Rabental handelt es sich um ein feucht-kühles Tal, und die dortigen Standortbedingungen würden ein natürliches Vorkommen von *Picea abies* (L.) H. Karst. gewährleisten. Da die natürliche Verbreitung der Fichte bis auf wenige nachgewiesene Exklaven (HILLEBRECHT 1982) auf den Hochharz beschränkt ist, könnte die Holzkohle auch aus höheren Gebirgslagen zum Hüttenplatz transportiert worden

sein. Dies erscheint aber unwahrscheinlich, da bis zum 13. Jahrhundert das Erz primär in die Wälder und somit zum Holz und der Holzkohle transportiert wurde (KLAPPAUF 2000. HILLEBRECHT 2000. DEICKE 2003. BARTELS et al. 2007) und sich keine Anzeichen für eine beginnende Degradation der Klimaxgesellschaft finden. Zudem lassen sich für das frühe Mittelalter weder archäologische Hinweise auf menschliche Nutzung des Hochharzes noch Meilerplätze in den Kernarealen der Fichte erkennen (KLAPPAUF et al. 2008. KLAPPAUF 2011a). Somit kann festgehalten werden, dass das Holzkohlespektrum des Schmelzplatzes die lokale Waldzusammensetzung und das natürliche Vorkommen der Fichte im Rabental widerspiegelt.

Kupfer-Schmelzplatz des 12. Jahrhunderts – erste mehrphasige Schmelzplätze

Der aus dem 12. Jahrhundert stammende Schmelzplatz Huneberg ist durch ein breites Spektrum an unterschiedlichen Holztaxa geprägt und unterscheidet sich hierdurch deutlich von den Schmelzplätzen des 10. Jahrhunderts. Im Laufe des 11. und 12. Jahrhunderts

Befund	Taxon	n		g		Größenklasse [n]						Größenklasse [%]						mD	g/n	MJH	MDM	
		n	g	n [%]	g [%]	1	2	3	4	5	i	1	2	3	4	5	i					
Waldnutzungs- horizont 1	Acer	23	2,5	19,7	26,9	0	0	3	6	14				2,6	5,1	12,0			11,6	0,11	8,8	0,9
	Fagus sylvatica	79	5,8	67,5	62,5	6	5	16	29	23				5,1	4,3	13,7	24,8	19,7	8,2	0,07	6,1	1,0
	Picea-Larix-Typ	15	1,0	12,8	10,6	4	2	6	2	1				3,4	1,7	5,1	1,7	0,9	3,4	0,07	4,8	1,3
	Summe	117	9,4	100	100	10	7	25	37	37	1			8,5	6,0	21,4	31,6	31,6	8,3	0,08	7,0	1,0
	Hartholz	102	8,4	87,2	89,4	6	5	19	35	37				5,1	4,3	16,2	29,9	31,6	8,9	0,08		
Weichholz	15	1,0	12,8	10,6	4	2	6	2	1				3,4	1,7	5,1	1,7	0,9	3,4	0,07			
Siedlungsschicht 3a	Acer	2	0,1	6,1	0,6					2						6,1		15,0	0,07	14,0	2,2	
	Alnus	1		3,0	0,0		1							3,0				2,5	0,03	1,5	0,6	
	Betula	3	5,9	9,1	47,5		2	1						6,1	3,0			3,0	1,97	6,7	1,2	
	Carpinus betulus	1		3,0	0,1				1							3,0		7,5	0,02	2,0	1,6	
	Corylus	4	5,7	12,1	46,1	1	1	2						3,0	3,0	6,1		2,9	1,43	13,0	0,8	
	Fagus sylvatica	6	0,4	18,2	3,2	1	0	1	1	3				3,0		3,0	9,1	9,6	0,11	26,0	1,1	
	Picea-Larix-Typ	13	0,2	39,4	1,9		2	2	5	4					6,1	6,1	15,2	12,1	8,5	0,04	6,0	2,7
	Quercus	1		3,0	0,1		1							3,0				1,0	0,02	3,0	0,7	
	Salix-Populus-Typ	2	0,1	6,1	0,5				1	1						3,0	3,0	7,5	0,03	3,0	2,2	
	Summe	33	12,4	100	100	3	6	6	8	9	1			9,1	18,2	18,2	24,2	27,3	7,4	0,38	8,0	1,5
	Pioniergehölze	9	11,7	27,3	94,0	1	3	3	1	1				3,0	9,1	9,1	3,0	3,0	3,5	1,30		
Hartholz	17	12,1	51,5	97,6	3	3	4	2	5				9,1	9,1	12,1	6,1	15,2	6,9	0,71			
Weichholz	16	0,3	48,5	2,4		3	2	6	4	1				9,1	6,1	18,2	12,1	8,0	0,02			
Siedlungsschicht 3b	Acer	14	17,0	35,9	29,5	2	5	5	2					5,1	12,8	12,8	5,1	3,5	1,21	24,0	3,0	
	Betula	6	7,1	15,4	12,3	2	4							5,1	10,3			2,0	1,18	6,0	1,4	
	Carpinus	2	5,0	5,1	8,7	2								5,1				1,0	2,51	10,0	1,9	
	Corylus	5	8,8	12,8	15,3	5								12,8				1,0	1,77	12,0	1,1	
	Fagus	9	11,5	23,1	19,9	1		4	4					2,6		10,3	10,3	5,2	1,27	9,0	1,5	
	Salix-Populus-Typ	2	4,1	5,1	7,1	1		1						2,6		2,6		2,5	2,04	7,0	3,0	
	Sorbus	1	4,1	2,6	7,1	1								2,6				1,0	4,10	13,0	1,2	
	Summe	39	57,6	100	100	14	9	10	6					35,9	23,1	25,6	15,4	3,1	1,48	11,5	1,8	
	Pioniergehölze	14	24,1	35,9	41,9	9	4	1						23,1	10,3	2,6		1,6	1,72			
	Hartholz	37	53,5	94,9	92,9	13	9	9	6					33,3	23,1	23,1	15,4	3,1	1,45			
Weichholz	2	4,1	5,1	7,1	1		1						2,6		2,6	0,0	2,5	2,04				

Tab. 14 Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Siedlungsschichten. MJH = Mittlere Anzahl Jahrringe; MDM = Mittlerer Durchmesser der Jahrringe in mm.

Taxon	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]							Größenklassen [%] Taxon							Größenklasse [%] Gesamt							mD	g/n
					1	2	3	4	5	indet	1	2	3	4	5	indet	1	2	3	4	5	indet					
<i>Fagus</i>	1994	1186,6	67,3	73,5	108	199	375	576	734	2	5,42	9,98	18,8	28,9	36,8	0,1	3,64	6,72	12,7	19,4	24,8	0,067	8,8	0,6			
<i>Picea-Larix</i> -Typ	229	95,318	7,73	5,91	27	33	58	55	52	4	11,8	14,4	25,3	24	22,7	1,75	0,91	1,11	1,96	1,86	1,75	0,135	6,8	0,42			
<i>Acer</i>	146	57,378	4,93	3,55	35	14	25	37	35		24	9,59	17,1	25,3	24		1,18	0,47	0,84	1,25	1,18		6,7	0,39			
<i>Alnus</i>	119	76,302	4,02	4,73	17	17	30	41	13	1	14,3	14,3	25,2	34,5	10,9	0,84	0,57	0,57	1,01	1,38	0,44	0,034	5,8	0,64			
<i>Betula</i>	105	43,802	3,54	2,71	8	21	32	25	19		7,62	20	30,5	23,8	18,1		0,27	0,71	1,08	0,84	0,64		6,3	0,42			
<i>Corylus</i>	101	13,213	3,41	0,82	43	26	24	8			42,6	25,7	23,8	7,92			1,45	0,88	0,81	0,27			2,6	0,13			
<i>Fraxinus</i>	85	13,149	2,87	0,81	29	20	20	11	2	5	34,1	23,5	23,5	12,9	2,35	5,88	0,98	0,67	0,67	0,37	0,07	0,169	3,4	0,15			
<i>Salix-Populus</i> -Typ	73	48,477	2,46	3	28	3	15	23	4		38,4	4,11	20,5	31,5	5,48		0,94	0,1	0,51	0,78	0,13		4,5	0,66			
<i>Tilia</i>	27	60,059	0,91	3,72			4	7	16				14,8	25,9	59,3				0,13	0,24	0,54		11	2,22			
<i>Ulmus</i>	27	6,5218	0,91	0,4	5	3	4	8	7		18,5	11,1	14,8	29,6	25,9		0,17	0,1	0,13	0,27	0,24		7,2	0,24			
<i>Sorbus</i>	20	5,2592	0,67	0,33	1	8	7	4			5	40	35	20			0,03	0,27	0,24	0,13			4	0,26			
Pyroideae	11	0,4842	0,37	0,03	1	1	1			8	9,09	9,09	9,09				0,03	0,03	0,03				2,5	0,04			
<i>Carpinus</i>	8	0,1013	0,27	0,01				4	1	3				50	12,5					0,13	0,03	0,101	9	0,01			
<i>Quercus</i>	5	1,02	0,2	0,1	1	1	2	1			20,0	20,0	40,0	20,0			0,03	0,07	0,03				3,8	0,20			
Amygdaloideae	4	0,32	0,13	0,02		3				1		75			25		0,1					0,034	2,5	0,08			
<i>Taxus</i>	3	3,1315	0,1	0,19										100					0,1				7,5	1,04			
indet	3	0,0857	0,1	0,01	1		2				33,3		66,7				0,03		0,07				3	0,03			
<i>Frangula</i>	2	2,8104	0,07	0,17		1			1			50		50				0,03		0,03			8,8	1,41			
Σ	2963	1614,1	100	100	304	350	600	803	884	24							10,3	11,8	20,2	27,1	29,8	0,81	7,8	0,54			
Pioniergehölze	311	75,423	10,5	4,67	81	75	83	48	21	5	26	24,1	26,7	15,4	6,75	1,61	2,73	2,53	2,8	1,62	0,71	0,169	4,2	0,24			
Feuchtezeiger	307	1233	10,4	81,8	72	40	69	85	35	6	23,5	13	22,5	27,7	11,4	1,95	2,44	1,36	2,34	2,88	1,19	0,203	5,4	4,02			
Klimaxgattungen	2178	6,8986	73,8	0,46	149	216	406	625	777	5	6,84	9,92	18,6	28,7	35,7	0,23	5,05	7,32	13,8	21,2	26,3	0,169	8,6	0			
Lichtzeiger	233	171,25	7,89	11,4	53	57	65	38	20		22,7	24,5	27,9	16,3	8,58		1,8	1,93	2,2	1,29	0,68		4,5	0,73			
Gymnospermae	234	95,64	7,93	6,35	27	36	59	55	52	5	11,5	15,4	25,2	23,5	22,2	2,14	0,91	1,22	2	1,86	1,76	0,169	6,7	0,41			

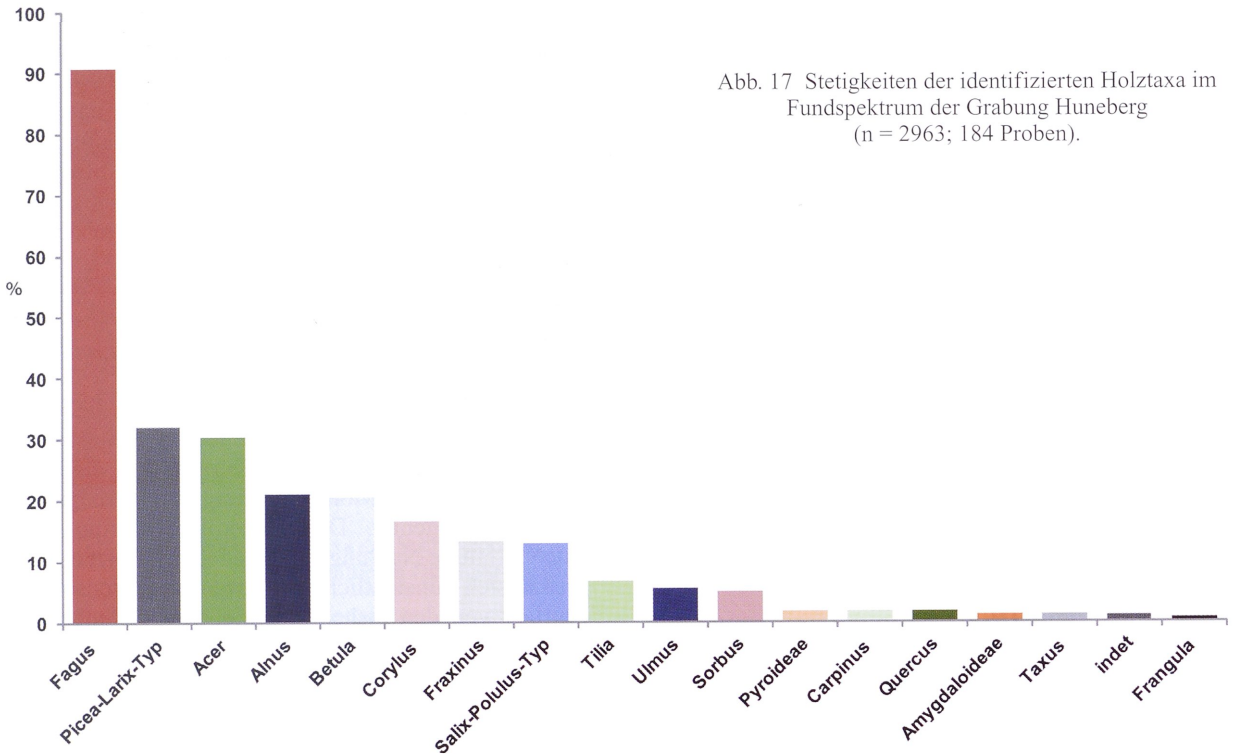
Tab. 15 Verwendete Holztaxa des Schmelzplatzes Huneberg mit Angaben zur Verteilung auf die Größenklassen 1–5, den mittleren Durchmesser (mD) und das mittlere Stückgewicht (G/N).

kam es zu Neuerungen in den Verhüttungsprozessen. Im Unterschied zu den vorherigen Schmelzöfen wurde der Tiegel nun aus der Erde herausgehoben und auf einen Tiegelstein gesetzt, was eine Verlängerung der Ofenlaufzeit zur Folge hatte (KLAPPAUF, LINKE 2004). Zudem erfolgte die Gewinnung der Metalle nun in mehrstufigen Hochtemperaturprozessen, in so genannten Rammelsbergöfen (BARTELS et al. 2007). Im Huneberg wurde zur Verhüttung bevorzugt Buche genutzt, die noch in ausreichenden Mengen im Umkreis vorhanden gewesen sein muss. Neben Buche finden sich hier auch alle Hauptbaumarten sowie ein Großteil der natürlich vorkommenden Nebenbaumarten und Sträucher. Der gestiegene Anteil an Pioniergehölzen (*Corylus*, *Betula*, *Salix*, *Populus*, *Sorbus* etc.) zeigt eine fortschreitende Nutzung und die Öffnung der Wälder des Oberharzes an, jedoch liegt deren Anteil immer im Bereich des natürlichen Vorkommens. Interessant sind die Funde von Amygdaloideae (cf. *Prunus*), *Pinus*, *Frangula alnus*, *Taxus baccata* und Pyroideae (cf. *Crataegus*). Das Auffinden von Rosaceae-Holzkohlen (Amygdaloideae und Pyroideae) kann als ein Indiz für die weitere Öffnung der Landschaft oder auch für

einen Transport von Holzkohlen aus tiefer liegenden Gebieten angesehen werden. Auch das Eibenholz oder dessen Holzkohle kann aus weiter entfernten Gebieten kommen. *Taxus baccata* L. ist planar-collin verbreitet und vom Arealtyp subatlantisch. Diese Schatten- bis Halbschattenpflanze ist ein Schwachbasenzeiger, braucht mäßige Temperaturen und gilt als Frischezeiger (Angaben nach ELLENBERG 1996). Das pflanzensoziologische Hauptvorkommen liegt in den Verbänden *Quercion pubescenti-petraeae* (Flaumeichen-Mischwald), *Fagion sylvaticae* (Echte-Buchenwälder) und *Tilio-Acerion* (Schlucht- und Hangmischwälder). Da in unmittelbarer Nähe der Grabung Diabas zutage tritt, liegt ein natürliches Vorkommen der Eibe im Bereich des Möglichen. Der Transport von Holz und Holzkohlen aus tiefer liegenden Gebieten erscheint unwahrscheinlich, besonders da diese Bereiche schon früh der menschlichen Nutzung unterworfen waren und die Hütten bereits zur Jahrtausendwende aufgrund von Energieknappheit in die Hochlagen des Harzes verlagert wurden.

Taxon	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]							Größenklasse [%] Taxon							Größenklasse [%] Gesamt							mD	g/n
					1	2	3	4	5	indet	1	2	3	4	5	indet	1	2	3	4	5	indet					
<i>Fagus</i>	402	99,49	99,5	99,96	39	26	39	49	247	2	9,7	6,5	9,7	12,2	61,4	0,5	9,7	6,4	9,7	12,1	61,1	0,5	10,8	0,25			
<i>Acer</i>	2	0,04	0,5	0,04	1	1					50,0	50,0					0,2	0,2					5,0	0,02			
Gesamt	404	99,53	100	100	39	27	39	50	247	2							9,7	6,7	9,7	12,4	61,1	0,5	11	0,25			

Tab. 16 Verwendete Holztaxa des Schmelzplatzes Schnapsweg mit Angaben zur Verteilung auf die Größenklassen 1–5, den mittleren Durchmesser (mD) und das mittlere Stückgewicht (G/N).



Zur Verhüttung am Schmelzplatz Huneberg wurde überwiegend mittelstarkes Holz genutzt (Abb. 13). Ein mittlerer Durchmesser von über 10 cm ist lediglich bei *Ulmus* gefunden worden. Die ermittelten Durchmesser deuten auf die Nutzung von jungen Bäumen oder starkem Astholz hin, dessen Stämme anderweitig genutzt wurden (NELLE 2002).

Die genutzten Kohlen stammen weitgehend von Klimaxgattungen mit mittleren mD-Werten (8-9 cm; Abb. 12 und 14). Mit Anteilen von 10 und 8 % entsprechen die Werte der Feuchtezeiger und der Gymnospermen den naturnahen Gegebenheiten des Klimaxwaldes mit lokalen standörtlichen Modifikationen. So liegen die Moore des Torfhäuser Hügellandes und die Quelle der Radau nur wenige Kilometer entfernt. Genutzt wurde bei diesen Gattungen überwiegend Schwachholz, welches wohl kaum einen Durchmesser von über 10 cm besaß. Eine Selektion bestimmter Holzarten für unterschiedliche Prozesse konnte im untersuchten Material noch nicht festgestellt werden. Während des 12. und 13. Jahrhunderts vollzog sich langsam der Wandel von saisonal genutzten Schmelzplätzen hin zu mehrfach genutzten Plätzen (BARTELS et al. 2007).

Die archäologische Untersuchung und Auswertung des Fundplatzes ist noch nicht komplett abgeschlossen. Möglicherweise kann hier die Anthrakologie einen Beitrag zur chronologischen Differenzierung der Fundstelle liefern. Auffallend ist hier bei differenzierter Betrachtung des Holzkohlespektrums eine Grup-

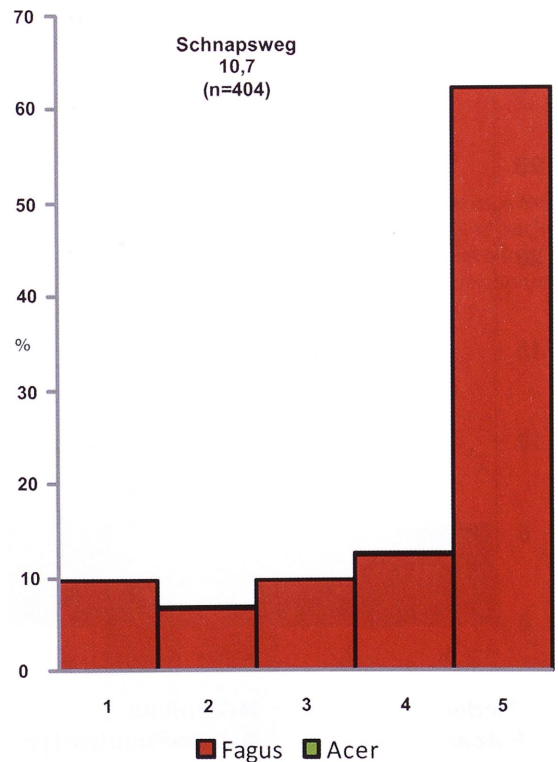


Abb. 18 Prozentuale Verteilung der Holzkohlestücke auf Gehölztaxa und Durchmesserklasse. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

pierung hinsichtlich der identifizierten Holzkohlestücke. So fallen deutlich Funde und Befunde auf, deren Holzkohle aus nur einer Gattung oder Holzart besteht. Zudem lassen sich zwei größere Gruppen bilden.

Die erste Gruppe ist durch Klimaxgattungen (primär Buche, Ahorn und Fichte) mit hohen mD-Werten gekennzeichnet, während die zweite Gruppe durch einen erhöhten Anteil an Pioniergehölzen mit kleineren mD-Werten charakterisiert ist. Im anthrakologischen Befund deuten sich dementsprechend zwei Nutzungsphasen an: In der ersten wurden Starkholz und Stammholz der vorhandenen Klimaxgattungen genutzt. In der zweiten Phase konnte zur Verhüttung von Rammelsberger Erzen zwar immer noch Buche, Ahorn und Fichte genutzt werden, jedoch standen diese wohl nicht mehr in ausreichender Menge im Umkreis zur Verfügung

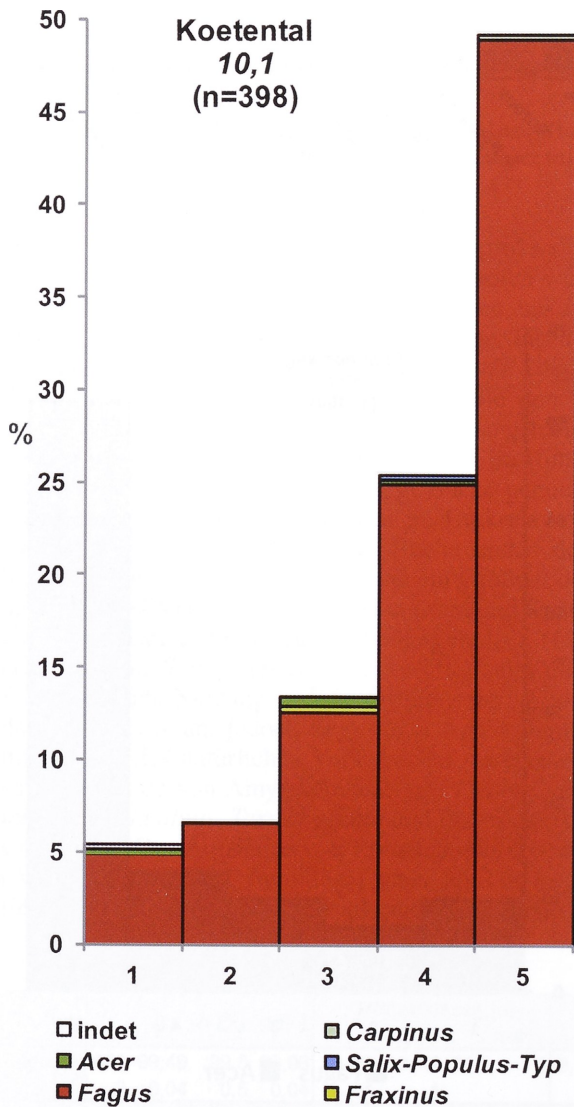


Abb. 19 Prozentuale Verteilung der Holzkohlestücke auf Gehölztaxa und Durchmesserklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

oder wurden anderweitig verwendet, so dass verstärkt auf minderwertiges Pioniergehölz mit niedrigen mD-Werten zurückgegriffen wurde (Tab. 19 und 20). Auffällig sind auch die höhere Anzahl an Jahrringen und deren größerer mittlerer Durchmesser, was allgemein auf bessere Wachstumsbedingungen deutet. Inwieweit eine zweiphasige Nutzung auch im archäologischen Befund greifbar ist, muss nun seitens der Archäologie näher untersucht werden.

Johanneser Kurhaus – Intensiver Raubbau und Holzkohletransport

Im Vergleich zu den reinen Verhüttungsplätzen handelt es sich beim Johanneser Kurhaus um eine Verbindung zwischen Montansiedlung, Verhüttungsplatz und Bergbauggebiet. Das Holzkohlespektrum zeigt eine vielfältige Nutzung verschiedenster Holztaxa und grenzt sich hinsichtlich der Artenzusammensetzung deutlich von den bisher beschriebenen Schmelzplätzen ab. Zwar dominiert auch am Johanneser Kurhaus die Buche, jedoch wurden auch häufig Fichte, Birke, Ahorn und Hasel genutzt (Abb. 3). Interessant sind auch die Funde von Eiche und von Pyroideae-Holzkohle. Während Tannen- und Fichtenholz bevorzugt im Bergbau und dem Grubenbau Verwendung fanden (vgl. LIESSMANN 2011), wurde die Eiche speziell im siedlungsnahen Umfeld als begehrtes Bauholz geschätzt (ELLENBERG 1996. NELLE 2002. BEGEMANN 2003). Zudem spielten Eichenhudewälder, wie sie im Harz noch im 15. Jahrhundert bis auf 500 m NN verbreitet waren, eine wichtige Rolle zur Tiermast in der bäuerlichen Subsistenzwirtschaft (BEGEMANN 2003). Die Funde von Eiche am Johanneser Kurhaus finden sich dementsprechend auch hauptsächlich in der Phase 3 und nur zu geringen Anteilen mit niedrigem mD-Wert in den Phasen 1 und 2.

Der Vergleich der Holzkohlespektren zwischen den mit der Verhüttung und Siedlungsaktivität in Zusammenhang stehenden Befunden ergab keine Anzeichen für eine Selektion von bestimmten Holztaxa für verschiedene Arbeitsbereiche (Tab. 8 bis 14). Es lassen sich jedoch kleinere Unterschiede hinsichtlich der genutzten Holzstärke und dem Anteil an Pioniergehölzen feststellen. Die Schmieden der Phase 3b und 3c zeigen sowohl einen höheren Anteil an Pioniergehölzen als auch die Verwendung von Buche, Hainbuche und Eiche an (Tab. 8). Mehrheitlich wurde zudem Holz kleinerer Durchmesser genutzt (GK 1–3). In den Holzkohlespektren, die direkt mit Verhüttungsaktivität in Verbindung stehen, verteilen sich die Kohlen deutlich auf die kleinen Durchmesserklassen. Hier wurde primär „minderwertiges“ Astholz und kaum Starkholz von energiereichem Holz wie Buche, Hainbuche und Eiche genutzt (Tab. 9). Bei den Abraumhalden ergibt sich ein ähnliches Bild. Besonders deutlich ist hier die Nutzung von Schwachholz (Tab. 12) sowie von Pio-

Taxon	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]					Größenklasse [%] Taxon					Größenklasse [%] Gesamt					mD	g/n
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
Fagus	384	202,448	96,5	99,66	19	25	47	96	197	4,9	6,5	12,2	25,0	51,3	4,8	6,3	11,8	24,1	49,5	10,3	0,53
Carpinus	1	0,300	0,3	0,15		1							100,0				0,3			4,0	0,30
Acer	5	0,052	1,3	0,03	1	2	1	1		20,0		40,0	20,0	20,0	0,3		0,5	0,3	0,3	6,3	0,01
Salix-Populus-Typ	1	0,034	0,3	0,02				1					100,0					0,3		7,5	0,03
Fraxinus	1	0,007	0,3	0,00				1						100,0					0,3	15,0	0,01
indet	1	0,250	0,3	0,12	1					100,0					0,3					1,0	0,25
Betula	3	0,040	0,8	0,02		1	1	1			33,3	33,3	33,3		0,3	0,3	0,3			4,7	0,01
Alnus	1	0,010	0,3	0,00	1					100,0					0,3					1,0	0,01
Picea-Larix-Typ	1	0,004	0,3	0,00	1					100,0					0,3					1,0	0,00
Gesamt	398	203,14			23	26	51	99	199						5,8	6,5	12,8	24,9	50,0	10,1	0,51
Pioniergehölze	6	0,1	1,5	0,04	1	1	1	2	1	16,7	16,7	16,7	33,3	16,7	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3	4,2	0,015
Feuchtezeiger	3	0,051	0,8	0,02				1	1	33,3			33,3	33,3	0,3			0,3	0,3	7,8	0,017
Klimaxgattungen	390	202,800	98,2	99,85	20	25	50	97	198	5,1	6,4	12,8	24,9	50,8	5,0	6,3	12,6	24,4	49,9	10,2	0,520
Lichtzeiger	3	0,040	0,8	0,02		1	1	1			33,3	33,3	33,3		0,3	0,3	0,3			4,7	0,013
Gymnospermae	1	0,004	0,3	0,00	1					100,0					0,3					1	0,004

Tab. 17 Verwendete Holztaxa des Schmelzplatzes Kötental mit Angaben zur Verteilung auf die Größenklassen 1–5, den mittleren Durchmesser (mD) und das mittlere Stückgewicht (G/N).

niergehölzen in der Phase 1. Da die Waldzusammensetzung während der Phase 1 noch deutlich einem Klimawald ohne hohe Beimengung von Pioniergehölzen ähnelt (HILLEBRECHT 1989, ALPER 2003 und Tab. 8 bis 14), liegt es nahe, dass der Anteil der Pioniergehölze in den Halden auf menschliche Selektion zurückgeht. Die wertvolleren Hölzer wie Buche, Ahorn und Eiche wurden anderswo genutzt. Einen Hinweis hierauf liefert auch die Zusammensetzung der Holzkohlen aus der Bleiglanzverhüttung der Phase 1. Hier wurden mehrheitlich Buchen- und Ahornstämme mittlerer Größe zur Verhüttung verwendet. Pioniergehölze fehlen fast vollständig. In den untersuchten Feuer- und Herdstellen der Phase 3 und der Siedlungsschicht der Phase 3b wurde zu einem hohen Grad Schwachholz von Pioniergehölzen verwendet. Ebenfalls häufig sind Pioniergehölze während der Phase 3a verkohlt worden. Im Gegensatz zur nachfolgenden Siedlungsschicht wurden hier allerdings Harthölzer junger Bäume oder starkes Astholz verwendet. Interessant ist der direkte Vergleich der Holzkohlespektren aus den verschiedenen Phasen. Bei der Gegenüberstellung der unterschiedlichen Befunde zeigte sich, dass Phase 1 mehrheitlich durch stärkeres Holz des Ahorn-Buchen-Waldes und kaum durch Pioniergehölze gekennzeichnet ist, während in Phase 3 sichtbar mehr Pioniergehölze auftreten (Tab. 8 bis 14).

In Phase 1 spiegelt das Holzkohlespektrum einen Ahorn-Buchen-Wald mit Fichte als Nebenbaumart wider. Im Umfeld des Johanneser Kurhauses wurden in den 80er und 90er Jahren des letzten Jahrhunderts von HILLEBRECHT (1982, 1989) einige Meilerplätze und Schlackehalden anthrakologisch untersucht. Von den 25 westlich des Johanneser Kurhauses gelegenen Grubenmeilern wurden die Gruben 14 und 15 auf 780 ± 115 und 660 ± 95 n.Chr. ^{14}C -datiert und weisen laut HILLEBRECHT (1982) auf eine frühmittelalterliche Wald-

nutzung hin. Anzeichen für solch eine frühe Waldnutzung konnten im Waldnutzungshorizont der Phase 1 nicht gefunden werden. Der frühe Eingriff des Menschen durch die Holzkohleherstellung darf daher wohl als sehr moderat angesehen werden und führte nicht zu einer größeren Ausbreitung von Lichtgehölzen. Nach HILLEBRECHT (1982; 1989) lassen sich die untersuchten Meiler in zwei Gruppen teilen. In der ersten Gruppe wurden hauptsächlich Buche und Ahorn verkohlt (Gruben 1, 14, 15, 17, 19), während die zweite Gruppe durch Pioniergehölze und Gehölze feuchter Standort-

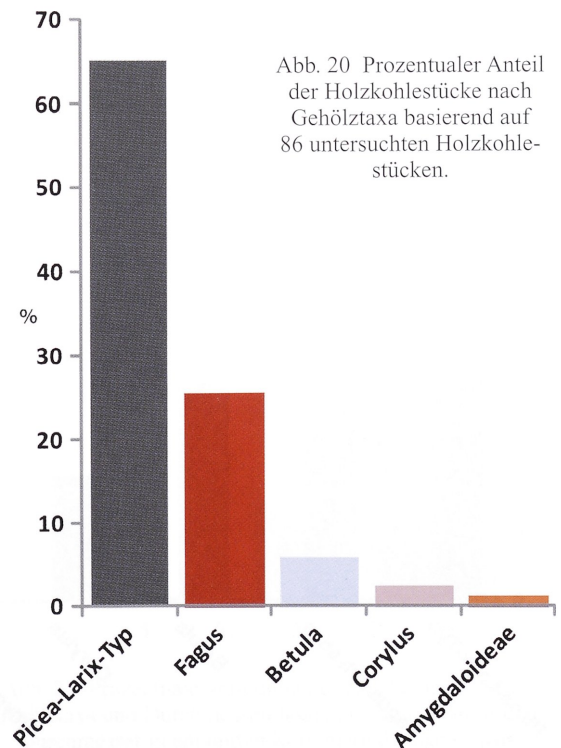


Abb. 20 Prozentualer Anteil der Holzkohlestücke nach Gehölztaxa basierend auf 86 untersuchten Holzkohlestücken.

Taxon	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]					Größenklasse [%] Taxon					Größenklasse [%] Gesamt					mD	g/n
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
Picea-Larix-Typ	56	83,31	65,1	96,7			2	8	46			3,6	14,3	82,1			2,3	9,3	53,5	13,5	1,49
Fagus sylvatica	22	2,18	25,6	2,5			6	8	8			27,3	36,4	36,4			7,0	9,3	9,3	9,3	0,10
Betula	5	0,54	5,8	0,6			1	3	1			20,0	60,0	20,0			1,2	3,5	1,2	8,3	0,11
Corylus	2	0,05	2,3	0,1			2					100,0					2,3			4,0	0,03
Amygdaloideae	1	0,06	1,2	0,1				1					100,0					1,2		7,5	0,06
Gesamt	86	86,14	100	100			11	20	55								12,8	23,3	64,0	7,5	1,00
Klimaxgattungen	22	2,18	25,6	2,5			6	8	8			27,27	36,4	36,4			7	9,3	9,3	9,3	0,1
Lichtzeiger	8	0,65	9,3	0,8			3	4	1			37,5	50	12,5			3,5	4,7	1,2	7,1	0,1
Gymnospermae	56	83,31	65,1	96,7			2	8	46			3,571	14,3	82,1			2,3	9,3	53,5	14	1,5

Tab. 18 Verwendete Holztaxa des Schmelzplatzes Rabental mit Angaben zur Verteilung auf die Größenklassen 1–5, den mittleren Durchmesser (mD) und das mittlere Stückgewicht (G/N).

te geprägt ist. Die Produktion diente wohl der Versorgung der benachbarten Hütten. Der anthrakologische Befund des Loipenprofils und einer Schlackehalde der Phase 3 zeigt sehr hohe Werte an Pioniergehölzen und nur wenig Buche und Ahorn. In den von HILLEBRECHT untersuchten Proben wurden nur sehr wenige Fichtenholzkohlen gefunden und daraus geschlossen, dass *Picea abies* (L.) H. Karst. im Umkreis des Johanneser Kurhauses nur eine untergeordnete Rolle beim Aufbau des Waldes gespielt habe (HILLEBRECHT 1982. ALPER 2003). Dies ist insoweit erstaunlich, da sich in den von ANDREA (2003) untersuchten Bodenproben des Waldhorizontes (Bef. 580. Waldnutzungshorizont) hauptsächlich Fichtenholz und Fichtennadeln fanden (ALPER 2003).

Unterschiedliche Holznutzung in den Phasen 1–3c

Die Untersuchung der Boden- und Holzkohleproben der Grabung am Johanneser Kurhaus erbrachte ein

weitaus differenzierteres Bild der Zusammensetzung der Holzkohlespektren (Abb. 23). Wie oben bereits erwähnt, wurden in der Phase 1 hauptsächlich Buche, Ahorn und Fichte genutzt und der geringe Anteil an Pioniergehölzen deutet auf einen noch intakten Wald hin. Im Laufe der Phase 2 nimmt der Anteil der Buche drastisch ab und es kommt zu einem deutlichen Anstieg der Pioniergehölze. Zudem treten die Hainbuche und die Eiche deutlich im Holzkohlespektrum auf. Phase 3a ist gekennzeichnet durch das fast vollständige Verschwinden der Fichte und durch die dominierende Rolle der Pioniergehölze. In Phase 3b sinkt der Anteil der Pioniergehölze und es treten wieder vermehrt Fichte und Buche im Holzkohlespektrum auf. Während der Phase 3c sinken diese Werte abermals, während die Hainbuche ihr Maximum erreicht und die Pioniergehölze deutlich ansteigen.

So lässt sich feststellen, dass im 10.–11. Jahrhundert (Phase 1) überwiegend Buche, Ahorn und Fichte mit Starkholz genutzt wurden (Abb. 23). Während des 11.

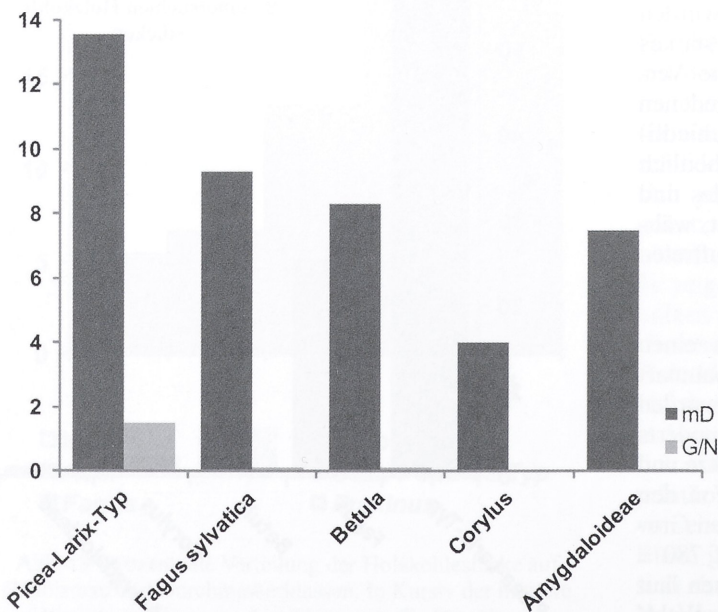


Abb. 21 mD-Werte und mittleres Stückgewicht für die unterschiedlichen Gehölztaxa (n = 86).

und 12. Jahrhunderts macht sich der Raubbau an den Wäldern deutlich im Holzkohlespektrum bemerkbar. In der Phase 2 geht die Nutzung von Schattenwaldarten (Buche, Ahorn) drastisch zurück und die Hüttenleute mussten verstärkt Schwachholz von Pioniergehölzen sowie die begehrte Hainbuche und Eiche nutzen. Fichtenholz wird weiterhin stark genutzt und kommt wahrscheinlich weiter beim Rösten der Erze zum Einsatz. Beim Übergang der saisonalen Hütten zur dauerhaften Montansiedlung um 1200 n. Chr. wird der Eingriff des Menschen in den Wald spürbar intensiver. Zwar stehen Buche und Ahorn weiter zur Verfügung, anscheinend aber in solch geringen Mengen, dass hauptsächlich Pioniergehölze den Energiebedarf der Siedlung decken müssen. In stärkerem Maße wird nun auch auf das Holz der Hainbuche für montanewerbliche Zwecke zurückgegriffen. In der folgenden Zeit (Phase 3b) zeichnet sich eine Regeneration der Bestände ab. So geht die Nutzung von Pioniergehölzen zurück und die Bewohner des Johanneser Kurhauses nutzen nun wieder stärker Buchen- und Fichtenholz für die Metallurgie. Im Laufe der Phase 3c und gegen Ende der Siedlungsaktivität scheinen die Buchen- und Fichtenbestände wieder weitgehend ausgebeutet zu sein und es muss erneut auf minderwertiges Pionierholz (Schwachholz) und die Hainbuche zurückgegriffen werden (Abb. 23).

Holzkohletransport und Nutzung der Fichte

Der hohe Anteil der Fichte in den beiden ersten Phasen ist überraschend. Zwar wurden im Waldnutzungshorizont viele Fichtenreste und ganze Stämme gefunden, in den umliegenden Grubenmeilern dieser Zeit ist aber kaum Fichte verkohlt worden (HILLEBRECHT 1982; 1989). Im Gegensatz zu den Untersuchungen von HILLEBRECHT (1989) deuten die hohen Anteile der Fichte im Holzkohlespektrum der Phasen 1 und 2 allerdings auf eine weitaus größere Rolle des Baumes am Aufbau des Waldes im Umkreis des Johanneser Kurhauses hin. Anders als bisher angenommen deckten die Hüttenleute einen Großteil ihres Holz- und Holzkohlebedarfes durch die Fichte. Da es sich hier aber um Orte des Holzkohle- und des Holzverbrauches und nicht, wie bei den Meilerplätzen, um Orte der Produktion handelt, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Holzkohle aus dem Hochharz importiert wurde und nicht direkt vor Ort produziert worden ist. Ein Transport von Fichtenholzkohle aus den weiter östlich liegenden Kernarealen der Fichte erscheint ungewöhnlich, da im 10. bis 12. Jahrhundert die Schmelzhütten dem Energieträger Holz folgten und somit das Erz zur Kohle gebracht wurde (KLAPPAUF 2000. BARTELS et al. 2007. KLAPPAUF 2011b). Zudem konnten die Hüttenleute noch auf relativ intakte Ahorn-Buchen-Mischwälder zurückgreifen – wie die Holzkohleuntersuchungen deutlich zeigen. Auch in anderen deutschen Mittelgebirgen fanden sich bei Holzkohleuntersuchungen kei-

ne Hinweise auf einen Transport von Holzkohlen über längere Strecken (LUDEMANN 1996. NELLE 2002. NÖLKEN 2005). Anzunehmen ist daher, dass die Fichte als Bauholz diente oder aber einfach nicht in Meilern verkohlt, sondern direkt verbrannt wurde. Im Röst-Reaktionsverfahren wird Bleiglanz in einem kombinierten, einstufigen Prozess verhüttet. Hierzu wird kein Holzkohlefeuer benötigt, da die Temperatur eines normalen Feuers ausreichend ist (BARTELS et al. 2001). Buchen- und Ahornholzkohlen von Stämmen bzw. Starkholz finden sich hingegen häufig im Bereich der Bleiglanzverhüttung. Letztendlich spricht der hohe Fichtenanteil im Holzkohlespektrum des Johanneser Kurhauses auf eine Selektion oder Bevorzugung von Fichtenholz für bestimmte Tätigkeiten, wie etwa die Nutzung für Holzfeuer oder als Baumaterial.

Ähnlich den Fichtenholzkohlen finden sich auch die Hainbuche und Eiche kaum oder überhaupt nicht in den Rückständen der Köhlerei beim Johanneser Kurhaus. Zwar ist die Anzahl der bestimmten Holzkohlestücke in diesem Bereich bei HILLEBRECHT (1982) sehr gering, jedoch reichen bereits etwa 50 Holzkohlestücke aus, um sichere Aussagen über das Hauptbaumartenverhältnis machen zu können (DASSASSE 2000. BONHOTE et al. 2002. LUDEMANN, NELLE 2002. NÖLKEN 2005). Die Hainbuche kommt in der submontanen Stufe vor, im Harz bis max. 500 m (vgl. RUBNER 1953. MAYER 1980). Die hohen Anteile von bis zu 17 % dürften aber weitaus höher sein als die natürliche Beteiligung der Hainbuche am Klimaxwald um das Johanneser Kurhaus. Sowohl Hainbuche, Eiche und Hasel

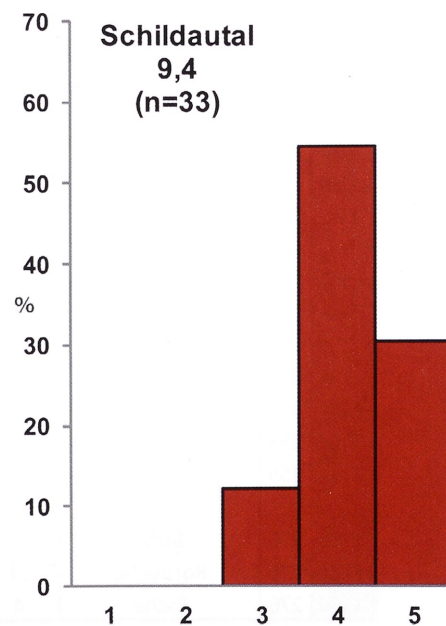


Abb. 22 Prozentuale Verteilung der Holzkohlestücke aus Gehölztaxa und Durchmesserklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

F-Nr.	Bef.	Holzart	Anzahl	mD	F-Nr.	Bef.	Holzart	Anzahl	mD
560	121	Ahorn	1	1	1601	222	Birke	3	4
560	121	Hasel	1	1	1601	222	Hasel	1	1
560	121	Ulme	1	15	1601	222	Rotbuche	8	11
					1601	222	Fichte-Lärche-Typ	2	5
622	121	Ahorn	2	3	1601	222	Weide	1	3
622	121	Birke	1	15					
622	121	Hasel	5	3	1493	259	Rotbuche	1	3
622	121	Rotbuche	7	10	1493	259	Fichte-Lärche-Typ	1	0
622	121	Esche	2	4					
622	121	Fichte-Lärche-Typ	1	8	1605	234	Ahorn	4	3
622	121	Weide	2	5	1605	234	Hasel	5	3
					1605	234	Rotbuche	2	9
623	121	Ahorn	4	6	1605	234	Esche	3	3
623	121	Hasel	1	1	1605	234	Fichte-Lärche-Typ	4	6
623	121	Rotbuche	8	4	1605	234	Populus	1	3
623	121	Fichte-Lärche-Typ	1	4	1605	234	Weide-Pappel-Typ	1	3
623	121	Eberesche	1	4					
					1653	376	Ahorn	2	3
626	121	Ahorn	2	1	1653	376	Erle	4	5
626	121	Hasel	1	4	1653	376	Birke	1	4
626	121	Weißdorn cf.	1	4	1653	376	Rotbuche	12	6
626	121	Rotbuche	9	6	1653	376	Esche	4	1
626	121	Fichte-Lärche-Typ	4	6	1653	376	Weide-Pappel-Typ	1	1
626	121	Steinobstgewächs	1	1					
626	121	Weide-Pappel-Typ	1	3	1677	221	Erle	1	3
626	121	Eberesche	1	4	1677	221	Birke	3	5
					1677	221	Rotbuche	12	5
628	121	Hainbuche	1	4	1677	221	Fichte-Lärche-Typ	4	3
628	121	Hasel	7	2					
628	121	Rotbuche	3	6	1679	221	Erle	1	15
628	121	Esche	4	2	1679	221	Rotbuche	8	11
628	121	Fichte-Lärche-Typ	2	3	1679	221	Fichte-Lärche-Typ	5	11
628	121	Weide-Pappel-Typ	3	4	1679	221	Weide	2	5
					1679	221	Weide-Pappel-Typ	1	4
766	220	Ahorn	3	5	1679	221	Eberesche	1	8
766	220	Erle	3	5					
766	220	Hasel	4	4	1683	276	Ahorn	1	1
766	220	Rotbuche	8	8	1683	276	Hasel	1	1
766	220	Fichte-Lärche-Typ	1	8	1683	276	Rotbuche	57	12
766	220	Weide-Pappel-Typ	1	8	1683	276	Fichte-Lärche-Typ	1	15
					1683	276	Weide-Pappel-Typ	13	1
1154	255	Ahorn	9	2					
1154	255	Hasel	8	2	1735	276	Erle	7	9
1154	255	Esche	3	2	1735	276	Birke	2	3
1154	255	Fichte-Lärche-Typ	1	3	1735	276	Rotbuche	39	7
					1735	276	Weide	1	3
1186	276	Birke	2	3	1735	276	Weide-Pappel-Typ	2	1
1186	276	Rotbuche	14	5					
1186	276	Esche	4	6	1831	61	Ahorn	1	8

F-Nr.	Bef.	Holzart	Anzahl	mD	F-Nr.	Bef.	Holzart	Anzahl	mD
1831	61	Birke	1	4	3576	918	Eberesche	1	8
1831	61	Hasel	1	8					
1831	61	Rotbuche	3	8	3579	504	Ahorn	7	1
1831	61	Fichte-Lärche-Typ	1	8	3579	504	Erle	2	1
1831	61	Weide	1	8	3579	504	Weide	3	1
1831	61	Weide-Pappel-Typ	1	4	3579	504	Weide-Pappel-Typ	4	2
					3579	504	Linde	4	1
1837	374	Rotbuche	9	7					
1837	374	Esche	1	4	3580	942	Erle	3	2
1837	374	Fichte-Lärche-Typ	1	0	3580	942	Birke	7	5
					3580	942	Hasel	9	1
1981	520	Hasel	5	6	3580	942	Rotbuche	15	9
1981	520	Rotbuche	12	8	3580	942	Esche	9	2
					3580	942	indet	1	4
2198	214	Erle	1	4	3580	942	Fichte-Lärche-Typ	21	5
2198	214	Hasel	1	1	3580	942	Populus	1	15
2198	214	Rotbuche	4	7	3580	942	Weide-Pappel-Typ	1	3
					3580	942	Eibe	3	3
2459	480	Ahorn	1	8					
2459	480	Rotbuche	3	8	3583	910	Erle	1	15
2459	480	Weide-Pappel-Typ	3	4	3583	910	Hasel	4	5
					3583	910	Rotbuche	9	8
2467	95	Erle	1	8	3583	910	Fichte-Lärche-Typ	1	4
2467	95	Birke	7	5					
2467	95	Rotbuche	27	6	3587	913	Ahorn	9	2
2467	95	Fichte-Lärche-Typ	6	5	3587	913	Rotbuche	3	3
					3587	913	Fichte-Lärche-Typ	1	4
2477	646	Rotbuche	19	4	3587	913	Weide-Pappel-Typ	2	3
2477	646	Weide-Pappel-Typ	1	4					
					3592	624	Birke	5	5
2478	544	Ahorn	1	4	3592	624	Rotbuche	8	6
2478	544	Rotbuche	14	6	3592	624	Fichte-Lärche-Typ	2	4
2981	0	Ahorn	1	4	3596	770	Birke	1	4
2981	0	Rotbuche	2	4	3596	770	Hasel	9	2
2981	0	indet	2	0	3596	770	Rotbuche	3	8
					3596	770	Esche	3	1
2988	480	Ahorn	1	8					
2988	480	Rotbuche	3	4					
3575	283	Hasel	7	3					
3575	283	Rotbuche	9	5					
3575	283	Linde	4	5					
3576	918	Ahorn	2	1					
3576	918	Hasel	2	3					
3576	918	Rotbuche	8	6					
3576	918	Fichte-Lärche-Typ	8	6					
3576	918	Weide-Pappel-Typ	1	1					

Tab. 19 Huneberg: Fundnummern (F-Nr.) und Befunde (Bef.) mit überwiegend Pioniergehölzen oder Schwachholznutzung.

F-Nr.	Bef.	Holzart	Anzahl	mD	F-Nr.	Bef.	Holzart	Anzahl	mD
233	93	Ahorn	2	8	1838	374	Rotbuche	4	15
233	93	Rotbuche	4	15					
233	93	Esche	1	1	1839	259	Rotbuche	15	10
233	93	Ulme	1	15	1839	259	Linde	3	11
363	120	Ahorn	1	15	1841	339	Ahorn	19	13
363	120	Rotbuche	8	10	1841	339	Rotbuche	75	11
363	120	Fichte-Lärche-Typ	1	15	1841	339	Fichte-Lärche-Typ	1	8
					1841	339	Linde	1	8
546	95	Ahorn	1	15					
546	95	Rotbuche	15	10	2084	81	Ahorn	1	15
					2084	81	Rotbuche	6	10
769	234	Rotbuche	20	14					
769	234	Ahorn	2	11	2194	413	Ahorn	5	4
					219	413	Rotbuche	1	8
770	220	Erle	2	1					
770	220	Rotbuche	42	11	2195	287	Ahorn	1	8
770	220	Fichte-Lärche-Typ	7	11	2195	284	Rotbuche	3	8
770	220	Eberesche	3	3					
					2428	333	Ahorn	1	15
1427	307	Ahorn	1	15	2428	333	Rotbuche	18	9
1427	307	Erle	3	10	2428	333	Linde	1	15
1427	307	Rotbuche	11	12					
					2461	356	Erle	2	15
1475	318	Ahorn	1	15	2461	356	Birke	10	8
1475	318	Rotbuche	23	9	2461	356	Rotbuche	17	11
					2461	356	Fichte-Lärche-Typ	10	12
1536	280	Birke	1	15					
1536	280	Rotbuche	15	10	2646	624	Ahorn	1	15
					2646	624	Rotbuche	24	11
1538	342	Ahorn	2	15					
1538	342	Rotbuche	6	14	2798	624	Ahorn	1	15
					2798	624	Rotbuche	18	6
1540	345	Ahorn	4	10	2798	624	Esche	1	15
1540	345	Rotbuche	12	12					
					2984	760	Birke	1	15
1591	362	Rotbuche	4	6	2984	760	Rotbuche	1	15
1591	362	Fichte-Lärche-Typ	2	8					
					3582	283	Rotbuche	9	9
1828	249	Rotbuche	1	15	3582	283	Ulme	7	10
1828	249	Fichte-Lärche-Typ	14	5					
1828	249	Linde	1	15	3600	689	Ahorn	1	8
					3600	689	Birke	2	6
1829	464	Erle	1	3	3600	689	Hainbuche	1	4
1829	464	Rotbuche	7	12	3600	689	Rotbuche	5	11
1829	464	Linde	3	9	3600	689	Fichte-Lärche-Typ	1	15
					3600	689	Eberesche	1	8
1838	374	Ahorn	1	8	3600	689	Ulme	1	15
1838	374	Erle	1	15					

Tab. 20 Huneberg: Fundnummern (F-Nr.)
und Befunde (Bef.) mit überwiegender Klimaxgattungen oder Starkholznutzung.

als auch die Erle auf feuchten Standorten werden aufgrund ihrer starken Stockauschlagfähigkeit durch eine niederwaldartige Wirtschaftsweise gefördert (ELLENBERG 1996, TÜRK 1996, CONRADY 2007). Besonders die Buche wird durch häufigen Holzschlag gegenüber diesen Arten benachteiligt. Eine Nutzung des Waldes als Waldweide findet sich im Harzvorland schon seit dem Neolithikum (BEUG 1992, VOIGT 2006) und die Eichenhudewälder spielten in der bäuerlichen Subsistenzwirtschaft eine wichtige Rolle im Harzvorland (BEGEMANN 2003). Die Entwicklung hin zu Nieder- und Mittelwäldern lässt sich im Vorland auch anhand von Meilerholzkohlen fassen (HILLEBRECHT 1982). Bereits im 15. Jahrhundert entwickelte sich im Harz eine ausgeprägte Niederwaldwirtschaft (SEIDENSTICKER 1896). Ob es sich auch im Bereich des Johanneser Kurhauses um eine Form der Niederwaldwirtschaft handelt, ist schwer zu klären. Die mittleren Durchmesser der oben genannten Arten sind gering und sprechen für die Nutzung von Schwachholz, das wahrscheinlich kaum einen Durchmesser von mehr als 10 cm besaß. Jedoch können kleine Durchmesser durchaus auch das Resultat einer Niederwaldwirtschaft mit kurzen Umtriebszeiten von 10–20 Jahren sein (HILLEBRECHT 1982). Allerdings wurden periodisch genutzte Hütten nach erneuter Bestockung des Gebietes erneut genutzt (BARTELS et al.

2001). Die hohen Anteile von Hainbuche und Eiche im Fundspektrum des Johanneser Kurhauses deuten, neben der bevorzugten Nutzung von Fichte, auf einen eventuellen Transport aus dem Umland hin.

Vergleich mit mitteleuropäischen Mittelgebirgen

Im Vergleich zu den Holzkohlespektren aus Meilerplätzen (HILLEBRECHT 1982) sind die Schmelzplätze des 10. bis 11. Jahrhunderts (Schnapsweg, Kötental, Schildautal) artenärmer. In dieser Zeit standen den Hüttenleuten noch ausreichend große Buchen- und Ahornbäume zur Verfügung, so dass es im Gegensatz zu den Meilerplätzen zu einer Bevorzugung der Buche bei der Kupferverhüttung kam. Die Buche stellt bei Untersuchungen im Rothaargebirge (SPEIER 1994), dem Schweizer Jura (PELET 1993) und in Frankreich (vgl. DUNIKOWSKI, CABBOL 1996, PLEINER 2000) auch im Zusammenhang mit der Eisenbearbeitung den höchsten Anteil im Holzkohlespektrum. Dass dies nicht zwingend der Fall sein muss, zeigt der Schmelzplatz Rabental. Zwar wurde hier Bleiglanz auf Silber und Blei verhüttet, eine Selektion auf bestimmte Holztaxa ließ sich aber nicht feststellen. Stattdessen wurde das Holzangebot der Umgebung genutzt. Wie in anderen Mittelgebirgen

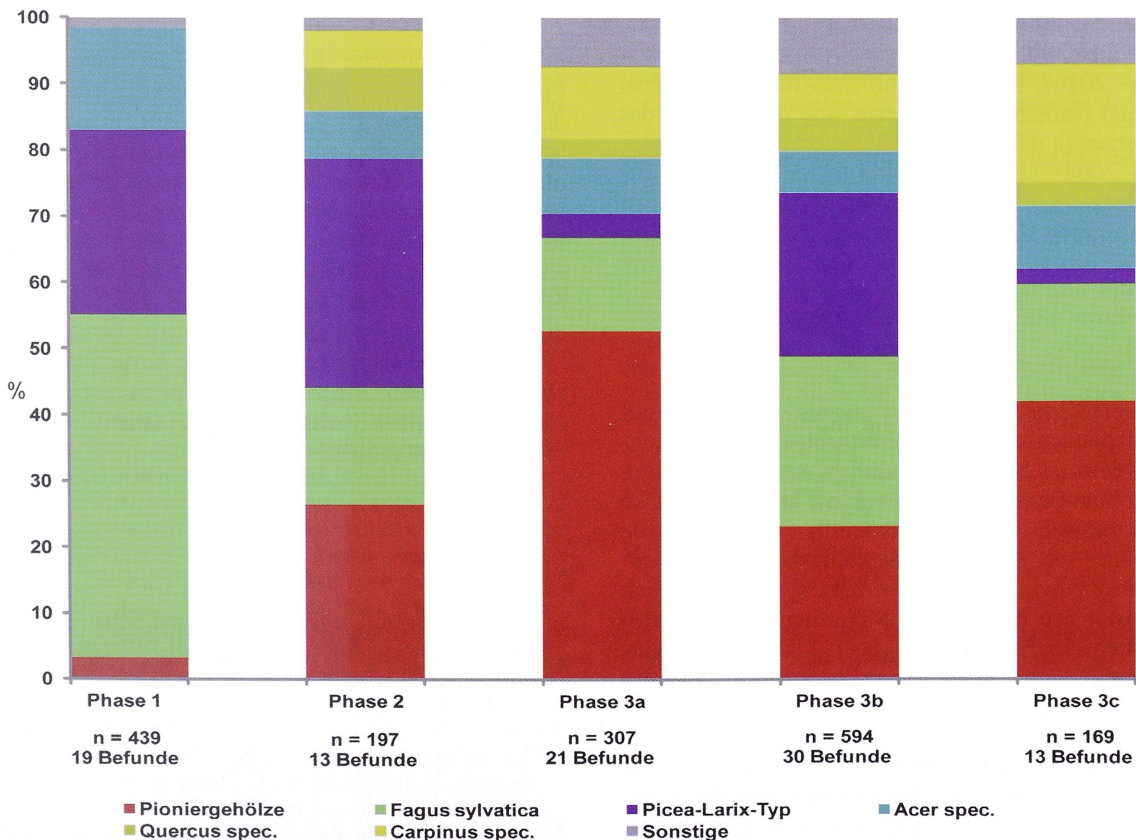


Abb. 23 Prozentualer Anteil der Holztaxa in den verschiedenen Phasen des Johanneser Kurhauses.

auch (vgl. LUDEMANN 1996; 1999. LUDEMANN, NELLE 2002. NELLE 2002. NÖLKEN 2005) sind die Hütten des 12. Jahrhunderts deutlich artenreicher als die Meiler gleicher Zeit. Im Vergleich zu diesen sind die G/N-Werte der Holzkohlen aus dem Harz sehr klein. Kleine Holzstärken wurden von LUDEMANN (1996) auch im Schwarzwald gefunden und als eine Form der Selektion interpretiert, da zeitgleich auch Stammholz vorhanden war. Als Vorteil werden hierbei die einfachere Aufbereitung, der leichtere Transport und die größere Oberfläche benannt. Einen Überblick über die Literatur zur selektiven Holznutzung durch Köhlerei und Montangewerbe gibt NELLE (2002). In den untersuchten Holzkohleproben aus fünf Verhüttungsplätzen und einer Montansiedlung im Harz konnten letztendlich keine eindeutigen Hinweise auf Selektion für unterschiedliche Zweige des metallverarbeitenden Gewerbes auf verschiedene Holztaxa gefunden werden. Bei Analysen von Relikten der Holzkohlewirtschaft und des Montanwesens im Sulzbachtal konnte LUDEMANN (1996) dagegen für das Mittelalter eine Selektion auf Laubbölzer feststellen. Diese Phase der Holznutzung im Sulzbachtal während des 10.–12. Jahrhunderts zeichnet sich durch die Nutzung von Holz mit kleinen Durchmesser aus. Bei weiteren Untersuchungen in Mittelgebirgen ließen sich zwar regionale Unterschiede in den Holzkohlespektren feststellen, diese stehen aber eher in Verbindung mit standörtlichen Unterschieden innerhalb des Untersuchungsgebietes (LUDEMANN 1996; 2003; 2006a; 2007; 2010. LUDEMANN, BRITSCH 1997. NELLE 2001; 2003. LUDEMANN, NELLE 2002. NELLE et al. 2010). Der Frage, ob man für den Bergbau bevorzugt Nadelhölzer einsetzte, wie das u.a. für das Feuersetzen in den Alpen nachgewiesen wurde (HEISS, OEGGEL 2008), konnte aufgrund fehlender Proben aus dem direkten Umfeld von Stollen nicht nachgegangen werden. In den Halden fanden sich hierauf keine Hinweise.

Fazit

Im niedersächsischen Teil des Harzes wurden an fünf Schmelzplätzen und einer Montansiedlung Holzkohlen aus dem 10. bis 13. Jahrhundert untersucht. Insgesamt konnten aus 561 Proben 5850 Holzkohlestücke holzanatomisch bestimmt und den fünf Größenklassen zugeordnet werden. Die Holzkohlespektren der untersuchten Fundplätze im Oberharz spiegeln deutlich den drastischen Eingriff des Menschen auf die Waldzusammensetzung wider. Im 10.–11. Jahrhundert wurden primär Bäume eines Ahorn-Buchen-Mischwaldes genutzt. Hierbei kam es bei der Kupferverhüttung zu einer Selektion auf Buchenholzkohlen (Schnapsweg, Köental, Schildautal). Weiter zeigt sich, dass zu dieser Zeit die Fichte bereits auf Sonderstandorten abseits ihres Kernareals in den Hochlagen des Harzes verbreitet war (Rabental, Johanneser Kurhaus, Huneberg). Der steigende Raubbau an den Wäldern des Harzes in den

folgenden Jahrhunderten zeigt sich in den Holzkohlespektren der unterschiedlichen Phasen des Johanneser Kurhauses anhand hoher Anteile an Pioniergehölzen und kleineren Durchmesser der genutzten Hölzer. In den mit Metallurgie in Zusammenhang stehenden Befunden der Montansiedlung Johanneser Kurhaus fanden sich keine Hinweise auf eine Selektion auf bestimmte Holzkohlen, wie dies häufig für die Neuzeit in der Literatur beschrieben wird. Das verarbeitende Montangewerbe nutzte folglich das komplette Spektrum der verfügbaren Hölzer ohne Schonung bestimmter Arten. Ob es sich bei der Bevorzugung der Buche bei der Kupferverhüttung um eine singuläre Erscheinung der untersuchten Schmelzplätze handelt, oder ob die Hüttenleute im 10. bis 11. Jahrhundert im ganzen Harz Buchen bevorzugten, muss durch weitere anthrakologische Analysen an Schmelzplätzen untersucht werden. Hinsichtlich der Nutzung und kleinräumigen Verbreitung der Fichte bedarf es ebenfalls weiterer Untersuchungen an Relikten mittelalterlicher Erzverhüttung. In den analysierten Proben fand sich die Fichte mehrheitlich in Zusammenhang mit der Blei- und Silberproduktion. Interessant sind nun vor allem Holzkohleuntersuchungen an Verarbeitungsorten von Oberharzer Gangerzen, um zu klären, welche Rolle die Fichte bei der Blei- und Silberproduktion spielte.

Danksagung

Die archäologische Bearbeitung der untersuchten Fundplätze und die Probenentnahme vor Ort erfolgten durch die Herren Dr. Lothar Klappauf, Friedrich-Albert Linke (Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege – Arbeitsstelle Montanarchäologie) und Herrn Dr. Götz Alper (Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt). Allen drei danke ich sehr für das Bereitstellen der Proben, die fortlaufende Unterstützung/archäologische Betreuung und die vielen interessanten Diskussionen. Weiter danke ich ganz herzlich Prof. Dr. Wiebke Kirleis und Prof. Dr. Oliver Nelle. Ohne sie und ihre permanente Unterstützung wäre die Realisierung und Durchführung des Projektes nicht möglich gewesen.

LITERATUR:

- ALPER, G. 1998: Mittelalterliche Blei- und Silberverhüttung beim Johanneser Kurhaus, Clausthal-Zellerfeld (Harz). Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 67, 1998, 87–135.
- ALPER, G. 2003: „Johanneser Kurhaus“. Ein mittelalterlicher Blei-/Silbergewinnungsplatz bei Clausthal-Zellerfeld im Oberharz. Materialhefte zur Ur- und Frühgeschichte Niedersachsens 32. Rahden/Westfalen, 2003.
- ALPER, G. 2008: The Eastern Harz Mountains during the Middle Ages – the Impact of Mining and Metal Production. Proceedings of the International Conference Cultural

- Heritage and Landscape in Europe. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 161, 2008, 467–488.
- ANDREA, C. 2003: Ergebnisse botanischer Makrorestanalysen an Bodenproben vom Johanneser Kurhaus in tabellarischer Form. In: G. Alper (Hrsg.), „Johanneser Kurhaus“. Ein mittelalterlicher Blei-/Silbergewinnungsplatz bei Clausthal-Zellerfeld im Oberharz. Materialhefte zur Ur- und Frühgeschichte Niedersachsens 32. Rahden/Westfalen 2003, 407–412.
- BARTELS, C. 2003: Die Entwicklung des Bergbaus im nord-westlichen Harz bis zum Beginn der Industrialisierung: Bergbau – eine Großveranstaltung? Siedlungsforschung – Archäologie – Geschichte – Geografie 21, 2003, 97–111.
- BARTELS, C., FESSNER, M., KLAPPAUF, L., LINKE, F.-A. 2001: Metallhütten und Verhüttungsverfahren des Goslarer Montanwesens. Entwicklung und Veränderungen des Hüttenwesens vom Mittelalter bis zur Schwelle der Industrialisierung nach Schriftquellen und archäologischen Befunden. In: C. Bartels, K.H. Kaufhold, R. Slotta (Hrsg.), Montanregion Harz 1. Bochum 2001, 265–278.
- BARTELS, C., FESSNER, M., KLAPPAUF, L., LINKE, F.-A. 2007: Kupfer, Blei und Silber aus dem Goslarer Rammelsberg von den Anfängen bis 1620. Die Entwicklung des Hüttenwesens von den frühmittelalterlichen Schmelzplätzen im Wald bis zur Metallerzeugung im großen Maßstab am Beginn des 17. Jahrhunderts nach den archäologischen und schriftlichen Quellen. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbaumuseum Bochum 151 = Montanregion Harz 8. Bochum 2007.
- BEGEMANN, I. 2003: Palynologische Untersuchungen zur Geschichte von Umwelt und Besiedlung im südwestlichen Harzvorland (unter Einbeziehung geochemischer Befunde). Göttingen 2003.
- BENEKENDORF, K.F. 1787: Des Präsidenten von Benekendorf Gesetzbuch der Natur für den wirtschaftenden Landmann Oder allgemeine sowohl theoretische als praktische Grundsätze der deutschen Landwirtschaft, beides in ihrem Zusammenhange und besonderen Theilen. Halle 1787 (Verlag Des Waisenhauses).
- BEUG, H.-J. 1992: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen über die Besiedlung im Unteren Eichsfeld, Landkreis Göttingen, vom frühen Neolithikum bis zum Mittelalter. Neue Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen 20, 1992, 261–339.
- BEUG, H.-J., HENRION, I., SCHMÜSER, A. 1999: Landschaftsgeschichte im Hochharz. Goslar 1999.
- BLAICH, C.M. 2005: Montanarchäologische Untersuchungen im Pandelbach bei Münchehof/Seesen – durch Zisterzienser geprägte Kulturlandschaft. Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 25 (2), 2005, 49–51.
- BONEHOTE, J., DAVASSE, B., DUBOIS, C., IZARD, V., MÉTAILIÉ, J. P. 2002: Charcoal kilns and environmental history in the eastern Pyrenees (France). A methodological approach. In: S. Thiébault (Hrsg.), Charcoal analysis. Methodological approaches, palaeoecological results and wood uses. Proceedings of the Second International Meeting of Anthracology, Paris, September 2000, British Archaeological Reports International Series 1063. Oxford 2002, 219–228.
- BROCKNER, W. 2000: Archäometrische Untersuchungen an ausgewählten Grabungsfunden zur Erhellung der frühen Silbergewinnung in der Harzregion. In: C. Segers-Glocke (Hrsg.), Auf den Spuren einer frühen Industrielandschaft. Naturraum – Mensch – Umwelt im Harz. Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 21. Hameln 2000, 39–41.
- BROCKNER, W., KLEMENS, D., LEVEQUE, J., HAACK, U. 1999: Archäometrische Untersuchungen metallischer Funde aus Mittelbronze- bis Kaiser-zeitlichen Grabhügeln nahe Müllingen, Ldr. Hannover. Neue Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen 22, 1999, 143–157.
- CONRADY, D. 2007: Die Dynamik in Niederwäldern und ihre Bedeutung für den Naturschutz – Versuch einer Synthese. In: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Fachbericht 1: Niederwälder in Nordrhein-Westfalen – Beiträge zur Ökologie, Geschichte und Erhaltung. Nümbrecht-Elsenroth 2007.
- DAVASSE, B. 2000: Forêts charbonniers et paysans dans les Pyrénées de l'est, du Moyen Age à nos jours. Une approche géographique de l'histoire de l'environnement. Toulouse 2000.
- DEICKE, M. 2000: Geologie und Lagerstätten des Harzes. In: C. Segers-Glocke (Hrsg.), Auf den Spuren einer frühen Industrielandschaft. Naturraum – Mensch – Umwelt im Harz. Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 21. Hameln 2000, 42–46.
- DEICKE, M. 2003: Erdfallablagerungen des südlichen Harzvorlandes – Archive der Umweltgeschichte der letzten Jahrtausende. Göttingen 2003.
- DRACHENFELS, O. 1990: Naturraum Harz – Grundlagen für ein Biotopschutzprogramm. Naturschutz, Landschaftspflege Niedersachsen 19, 1990, 1–100.
- DUNIKOWSKI, C., CABBOL, S. 1996: La sidérurgie chez les Sénonis: Les ateliers celtiques et gallo-romains des Clérimois (Yonne). DOC. D'archéologie Française 51, Paris 1996.
- ELLENBERG, H. 1996: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Stuttgart 1996.
- HAUPTMEYER, C.-H. 1992: Bergbau und Hüttenwesen im Harz während des Mittelalters. In: K.H. Kaufhold (Hrsg.), Bergbau und Hüttenwesen im und am Harz. Veröffentlichungen der Historischen Kommission für Niedersachsen und Bremen / Quellen und Untersuchungen zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte Niedersachsens in der Neuzeit. Hannover 1992, 11–20.
- HEISS, G.A., OEGGEL, K. 2008: Analysis of the fuel wood used in Late Bronze Age and Early Iron Age copper mining sites of the Schwaz and Brixlegg area (Tyrol, Austria). Vegetation, History and Archaeobotany 17, 2008, 211–221.
- HETTWER, K. 1999: Stoffbestand und Schwermetall-Anomalien eines Moorprofils der Erdfallsenke „Silberhohl“ bei Seesen (Westharz). Unveröffentlichte Diplomarbeit Universität Göttingen. Göttingen 1999.
- HETTWER, K., DEICKE, M., RUPPERT, H. 2003: Fens in karst sinkholes – archives for long lasting immission chronologies. Water, Air and Soil Pollution 149, 2003, 364–384.
- HILLEBRECHT, L.M. 1982: Die Relikte der Holzkohlewirtschaft als Indikatoren für Waldnutzung und Waldentwicklung. Göttinger Geografische Abhandlungen 79. Göttingen 1982.
- HILLEBRECHT, L.M. 1989: Energiegewinnung auf Kosten der Umwelt. Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 9, 1989, 80–85.
- HILLEBRECHT, L.M. 2000: Der Wald als Energielieferant für das Berg- und Hüttenwesen. In: C. Segers-Glocke (Hrsg.), Auf den Spuren einer frühen Industrielandschaft. Naturraum – Mensch – Umwelt im Harz. Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 21. Hameln 2000, 39–41.
- KISON, H.-U., WERNECKE, J. 2004: Die Farn- und Blütenpflanzen des Nationalparks Hochharz. Forschungsbericht. Wernigerode 2004.
- KLAPPAUF, L. 1985: Ausgrabungen des frühmittelalterlichen Herrnsitzes von Düna/Osterode. In: K., Wilhelmi (Hrsg.), Ausgrabungen in Niedersachsen, Archäologische

- Denkmalpflege 1979-1984. Hannover 1985, 222–230.
- KLAPPAUF, L. 2000: Spuren deuten – Frühe Montanwirtschaft im Harz. In: C. Segers-Glocke (Hrsg.), Auf den Spuren einer frühen Industrielandschaft. Naturraum – Mensch – Umwelt im Harz. Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 21. Hameln 2000, 19–27.
- KLAPPAUF, L. 2003: 10 Jahre Montanarchäologie im Harz. Resümee und Ausblick. In: Th. STÖLLNER, G. KÖRLIN, G. STEFFENS, J. CIERNY (Hrsg.), Man and Mining – Mensch und Bergbau. Studies in honour of Gerd Weisgerber on occasion of his 65th birthday. Der Anschnitt Beiheft 16. Bochum 2003, 227–235.
- KLAPPAUF, L. 2009: Frühe Industrielandschaft Harz – Ein Bodenarchiv ersten Ranges. Die Kunde 60, 2009, 261–270.
- KLAPPAUF, L. 2011a: Montanarchäologie im Westharz. In: Landesamt für Archäologie (Hrsg.), Aufbruch unter Tage: Stand und Forschung der montanarchäologischen Forschung in Sachsen: Internationale Fachtagung Dipoldiswalde 9. bis 11. September 2010. Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege, Beiheft 22. Dresden 2011, 169–178.
- KLAPPAUF, L. 2011b: Kardamom, Holunderzweig und Lederschuh – archäologische Aspekte zum Alltagsleben im frühen Berg- und Hüttenwesen. In: W. Lampe, O. Langefeld (Hrsg.), 750 Jahre Sozialgeschichte im Bergbau: Vorträge aus dem Kolloquium am 20. Januar 2011 in Goslar. Clausthal-Zellerfeld 2011, 11–24.
- KLAPPAUF, L., BROCKNER, W. 2000: Der Harz als frühmittelalterliche Industrielandschaft. Abschlußbericht des Forschungsprojektes AZ II/70 959.
- KLAPPAUF, L., BARTELS, C., LINKE, F.-A., ASMUS, B. 2008: Das Montanwesen am Rammelsberg und im Westharz – Historische und archäologische Quellen zum 12. und 13. Jahrhundert. In: M. Brandt (Hrsg.), Bild und Bestie – Hildesheimer Bronzen der Stauferzeit. Hildesheim 2008, 65–76.
- KLAPPAUF, L., KAMMER, C. 2002: Montanarchäologen erforschen altes Montanrevier. Metall 4/56, 2002, 602–606.
- KLAPPAUF, L., LINKE, F.-A. 1990: Düna I: Das Bachbett vor Errichtung des repräsentativen Steingebäudes: Grundlagen zur Siedlungsgeschichte. Materialhefte zur Ur- und Frühgeschichte Niedersachsens 22. Hildesheim 1990.
- KLAPPAUF, L., LINKE, F.-A. 2000: Der Harz als frühmittelalterliche Industrielandschaft. Abschlußbericht des Forschungsprojektes AZ II/70 959.
- KLAPPAUF, L., LINKE, F.-A. 2004: Auf den Spuren technischer und sozialer Umwälzungen im hohen Mittelalter. Archäologie Land Niedersachsen, Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland Beiheft 42, 2004, 184–187.
- KLAPPAUF, L., LINKE, F.-A., HEGERHORST, K., BROCKNER, W., BACHMANN, H.G. 1998: Kupfer-, Blei- und Silbergewinnung während des 10. Jahrhunderts n. Chr. – Grabung Schnapsweg, Forst Lauthenthal Ldkr. Goslar. Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 18, 1998, 179–182.
- KLUGE, B. 2001: Sachsenpfennig und Otto-Adelheid-Pfennige. Anfänge und Dimensionen der Münzprägung in Magdeburg und Sachsen zur Zeit der Ottonen. In: M. Puhle (Hrsg.), Otto der Große, Magdeburg und Europa I. Mainz 2001, 417–426.
- KRONZ, A., HARRIES, D., SIMON, K. 2006: Materialanalytische Untersuchungen am Spätbronze- bis frühneuzeitlichen Metallinventar der Lichtensteinhöhle bei Dorste, Niedersachsen. In: O. Hahn, H. Stege (Hrsg.), Archäometrie und Denkmalpflege – Kurzberichte. Stuttgart 2006, 47–49.
- LEHMANN, R. 2011: Archäometallurgie von mittelalterlichen deutschen Silberbarren und Münzen. Hannover 2011.
- LINKE, F.-A. 1998: Kupferschmelzöfen. Archäologie in Deutschland 1, 1998, 42.
- LIESSMANN, W. 2011: Historischer Bergbau im Harz – Kurzfürer. Heidelberg, Dordrecht, London, New York 2011.
- LUDEMANN, T. 1996: Die Wälder im Sulzbachtal (Südwest-Schwarzwald) und ihre Nutzung durch Bergbau und Köhlerei. Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortkunde und Forstpflanzenzüchtung 38, 1996, 87–118.
- LUDEMANN, T. 1999: Holzkohle – Energiequelle für den Bergbau, Informationsquelle für die Wissenschaft. Archäologische Informationen aus Baden-Württemberg 41, 1999, 123–129.
- LUDEMANN, T. 2003: Large-scale reconstruction of ancient forest vegetation by anthracology – a contribution from the Black Forest. Phytocoenologia 33, 2003, 645–666.
- LUDEMANN, T. 2006a: Holzkohle als Archiv der Geschichte und Geobotanik – Ergebnisse und Potenzial anthrakologischer Forschungen im Mittelgebirgsraum Zentraleuropas. Habilitationsschrift Universität Freiburg, Fakultät für Biologie, Geobotanik, Freiburg 2006.
- LUDEMANN, T. 2006b: Anthracological analyses of recent charcoal-burning in the Black Forest, SW Germany. In: A. Dufraisse (Hrsg.), Charcoal Analyses: New Analytical Tools and Methods for Archaeology. British Archaeological Reports, International Series 1483. Oxford 2006, 61–70.
- LUDEMANN, T. 2007: Das Abbild der natürlichen Vegetation in der historischen Waldnutzung – Synthese anthrakologischer Studien im Mittelgebirgsraum Zentraleuropas. Berichte der Reinholt-Tüxen-Gesellschaft 19, 2007, 7–22.
- LUDEMANN, T. 2008: Experimental charcoal burning with special regard to anthracological wood diameter analyses. In: G. Fiorentino, D. Magri (Hrsg.), Charcoal from the Past: Cultural and Palaeoenvironmental Implications. British Archaeological Reports, International Series 1807. Oxford 2008, 147–158.
- LUDEMANN, T., BRITSCH, T. 1997: Wald und Köhlerei im nördlichen Feldberggebiet/Südschwarzwald. Mitteilung badischer Landesverein Naturkunde Naturschutz N.F. 16, 1997, 487–526.
- LUDEMANN, T., NELLE, O. 2002: Die Wälder am Schauinsland und ihre Nutzung durch Bergbau und Köhlerei. Freiburger Forstliche Forschung 15. Freiburg 2002.
- MARGUERIE, D., HUNOT, Y.-J. 2007: Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in north-western France. Journal of Archaeological Science 34, 2007, 1417–1433.
- MATSCHULLAT, J., NIEHOFF, N., PÖRTGE, K.H. 1992: Bergbau- und Zivilisationsgeschichte am Beispiel eines Auenlehmprofils der Oker, Niedersachsen. Neue Bergbautechnik 22/8, 1992, 322–326.
- MATSCHULLAT, J., ELLMINGER, F., AGDEMIR, N., CRAMER, S., LIESSMANN, W., NIEHOFF, N. 1997: Overbank sediment profiles – evidence of early mining and smelting activities in the Harz mountains, Germany. Applied Geochemistry 12, 1997, 105–114.
- MAYER, H. 1980: Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. Stuttgart, New York 1980.
- MOHR, K. 1993: Geologie und Minerallagerstätten des Harzes. Stuttgart 1993.
- NELLE, O. 2001: Der Wald vor zweihundert Jahren – Naturwissenschaftliche Untersuchungen von Köhlereirelikten bei Ringelai (Lkr. Freyung-Grafenau). Ostbairische Grenzmarken 43, 2001, 69–75.
- NELLE, O. 2002: Zur holozänen Vegetations- und Waldnutzungsgeschichte des Vorderen Bayerischen Waldes anhand von Pollen- und Holzkohleanalysen. HOPPEA, Denkschriften der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft 63, 2002, 161–361.

- NELLE, O. 2003: Woodland history of the last 500 years revealed by anthracological studies of charcoal kiln sites in the Bavarian Forest, Germany. *Phytocoenologia* 33, 2003, 667–682.
- NELLE, O., DREIBRODT, S., DANNATH, Y. 2010: Combining pollen and charcoal: evaluating Holocene vegetation composition and dynamics. *Journal of Archaeological Science* 37, 2010, 2126–2135.
- NIEHOFF, N., MATSCHULLAT, J., PÖRTGE, K. 1992: Bronzezeitlicher Bergbau im Harz? *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 92, 1992, 12–14.
- NÖLKEN, W. 2005: Holzkohleanalytische Untersuchungen zur Waldgeschichte der Vogesen. Freiburg 2005.
- OBERDORFER, E. 2001: Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. Stuttgart 2001.
- OELKERS, J. 1959: Klimaansprüche der Baumarten und Klimazahlen der nordwestdeutschen Landkreise. In: R. Müller (Hrsg.), *Grundlagen der Forstwirtschaft*. Hannover 1959, 836–843.
- PELET, P.-L. 1993: Une industrie reconnue: fer, charbon, acier dans le pays de Vaud. – *Cahiers d'Archéologie Romande* 60, 1993, 1–142.
- PLEINER, C. 2000: Iron in Archaeology: The European Bloomery Smelters. Prag 2000.
- QUACK, M. 2004: Molekulargenetische Untersuchungen zur Variabilität der Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.) in Deutschland. Trier 2004.
- RUBNER, K. 1953: Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaues. Radebeul, Berlin 1953.
- SCHLÄPFER, P., BROWN, C.R. 1948: Über die Struktur der Holzkohlen. EMPA-Bericht (Eidgenössische Materialprüfungs- und Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe) 153. Zürich 1948, 1–121.
- SCHUBERT, R., Hilbig, W., Klotz, S. 2001: *Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Deutschlands*. Heidelberg, Berlin 2001.
- SCHWEINGRUBER, F.H. 1990a: *Anatomie europäischer Hölzer*. Bern, Stuttgart 1990.
- SCHWEINGRUBER, F.H. 1990b: *Mikroskopische Holzanatomie*. Eidgenössische Anstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Birmensdorf 1990.
- SEIDENSTICKER, A. 1896: *Rechts- und Wirtschaftsgeschichte norddeutscher Forsten besonders im Lande Hannover*, 2. Göttingen 1896.
- SITTE, P., ZIEGLER, H., EHRENDORFER, F., BRESINSKY, A. 2002: „Strasburger“ – *Lehrbuch der Botanik für Hochschulen*. Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm 2002.
- SPEIER, M. 1994: Vegetationskundliche und paläoökologische Untersuchungen zur Rekonstruktion prähistorischer und historischer Landnutzung im südlichen Rothaargebirge. *Abhandlungen Westfälisches Museum für Naturkunde* 56, 1994, 1–174.
- SPRENGEL, K. 1971: *Theophrasts Naturgeschichte der Gewächse*. Übersetzt und erläutert von K. Sprengel (1822, Nachdruck 1971) Band 1 Übersetzung, Band 2 Erläuterungen. Darmstadt 1971.
- STÖCKER, G. 1990: Die Vegetationseinheiten der Höhenstufen des Harzes. In: Kraftzweig e.V. (Hrsg.), *Tourismus und Nationalpark Harz*. Clausthal-Zellerfeld 1990, 16–24.
- TÜRK, W. 1996: Die Hainbuche in der realen und der potentiellen natürlichen Vegetation Mitteleuropas unter besonderer Berücksichtigung Bayerns. In: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.), *Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft*, Beiträge zur Hainbuche. Freisingen 1996, 1–87.
- VON KORTZFLEISCH, A. 2008: *Die Kunst der schwarzen Gesellen, Köhlerei im Harz*. Clausthal-Zellerfeld 2008.
- VOIGT, R. 2006: Settlement history as reflection of climate change: the case study of Lake Jues (Harz Mountains, Germany). *Geografiska Annaler A, Physical Geography* (2), 2006, 97–105.
- WALTER, H. 1986: *Allgemeine Geobotanik*. Stuttgart 1986.
- WILLERDING, U. 2000a: Die Landschaft Harz. In: C. Segers-Glocke (Hrsg.), *Auf den Spuren einer frühen Industrielandschaft*. Naturraum – Mensch – Umwelt im Harz. Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 21. Hameln 2000, 47–54.
- WILLERDING, U. 2000b: Ernährung. In: C. Segers-Glocke (Hrsg.), *Auf den Spuren einer frühen Industrielandschaft*. Naturraum – Mensch – Umwelt im Harz. Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 21. Hameln 2000, 66–70.
- WISSKIRSCHEN, R., HAEUPLER, H. 1998: *Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands*. Stuttgart 1998.

Anschrift des Verfassers: