
**Habitat Harz:
Paläobotanische Untersuchungen zur
Umweltgeschichte eines Mittelgebirges**

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

Hannes Knapp

Kiel, 2012

Referentin: Prof. Dr. Wiebke Kirleis

Korreferent: Prof. Dr. Hans-Rudolf Borg

Tag der mündlichen Prüfung: 14.09.2012

Zum Druck genehmigt: 14.09.2012

gez. Prof. Dr. Wolfgang J. Duschl, Dekan

Eidesstattliche Erklärung

Abgesehen von der Beratung meiner beiden Betreuer ist die vorliegende Arbeit meine eigene. Die Texte der Arbeit wurden nicht an anderen Stellen im Rahmen eines Prüfungsverfahrens vorgelegt, veröffentlicht oder zur Veröffentlichung eingereicht. Die Arbeit entstand weiter unter Einhaltung der guten wissenschaftlichen Praxis der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Hannes Knapp

Vorwort

Allen voran danke ich Frau Prof. Dr. Wiebke Kirleis für die Übernahme der Betreuung, die uneingeschränkte Unterstützung und das entgegengebrachte Vertrauen. Dies und Ihre engagierte sowie fachliche Betreuung hat die Fertigstellung dieser Arbeit erst ermöglicht.

Ganz herzlicher Dank gilt auch Herrn PD. Dr. Oliver Nelle, der mich in die Holzkohleanalyse einführte und mir in vielen Feldaufenthalten zeigte, wie praktisch die Handhabung des Usinger-Bohrers ist. Darüber hinaus stand er mir immer mit fachlichem Rat hilfreich zur Seite. Es war eine große Freude und Bereicherung mit meinen beiden Betreuern zusammenzuarbeiten. Herrn Dr. Lothar Klappauf und seinen Kollegen von der Montanarchäologie Harz sei ebenfalls ganz herzlich für die archäologische Betreuung und die überaus nette und produktive Zusammenarbeit gedankt. Gleiches gilt auch für Herrn Dr. Götz Alper!

Ebenso möchte ich meiner Arbeitsgruppe am Institut für Ur- und Frühgeschichte für die freundschaftliche und gute Arbeitsatmosphäre danken. Es hat immer sehr viel Spaß gemacht! Namentlich sei hier ganz besonders Herrn Dr. Helmut Kroll und Dipl.-Biol. Edeltraud Tafel gedankt, die mich immer für einen Kaffee und ein nettes Gespräch bei sich aufgenommen haben. Zudem danke ich beiden für die Unterstützung bei der Bestimmung der botanischen Großreste. Edeltraud danke ich darüber hinaus ganz herzlich für die kritische und konstruktive Durchsicht verschiedener Manuskripte und vor allem dieser Arbeit – Danke!

Ein besonderes Dankeschön gilt Dr. Hans-Ulrich Kison und Dr. Andrea Kirzinger von Nationalpark Hochharz für die Erlaubnis im wunderschönen Harz arbeiten zu können und die Hilfe die Sie mir bei den vielen Feldaufenthalten zukommen ließen. Dank gebührt auch den verschiedenen Revierleitern, die mir wertvolle Hinweise zu Meilerplätzen im Harz gaben.

Ein ganz besonderer Dank geht an meinen Kollegen Dr. Vincent Robin für seine großartige Hilfe und die unzähligen tollen Stunden im Harz. Für die wertvolle Unterstützung bei der Aufbereitung der Proben für die Pollenanalyse und der anschließenden Auswertung danke ich ganz herzlich Dipl.-Biol. Yasmin Dannath. An dieser Stelle sei sowohl dankend dem Praktikanten Julius als auch der Diplomandin Marina Lapotko gedacht, die mit mir viel Zeit bei der Aufbereitung und Analyse der Kerne des Sonnenberger Moores verbrachten. Hier muss auch der unermüdliche Einsatz der „Coring-Crew“ (Marta Dal Corso, Daniela Moser, Caroline Bogner und Dr.

Vincent Robin) gewürdigt werden. Vor allem Frau Caroline Bogner hat sich in den zurückliegenden drei Jahren als „spitzen HiWi“ bewährt. Herrn Dr. Robert Moschen und Herrn Dr. Andreas Lücke danke ich herzlich für die fachlichen Einblicke in das Themengebiet der Isotopenforschung und die gute Zusammenarbeit am Forschungszentrum Jülich.

Für die finanzielle Unterstützung gebührt der Deutschen Forschungsgemeinschaft Dank und auch für die großzügige und exzellente Förderung der Graduiertenschule „Human Development in Landscapes“ möchte ich an dieser Stelle danken. Dank gilt auch den vielen weiteren Kollegen für inspirierende Diskussionen und Hilfe bei auftauchenden Problemen, genannt seien exemplarisch meine Mentorin PD. Dr. Mara Weinelt, Dr. Marie-Josée Nadeau, Dr. Walther Dörfler, Dr. Ingo Feeser, Prof. Dr. Hans-Rudolf Bork, Dipl.-Biol. Jürgen Schmidt, Wolf-Dieter Steinmetz, Carola Floors und Dr. Björn Rickert. Ein großes Dankeschön auch an Rhina Colunge für Ihre Geduld und Unterstützung bei der Bearbeitung der ganzen Anträge und Abrechnungen für die Graduiertenschule.

Meinen Freunden aus Frankfurt am Main bin ich für die Geduld und Rückenstärkung, die sie mir während der Zeit im entfernten Kiel zukommen ließen, sehr verbunden.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern und meiner Familie. Vielen, vielen Dank das Ihr immer da wart.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	II
Zusammenfassung	VIII
Abstract	X
Abbildungsverzeichnis	XII
Tabellenverzeichnis	XVI
Abkürzungsverzeichnis	XX
1 Einleitung	1
2 Untersuchungsgebiet	4
2.1 Naturraum	4
2.2 Böden und Geologie.....	5
2.3 Klima	7
2.4 Vegetationsgeschichte des Harzes.....	8
2.5 Vegetation	11
2.6 Abriss der Siedlungs- und Bergbaugeschichte.....	12
2.7 Archäologische Fundplätze und Befunde.....	15
2.7.1 Johanneser Kurhaus.....	16
2.7.2 Huneberg	17
2.7.3 Schnapsweg	18
2.7.4 Kötental.....	18
2.7.5 Rabental – Tannhai	18
2.7.6 Schildautal	19
2.7.7 Düna	19
3 Methodik	20
3.1 Pollenanalyse	20
3.1.1 Geländemethoden	20
3.1.2 Labormethoden.....	20
3.1.3 Datenerhebung und Darstellung.....	21
3.2 Holzkohleanalyse	22
3.2.1 Meilerplätze im Gelände	22
3.2.2 Holzartbestimmung.....	23
3.2.3 Dendro-Anthrakologie.....	26
3.3 Archäobotanik.....	28

4 Material	29
4.1 Pollenanalyse	29
4.1.1 Sonnenberger Moor	30
4.1.2 Blumentopfmoor	32
4.1.3 Brockenbettmoor	32
4.2 Holzkohlen aus Meilerplätzen	33
4.3 Holzkohlen und Pflanzenreste aus archäologischen Fundstätten	34
4.4 Radiometrische Altersdatierungen	34
5. Ergebnisse Palynologie	36
5.1 Sonnenberger Moor	36
5.1.1 Lithologie und Großreste	36
5.1.2 Datierungen und Alters-Tiefenmodell	36
5.1.3 Palynostratigrafie	37
5.2 Brockenbettmoor	41
5.2.1 Lithologie und Großreste	41
5.2.2 Datierungen und Alters-Tiefenmodell	41
5.2.3 Palynostratigrafie	41
5.3 Blumentopfmoor	44
5.3.1 Lithologie und Großreste	44
5.3.2 Datierungen und Alters-Tiefenmodell	44
5.3.3 Palynostratigrafie	44
6 Ergebnisse Meiler-Anthrakologie	48
6.1 Charakterisierung der erfassten Meilerplätze	48
6.1.1 Größe und Erhaltung der Meilerplätze	48
6.1.2 Höhenlage der Meilerplätze	49
6.1.3 Exposition der Meilerplätze	49
6.1.4 Kohleschicht.....	49
6.2 Übersicht der Ergebnisse	50
6.2.1 Holzkohleanalyse.....	50
6.3 Ergebnisse der einzelnen Transekte.....	51
6.3.1 Brockenbettmoor	51
6.3.2 Königsberg.....	52
6.3.3 Brocken	55
6.3.4 Drei-Annen-Hohne	56
6.3.5 Hohneklippen	57
6.3.6 Blumentopfmoor	58
6.3.7 Torfhaus.....	59
6.3.8 Sieber.....	60

6.3.9 Exklaven	61
7 Ergebnisse Archäo-Anthrakologie.....	64
7.1 Johanneser Kurhaus.....	64
7.1.1 Bodenproben	67
7.1.2 Holzkohleproben	67
7.1.3 Einzelne Befunde.....	69
7.2 Huneberg.....	76
7.2 Schnapsweg.....	68
7.3 Kötental	68
7.4 Rabental – Tannhai	69
7.5 Schildautal.....	70
8 Ergebnisse archäobotanischer Untersuchungen	87
8.1 Johanneser Kurhaus.....	87
8.2 Huneberg	89
8.3 Schnapsweg	90
8.4 Kötental.....	91
8.5 Düna	92
9 Zusammenfassende Diskussion und Interpretation	94
9.1 Umweltrekonstruktion durch Köhlereirelikte	94
9.1.1 Zeitliche Einordnung der Meilerplätze	94
9.1.2 Transekt Brocken – Königsberg	95
9.1.3 Transekt Hohneklippen und Drei-Annen-Hohne.....	96
9.1.4 Transekt Blumentopfmoor	97
9.1.5 Transekt Torfhaus.....	98
9.1.6 Transekt Sieber und Märchenwald	99
9.1.7 Zusammenfassung anthrakologische Umweltrekonstruktion	99
9.2 Umweltrekonstruktion durch die Pollenanalyse.....	100
9.2.1 Allgemeine Betrachtung und Einordnung der Moore	100
9.2.2 Blumentopfmoor	101
9.2.3 Brockenbettmoor	103
9.2.4 Sonnenberger Moor.....	105
9.3 Ernährung und Pflanzennutzung	108
9.4 Holznutzung und Raubbau durch Bergbau- und Siedlungswesen	112
9.4.1 Kupfer-Schmelzplätze des 10. Jahrhunderts.....	112
9.4.2 Silber-Schmelzplatz des 10. Jahrhunderts	113
9.4.3 Kupfer-Schmelzplatz des 12. Jahrhunderts.....	114
9.4.4 Silber-Schmelzplatz und Siedlung des 12. und 13. Jahrhunderts.....	116

9.4.5 Vergleich mit mitteleuropäischen Mittelgebirgen	122
10 Vergleich der Archive.....	123
11 Ausblick	125
13 Literaturverzeichnis	129
14 Anhang.....	147

Zusammenfassung

Im Harz wurden anthropogene und natürliche Archive (Moore, Meilerplätze und archäologische Fundstätten) paläobotanisch untersucht (Pollenanalyse, Holzkohleanalyse, Makrorestanalyse). Ziel des für den Harz neuen Methodenverbundes ist es, die regionale und lokale Umwelt- und Waldgeschichte des Harzes zu rekonstruieren und ein detaillierteres Bild auf die Mensch-Umwelt-Beziehung mit Schwerpunkt auf dem Mittelalter und der Neuzeit zu bekommen.

Erstmalig wurden hierzu für den Hochharz parallel zur Pollenanalyse auch Holzkohlepartikel an drei Bohrkernen aus Mooren (Sonnenberger Moor, Brockenbettmoor und Blumentopfmoor) erfasst, um die Feuergeschichte des Harzes zu rekonstruieren. Für eine standortsbezogene, kleinflächige Untersuchung der Waldentwicklung eignen sich speziell Holzkohleanalysen an Relikten der Köhlerei, hier insbesondere an Meilerplätzen als Orte der Holzkohleproduktion. Da diese im Harz für Höhenlagen ab etwa 600 m ü. NN bislang nicht vorliegen, wurden zur kleinräumigen Rekonstruktion der Waldentwicklung 58 Meilerplätzen im Hochharz anthrakologisch untersucht. Begleitend wurden sieben archäologische Fundstätten (Verhüttungs- und Siedlungsplätze) anthrakologisch und archäobotanisch untersucht. Der Vergleich zwischen Orten der Holzkohleproduktion und des Holzkohleverbrauches erlaubt ein besseres Verständnis der Holznutzung im Harz. Der zeitliche Schwerpunkt der Untersuchungen liegt hierbei aufgrund der guten Quellenlage und der Verfügbarkeit an geeigneten Archiven (z. B. Meilerplätze, Schlackehalden, Verhüttungsplätze) auf dem Mittelalter und der Frühen Neuzeit.

Die pollenanalytischen Untersuchungen der Moore spiegeln die regionale Vegetationsentwicklung seit dem Präboreal wider und zeigen den gravierenden Eingriff des Menschen seit dem Frühen Mittelalter. So lässt sich besonders der Gehalt an Holzkohlepartikeln in den Pollendiagrammen mit den verschiedenen Bergbauphasen und der damit einhergehenden Holzkohleproduktion korrelieren. Deutlich spiegelt sich die vorchristliche Verhüttungsaktivität und die Verlagerung der Holzkohleproduktion, sowohl während des Frühmittelalters in den Oberharz (300 – 600 m ü. NN.), als auch während der Neuzeit in den Hochharz (über 600 m ü. NN.), durch steigende und hohe Anteile an Holzkohlepartikel in den Pollenprofilen wider.

Die anthrakologischen Untersuchungen der mittelalterlichen Fundplätze (Archäo-Anthrakologie) erlaubt präzisere Aussagen über die Holz- und Holzkohlenutzung im Oberharz:

-
- Bei der Verhüttung von Rammelsberger Erz auf Kupfer wurde im Mittelalter gezielt Rot-Buchenholzkohle verwendet.
 - Im Umfeld der Blei- und Silberproduktion aus Oberharzer Gangerzen zeichnet sich eine Bevorzugung von Fichtenholz als Feuer- oder Bauholz ab.

Zudem ermöglicht der archäo-anthrakologische Befund eine differenziertere Betrachtung der ursprünglichen Fichtenverbreitung im Harz. Die hohen Anteile an Fichtenholzkohlen in den Fundstätten Rabental, Johannenser Kurhaus und Huneberg deuten daraufhin, dass die Fichte extrazonal wohl häufiger im Oberharz vertreten war als bislang angenommen.

Die verschiedenen Entwicklungsstadien der mehrphasigen Montansiedlung Johanneser Kurhaus spiegeln sich deutlich im Holzkohlebefund wider. Darüber hinaus zeichnet sich an den Befunden des Johanneser Kurhauses der drastische Raubbau an den mittelalterlichen Wäldern des Harzes deutlich im Holzkohlespektrum ab. Zu Beginn wurde Starkholz von Naturwaldarten (*Fagus*, *Acer* und *Picea*) für die Verhüttung genutzt. Im weiteren Verlauf der Verhüttungs- und Siedlungsaktivität steigt hingegen die Nutzung von Schwachholz von Pioniergehölzen (*Betula*, *Corylus*, *Salix*, *Populus* und *Sorbus*) deutlich an, während immer weniger Starkholz von Naturwaldarten zur Verfügung stand. Der Methodenverbund zwischen Holzkohle- und Pollenanalyse lieferte zudem neue Erkenntnisse über die Verbreitung von Rot-Buche und Ahorn in den Hochlagen des Harzes und ermöglicht es, die Bedeutung der Fichte im Waldbild des Oberharzes genauer zu beleuchten. So zeigt sich die anthrakologisch nachgewiesene frühe Nutzung der Fichte auch im Pollenprofil Sonnenberger Moor durch einen deutlichen Rückgang der Fichtenanteile und lässt sich somit deutlich in einem Pollenarchiv des Harzes fassen. Die Fichte dominiert zwar im Holzkohlespektrum der Meilerplätze, jedoch lassen sich in unterschiedlichen Transekten Hinweise auf die kleinflächige Verbreitung von *Fagus sylvatica* und *Acer spec.* finden. Selbst in heute als klassische Fichtengebiete angesehenen Bereichen (Transekt Königsberg) spielte die Rot-Buche noch während der 2. Bergbauperiode im 16. und Anfang des 17. Jahrhunderts eine große Rolle beim Aufbau des Waldbildes. Der Vergleich zwischen Meilerplätzen im Hochharz und den Untersuchungen an archäologischen Stätten im Oberharz ergänzt und erweitert die pollenanalytischen Untersuchungen und erlaubt daher die Rekonstruktion der genutzten Waldbestände seit der Frühen Neuzeit mit kleinräumigen-standörtlichen Unterschieden.

Abstract

The study is based on palaeobotanical investigations (kiln- and archaeo-anthracology, palynology, micro-charcoal analyses and archaeobotanical analyses) on different anthropogenic and natural archives (kilns, archaeological excavations and peat-bogs) in the Harz Mountains. Main aims of the multi-proxy approach are to elucidate human impact on vegetation in detail and to cast more light into woodland development and charcoal usage by man. Moreover, to separate natural and anthropogenic influences on Vegetation to obtain a more detailed picture of interaction between human and their environment focusing on the late Holocene. To clarify these main objectives, a comparative (multi-proxy) approach was carried out using charcoal taxa spectra from kilns and archaeological excavation sites and pollen data.

For the first time in the Harz, micro-charcoal and palynological analyses were applied complementary on three new peat profiles (Sonnenberger Moor, Brockenbettmoor and Blumentopfmoor) to reconstruct the fire history of the area. Contrary to pollen analyses, macro-charcoal records from kiln sites are used in palaeoecological studies to investigate past forest composition on a local scale with regard to the stand structure and the site conditions in the vicinity of the kiln sites. In the Harz mountains, anthracological analyses are still missing for areas above 600 m above sea level (a.s.l.). Thus, new charcoal analyses from 58 kiln sites were carried out to reconstruct past woodland composition on a local scale. Moreover, seven archaeological excavation sites (settlement areas and smelting sites) from the Middle Ages were investigated by archaeo-anthracology and archaeobotanical analyses. The comparison between archaeo- and kiln-anthracology provides better insight into woodland structure and wood usage by man. Based on the availability of suitable archives (e.g. kilns, smelting sites) and written sources, the chronological focus of the investigation is the late Holocene. The results from peat-bogs mirror the vegetation development since the Preboreal but as well illustrate the strong human impact since Early Medieval Times. The micro-charcoal content coincides well with the main mining and charcoal production phases, reflecting the pre-Christian smelting activities as well as the shifting of smelting and charcoal production in areas between 300 – 600 m a.s.l. (Early Medieval Times) and the during Modern Times above 600 m a.s.l..

The archaeo-anthracological investigation of medieval archaeological sites provides more detailed information about wood and woodland usage by man:

- In Medieval Times, people favoured beech charcoal for copper production from Rammelsberg sulfide-barite deposits.
- It seems likely that people prefer spruce for lead and silver production from ores of the Upper Harz dykes.

Furthermore, in comparison to the pollen data, the archaeo-anthracological record reveals a better picture of the natural distribution of *Picea abies* in the area. The high proportions of spruce in the charcoal record from the sites Huneberg, Johanneser Kurhaus and Rabental indicate that *Picea abies* was more common in the investigation area related to site conditions than expected.

In addition, the overexploitation of woodland during the Middle Ages is also clearly visible in the charcoal record from the three different development phases in the settlement site Johanneser Kurhaus. At the beginning of human activity, the woodland in the vicinity of the site consisted of a more or less dense Fagetum and the charcoal assemblage is characterised by high values of *Fagus*, *Acer* and *Picea*. During the 12th and 13th century, more and more wood of pioneer trees (*Betula*, *Corylus*, *Salix*, *Populus* and *Sorbus*) was used by the inhabitants of the settlement, while the usage of woody species from the climax vegetation decreases significantly. The complementary use of charcoal taxa and pollen data provides a better insight in the local distribution range of *Fagus* and *Acer* in the higher part of the Harz Mountain as well as to elucidate the relevance of spruce for the composition of the high elevation woodlands. The kiln site charcoal records support the pollen analyses. Moreover, in the charcoal assemblage from the kiln sites all natural wood taxa which are expected for the natural site conditions were found. Nevertheless, the record shows a strong dominance of *Picea abies* (L.) Karst. in the higher elevations but also indications for a local scale expansion of the *Calamagrostio villosae*-Fagetum into areas which are today totally covered by associations of the *Vaccinio-Piceetea*. Overall, the combination of the investigation of three different archive with different methods (anthracology, palynology) led to a better understanding of the human woodland and wood usage in the Harz Mountain.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Topografische Karte des Harzes mit Lage des Harzes in Deutschland und Europa.	4
Abb. 2: Karte des Westharzes mit Lage der untersuchten archäologischen Fundstätten Kötental, Rabental, Schildautal (Hahnetal), Schnapsweg, Huneberg, Johanneser Kurhaus und Düna. Karte nach Klappauf und Brockner, 2000.	15
Abb. 3: Geländebefund Meilerplatz. Der typische Meilerplatz in Mittelgebirgen befindet sich meist in Wäldern an Hängen. Er zeichnet sich durch eine meist runde Verebnung (Meilerplatte) mit hangseitiger Abgrabung und talseitiger Aufschüttung des Hangmaterials aus. Typisch ist zudem eine ausgeprägte Holzkohleschicht. Abbildung nach Ludemann und Nelle (2002).	22
Abb. 4: Größenklassenschablone mit den fünf unterschiedlichen Größenklassen nach Ludemann und Nelle (2002).	26
Abb. 5: Topografische Karte des Harzes mit den drei Bohrlokalitäten (Sterne) Sonnenberger Moor (SO), Brockenbettmoor (BBM), und Blumentopfmoor (BTM), den untersuchten archäologischen Stätten (Dreiecke) und den Meilertransekten (Kreise). Nach Landesvermessungsamt und Geobasisinformationen Niedersachsen 2008.	29
Abb. 6: Lage der verschiedenen Haupttransekte für die Holzkohleuntersuchungen an Meilerplätzen (Gebiet rot umrandet) und den angrenzenden Pollenprofilen. T = Torfhaus; KB = Königsberg; BR = Brocken; BBM, Brockenbettmoor; BTM = Blumentopfmoor; HO = Hohneklippen; DA = Drei-Annen-Hohne.	33
Abb. 7: Zeit-Tiefen-Modell des Profils SO basierend auf 12 AMS-Radiokarbondatierungen.	36
Abb. 8: Synthese-Pollendiagramm des Profils Sonnenberger Moor (0 und 263 cm unter GOK). Die prozentuale Häufigkeit ausgewählter Pollentaxa ist als Schattenrisskurve gegen die Tiefe in cm aufgetragen. Die Pollenkonzentration (Pollenkörner pro ml) und der Anteil der Holzkohlepartikel (Partikel x 1000 pro ml) sind in Form von Balken dargestellt. Die weißen Linien stehen für die untersuchten Proben. Das Profil ist auf 500 Baumpollen (BP) ohne <i>Corylus</i> ausgezählt und als Bezugssumme dient die Terrestrische Pollensumme. NBP = Nichtbaumpollen. Die Kurve der Pioniergehölze beinhaltet <i>Corylus</i> , <i>Betula</i> , <i>Pinus</i> und <i>Salix</i> . Die Summenkurve der Heliophyten / Siedlungszeiger setzt sich aus den folgenden Taxa zusammen: <i>Urticaceae</i> , <i>Pteridium</i> , <i>Artemisia</i> , <i>Centaurea jacea</i> , <i>Polygonum aviculare</i> , <i>Plantago major / P. media</i> , <i>P. lanceolata</i> -Typ, <i>Rumex acetosa</i> -Typ, <i>Centaurea cyanus</i> , <i>Brassicaceae</i> , <i>Chenopodiaceae</i>	39
Abb. 9: Synthese-Pollendiagramm des Profils Brockenbettmoor (0 und 245 cm unter GOK). Die prozentuale Häufigkeit ausgewählter Pollentaxa ist als Schattenrisskurve gegen die Tiefe in cm aufgetragen. Die Pollenkonzentration (Pollenkörner pro ml) und der Anteil der Holzkohlepartikel (Partikel pro ml) sind in Form von Balken dargestellt. Die weißen Linien stehen für die untersuchten Proben. Das Profil ist auf 500 Baumpollen (BP) ohne <i>Corylus</i> ausgezählt und als Bezugssumme dient die Terrestrische Pollensumme. NBP = Nichtbaumpollen. Die Kurve der Pioniergehölze beinhaltet <i>Corylus</i> , <i>Betula</i> , <i>Pinus</i> und <i>Salix</i> . Die Summenkurve der Heliophyten / Siedlungszeiger setzt sich aus den folgenden Taxa zusammen: <i>Urticaceae</i> , <i>Pteridium</i> , <i>Artemisia</i> , <i>Centaurea jacea</i> , <i>Polygonum aviculare</i> , <i>Plantago major / P. media</i> , <i>P. lanceolata</i> -Typ, <i>Rumex acetosa</i> -Typ, <i>Centaurea cyanus</i> , <i>Brassicaceae</i> , <i>Chenopodiaceae</i>	42

Abb. 10: Synthese-Pollendiagramm des Profils Blumentopfmoor (0 und 153 cm unter GOK). Die prozentuale Häufigkeit ausgewählter Pollentaxa ist als Schattenrisskurve gegen die Teufe in cm aufgetragen. Die Pollenkonzentration (Pollenkörner x 1000 pro ml) und der Anteil der Holzkohlepartikel (Partikel pro ml) sind in Form von Balken dargestellt. Die weißen Linien stehen für die untersuchten Proben. Das Profil ist auf 300 Baumpollen (BP) ohne <i>Corylus</i> ausgezählt und als Bezugssumme dient die Terrestrische Pollensumme. NBP = Nichtbaumpollen. Die Kurve der Pioniergehölze beinhaltet <i>Corylus</i> , <i>Betula</i> , <i>Pinus</i> und <i>Salix</i> . Die Summenkurve der Heliophyten / Siedlungszeiger setzt sich aus den folgenden Taxa zusammen: <i>Urticaceae</i> , <i>Pteridium</i> , <i>Artemisia</i> , <i>Centaurea jacea</i> , <i>Polygonum aviculare</i> , <i>Plantago major/media</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Rumex acetosa</i> , <i>Centaurea cyanus</i> , <i>Brassicaceae</i> , <i>Chenopodiaceae</i>	46
Abb. 11: Größe der untersuchten Meilerplätze (n = 54).....	48
Abb. 12: Erhaltung der untersuchten Meilerplätze (n = 54).	49
Abb. 13: Höhenprofil der untersuchten Meilerplätze im Hochharz (n = 56).	49
Abb. 14: Exposition der untersuchten Meilerplätze (n = 54).	50
Abb. 15: Mächtigkeit der untersuchten Kohleschicht (n = 54).....	50
Abb. 16: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen im Transekt Brockenbettmoor. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.....	51
Abb. 17: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen im Transekt Königsberg. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.....	52
Abb. 18: Foto des Profils KB 5 von der Meilerplatte mit den unterschiedlichen Holzkohle-Schichten B, D, F und H.....	53
Abb. 19: Ergebnis der holzkohleanalytischen Untersuchung der verschiedenen Schichten des Meilerplatzes KB 5.	53
Abb. 20: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen im Transekt Brocken. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.	55
Abb. 21: Foto des Profils BR 1 von der Meilerplatte mit den unterschiedlichen Holzkohle-Schichten und den Ergebnissen der anthrakologischen Untersuchung der unteren Schicht (S2) in Prozent.	56
Abb. 22: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen im Transekt Drei-Annen-Hohne. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.....	57
Abb. 23: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen im Transekt Hohneklippen. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.....	58
Abb. 24: Foto des Profils HO 3 von der Meilerplatte mit den unterschiedlichen Holzkohle-Schichten.	58
Abb. 25: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der unteren Schicht 2 (S2) des Meilerplatzes HO 3.....	58

Abb. 26: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen im Transekt Blumentopfmoor. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.	58
Abb. 27: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen im Transekt Torfhaus. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.	59
Abb. 28: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen im Transekt Sieber. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.	60
Abb. 29: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen der Exklave Märchenwald. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.	61
Abb. 30: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen der Exklave Schwarze Kohlstelle. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.	62
Abb. 31: Überblick über die prozentuale Verteilung der Holzkohlen aus der Grabung Johanneser Kurhaus auf die Holztaxa, basierend auf 1966 untersuchten Holzkohlen.	65
Abb. 32: Überblick über die prozentuale Verteilung der identifizierten Holztaxa des Fundplatzes Johanneser Kurhaus auf das Gesamtgewicht (n = 1966).	65
Abb. 33: Überblick über die prozentuale Verteilung der identifizierten Holztaxa auf das mittlere Stückgewicht ausgewählter Holztaxa im Fundplatz Johanneser Kurhaus (n = 1966).	65
Abb. 34: Prozentuale Verteilung der Holzkohlen (Bodenproben; Fundplatz Johanneser Kurhaus) auf die Holztaxa (n = 1381).	67
Abb. 35: Gewichtsprozente der Holzkohlen aus Bodenproben des Johanneser Kurhauses (n = 1381).	67
Abb. 36: g/n-Werte der Holzkohlen aus Bodenproben des Johanneser Kurhauses (n = 1381).	67
Abb. 37: Prozentuale Verteilung der Holzkohlen aus Bodenproben des Johanneser Kurhauses auf die Durchmesserklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis (n = 1381).	67
Abb. 38: Prozentualer Anteil der einzelnen Holztaxa an der Gesamtstückzahl (oben) und dem Gesamtgewicht (unten) basierend auf 585 untersuchten Holzkohlen aus von Hand ausgelesenen Holzkohleproben des Fundplatzes Johanneser Kurhaus.	68
Abb. 39: Prozentuale Verteilung der Holzkohlen aus Holzkohleproben des Johanneser Kurhauses auf die Durchmesserklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.	68
Abb. 40: Anteil der verschiedenen Gehölztaxa im Holzkohlespektrum der Grabung Huneberg basierend auf 2963 untersuchten Holzkohlestücken.	77
Abb. 41: Stetigkeiten der identifizierten Holztaxa im Fundspektrum der Grabung Huneberg (n = 2963; 184 Proben).	78
Abb. 42: Fundplatz Huneberg. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.	79

Abb. 43: Grabung Huneberg. mD- Werte der einzelnen identifizierten Holztaxa (n = 2963).	79
Abb. 44: Verteilung der identifizierten Holztaxa des Fundspektrums der Grabung Huneberg nach ökologischen Kriterien (n = 2963).	80
Abb. 45: Mittleres Stückgewicht (g/n) der identifizierten Holztaxa im Fundspektrum der Grabung Huneberg (n = 2963).	80
Abb. 46: Fundplatz Schnapsweg. Prozentuale Verteilung	69
Abb. 47: Fundplatz Kötental. Prozentuale Verteilung der Holzkohlestücke auf Gehölztaxa und Durchmesserklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.	69
Abb. 48: Prozentualer Anteil der Holzkohlestücke nach Gehölztaxa des Fundplatzes Rabental, basierend auf 86 untersuchten Holzkohlestücken.	70
Abb. 49: mD-Werte und mittleres Stückgewicht für die unterschiedlichen Gehölztaxa des Fundplatzes Rabental (n = 86).	70
Abb. 50: Fundplatz Schildautal. Prozentuale Verteilung der Holzkohlestücke aus Gehölztaxa und Durchmesserklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.	70
Abb. 51: Übersicht der in den Bodenproben der archäologischen Stätten gefundenen botanischen Makroreste aufgeteilt nach Kulturpflanzen, Sammelfrüchten, Wild- und Ackerunkräutern und Phanerophyten-Früchten basierend auf 502 untersuchten Bodenproben und 1708 identifizierten botanischen Makroresten.	87
Abb. 52: Verteilung der gefundenen botanischen Makroreste der Fundstätte Johanneser Kurhaus auf die Kategorien Kulturpflanzen, Sammelfrüchte, Wild- und Ackerunkräuter (n=70).	88
Abb. 53: Verteilung der gefundenen botanischen Makroreste der Fundstätte Huneberg auf die Kategorien Kulturpflanzen, Sammelfrüchte und Wildkräuter (n=742).	90
Abb. 54: Verteilung der gefundenen botanischen Makroreste der Fundstätte Schnapsweg auf die Kategorien Kulturpflanzen, Sammelfrüchte, Wild- und Ackerunkräuter und Phanerophyten-Früchte (n=202).	90
Abb. 55: Verteilung der gefundenen botanischen Makroreste der Fundstätte Kötental auf die Kategorien Sammelfrüchte, Wildkräuter und Phanerophyten-Früchte (n=90).	91
Abb. 56: Verteilung der gefundenen botanischen Makroreste der Fundstätte Düna auf die Kategorien Kulturpflanzen, Sammelfrüchte, Wild- und Ackerunkräuter (n=604).	92
Abb. 57: Prozentualer Anteil der Holztaxa in den verschiedenen Phasen des Johanneser Kurhauses.	119

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht über die in den Pollendiagrammen verwendeten Summenkurven und die zugehörigen Pollentaxa.	21
Tab. 2: Übersicht über die Phanerophyten-Kategorien und der zugehörigen holzanatomischen Taxa.	24
Tab. 3: Größenklassen (GK) mit zugehörigen Durchmessern und Größenklassenmittelwerten in cm nach Ludemann und Nelle (2002).	26
Tab. 4: Überblick über die mittleren Durchmesserwerte in cm, das Holzsortiment und die zugehörige mögliche Nutzung nach Nelle (2002).	27
Tab. 5: Überblick über die untersuchten archäologischen Fundstätten mit Angaben zur Höhe ü. NN, Alter und Anzahl der bearbeiteten Proben. * keine anthrakologische Untersuchung der „Düna“-Proben.	34
Tab. 6: Übersicht über AMS-Radiokarbondatierungen mit Angaben zum Archiv und dem datierten Material. Die AMS-Radiokarbondatierungen erfolgten am Leibniz Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung (Universität Kiel). Kalibration der Ergebnisse nach Reimer et al. (2009).	35
Tab. 7: Lithologie des Kernes BBM1.	41
Tab. 8: Übersicht über die im Hochharz anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl der Taxa in den Größenklassen (1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD). [n _e] = ergänzende Holzkohleuntersuchungen.	51
Tab. 9: Übersicht über die im Transekt Brockenbettmoor anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).	52
Tab. 10: Übersicht über die im Transekt Königsberg anthrakologisch gefundenen Holztaxa ohne die Schichten von KB 5. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).	53
Tab. 11: Übersicht über die im Transekt Brocken anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) von Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (G/N) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).	55
Tab. 12: Übersicht über die im Transekt Drei-Annen-Hohne anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).	56

Tab. 13: Übersicht über die im Transekt Hohneklippen anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).....	58
Tab. 14: Übersicht über die im Transekt Blumentopfmoor anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).....	58
Tab. 15: Übersicht über die im Transekt Torfhaus anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).	60
Tab. 16: Übersicht über die im Transekt Sieber anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).	60
Tab. 17: Übersicht über die im Transekt Märchenwald anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).....	61
Tab. 18: Gesamttabelle mit den für die Untersuchungen wichtigsten Gehölztaxa und Kategorien, der Datenbasis, g/n- und mD-Werten.* = Anteile unter 0,1 %.	64
Tab. 19: Übersicht über die verschiedenen Kategorien, ihre Befunde und die Datenbasis des Fundplatzes Johannerser Kurhaus.....	69
Tab. 20: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Befunde Schmiede des Fundplatzes Johannerser Kurhaus mit Angaben zur Verteilung der untersuchten Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen nach Ludemann und Nelle (2002), dem mittleren Durchmesser (mD), dem mittleren Stückgewicht (g/n), dem mittleren Durchmesser der Jahrringe (MDM) sowie deren mittlere Anzahl (MJH).	71
Tab. 21: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Verhüttung des Fundplatzes Johannerser Kurhaus mit Angaben zur Verteilung der untersuchten Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen nach Ludemann und Nelle (2002), dem mittleren Durchmesser (mD), dem mittleren Stückgewicht (g/n), dem mittleren Durchmesser der Jahrringe (MDM) sowie deren mittlere Anzahl (MJH).	72
Tab. 22: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Kupellationsofen des Fundplatzes Johannerser Kurhaus mit Angaben zur Verteilung der untersuchten Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen nach Ludemann und Nelle (2002), dem mittleren Durchmesser (mD), dem	

mittleren Stückgewicht (g/n), dem mittleren Durchmesser der Jahrringe (MDM) sowie deren mittlere Anzahl (MJH).	73
Tab. 23: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Bleiglanzverhüttung des Fundplatzes Johannenser Kurhaus mit Angaben zur Verteilung der untersuchten Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen nach Ludemann und Nelle (2002), dem mittleren Durchmesser (mD), dem mittleren Stückgewicht (g/n), dem mittleren Durchmesser der Jahrringe (MDM) sowie deren mittlere Anzahl (MJH).	73
Tab. 24: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Berg- und Abraumhalden des Fundplatzes Johannenser Kurhaus mit Angaben zur Verteilung der untersuchten Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen nach Ludemann und Nelle (2002), dem mittleren Durchmesser (mD), dem mittleren Stückgewicht (g/n), dem mittleren Durchmesser der Jahrringe (MDM) sowie deren mittlere Anzahl (MJH).	74
Tab. 25: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Feuerstellen des Fundplatzes Johannenser Kurhaus mit Angaben zur Verteilung der untersuchten Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen nach Ludemann und Nelle (2002), dem mittleren Durchmesser (mD), dem mittleren Stückgewicht (g/n), dem mittleren Durchmesser der Jahrringe (MDM) sowie deren mittlere Anzahl (MJH).	75
Tab. 26: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Siedlungsschichten des Fundplatzes Johannenser Kurhaus mit Angaben zur Verteilung der untersuchten Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen nach Ludemann und Nelle (2002), dem mittleren Durchmesser (mD), dem mittleren Stückgewicht (g/n), dem mittleren Durchmesser der Jahrringe (MDM) sowie deren mittlere Anzahl (MJH).	76
Tab. 27: Verwendete Holztaxa des Schmelzplatzes Huneberg mit Angaben zur Verteilung auf die Größenklassen 1-5 (Stückzahl, Taxa, Gesamt), den mittleren Durchmesser (mD) und das mittlere Stückgewicht (g/n).	77
Tab. 28: Huneberg: Fundnummern (F-Nr.) und	80
Tab. 29: Huneberg: Fundnummern (F-Nr.) Befunde (Bef.) mit überwiegend Klimaxgattungen oder Starkholznutzung.	80
Tab. 30: Verwendete Holztaxa des Schmelzplatzes Schnapsweg mit Angaben zur Verteilung auf die Größenklassen 1-5, den mittleren Durchmesser (mD) und das mittlere Stückgewicht (g/n).	68
Tab. 31: Verwendete Holztaxa des Schmelzplatzes Kötental mit Angaben zur Verteilung auf die Größenklassen 1-5, den mittleren Durchmesser (mD) und das mittlere Stückgewicht (g/n).	68
Tab. 32: Verwendete Holztaxa des Schmelzplatzes Rabental mit Angaben zur Verteilung auf die Größenklassen 1-5, den mittleren Durchmesser (mD) und das mittlere Stückgewicht (g/n).	69
Tab. 33: Übersicht über die in den Bodenproben (n=502) gefundenen botanische Makroreste (n=1708).....	87
Tab. 34: Ergebnisse der archäobotanischen Untersuchung des Fundplatzes Johannenser Kurhaus (n=70). Mit Angaben zur Häufigkeit, den Sammelrubriken, der Erhaltungsform und Art der Makroreste.	88
Tab. 35: Ergebnisse der archäobotanischen Untersuchung des Fundplatzes Huneberg (n=742). Mit Angaben zur Häufigkeit, den Sammelrubriken, der Erhaltungsform und der Art der Makroreste.	89

Tab. 36: Ergebnisse der archäobotanischen Untersuchung des Fundplatzes Schnapsweg (n=202). Mit Angaben zur Häufigkeit, den Sammelrubriken, der Erhaltungsform und der Art der Makroreste.	91
Tab. 37: Ergebnisse der archäobotanischen Untersuchung des Fundplatzes Kötental (n=90). Mit Angaben zur Häufigkeit, den Sammelrubriken, der Erhaltungsform und der Art der Makroreste.	92
Tab. 38: Ergebnisse der archäobotanischen Untersuchung des Fundplatzes Düna (n=604). Mit Angaben zur Häufigkeit, den Sammelrubriken, der Erhaltungsform und der Art der Makroreste.	93
Tab. 39: Meilerplatztypologie nach Ludemann und Nelle (2002). mD = Mittlerer Durchmesser; g/n = Mittleres Stückgewicht.	95

Abkürzungsverzeichnis

a.s.l.	above sea level
AD	Anno Domini
agg.	Aggregat
AMOC	Atlantic meridional overturning circulation
AMS	accelerator mass spectrometry
BBM	Brockenbettmoor
BC	Before Christ / vor Christus
BP	Baumpollen
cal. BP	Kalendarjahre vor heute
Cu	Kupfer
BR	Brocken
BTM	Blumentopfmoor
C	Kohlenstoff
cf.	conferre
DA	Drei-Annen-Hohne
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
g/n	Gewicht / Anzahl
GK	Größenklasse
GOK	Geländeoberkante
Hg	Quecksilber
HO	Honeklippen
KB	Königsberg
MAE	Märchenwald
MAT	modern analog technique
mD	Mittlerer Durchmesser
MDM	Mittlerer Durchmesser der Jahrringe
MJH	Mittlere Anzahl Jahrringe
NBP	Nichtbaumpollen
NO	Nord-Ost
NW	Nord-West
O	Sauerstoff
Pb	Blei
PD	Pollendiagramm
pdf	probability density function method
PVC	Polyvinylchlorid
PZ	Pollenzone
S	Süden
SEDEX-Typ	sedimentär-exhalative Lagerstätten
SIE	Sieber
SK	Schwarze Kohlstelle
SO	Süd-Ost
SO	Sonnenberger Moor
spec.	species
ssp.	Subspezies
SW	Süd-West
T	Torfhaus
TPS	Terrestrische Pollensumme
TR	Torfhaus
ü.	über
vgl.	vergleiche
u.a.	unter anderem
z.B.	zum Beispiel
$\delta^{13}\text{C}$	Isotopenverhältnis $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$
$\delta^{18}\text{O}$	Isotopenverhältnis $^{18}\text{O}:^{16}\text{O}$

1 Einleitung

Die vorliegende Dissertation wurde im Rahmen der DFG-Exzellenzinitiative an der Graduiertenschule „Human Development in Landscapes“ am Institut für Ur- und Frühgeschichte der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel angefertigt.

Ziel der Untersuchungen war es die regionale und lokale Umweltgeschichte des Harzes zu erforschen, um ein detaillierteres Bild über die menschliche Rolle bei der Entstehung der Landschaft zu bekommen. Der Harz ist seit Jahrtausenden durch den Menschen und seine bergbaulichen Tätigkeiten geprägt und bietet dadurch die Möglichkeit, die Auswirkungen von jahrhunderterlanger Erzverhüttung und Holzkohleherstellung auf den Wald und die Entstehung des aktuellen Landschaftsbildes zu untersuchen. Hierzu wurden an unterschiedlichen Archiven (Mooren, Meilerplätzen, archäologische Fundstätten) verschiedene paläobotanische Untersuchungen (Pollenanalyse, Dendro-Anthrakologie und Makrorestanalysen) durchgeführt. In der Vergangenheit wurden zur Paläoumweltrekonstruktion meist Pollenanalysen oder Holzkohleanalysen angewandt. Demgegenüber existieren nur wenige Untersuchungen, die beide Methoden kombinieren (Nelle, 2002, 2008; Hildebrand et al., 2007; Newmann et al., 2007; Nelle et al., 2010). Beide Methoden haben ihre Vor- und Nachteile. Die Pollenanalyse eignet sich hervorragend zur Rekonstruktion der lokalen und regionalen Vegetation und der Vegetationsdynamik über lange Zeiträume. Aufgrund der im Dekadenbereich liegenden Reaktionszeit der Palynoflora bzw. der Pollenvergesellschaftungen auf Klimaänderungen, eignen sich Pollenanalysen darüber hinaus ideal zur Paläoklimarekonstruktion (u.a. Tinner und Lotter, 2001; Kotthoff, 2008). Holzkohleuntersuchungen an Meilerplätzen werden hingegen in der Paläoökologie zur Rekonstruktion der lokalen Waldgeschichte genutzt und erlauben, die kleinflächige Zusammensetzung des Waldes zu erforschen. Hierbei ergeben sich ferner Einblicke in lokale standörtliche Unterschiede im Untersuchungsgebiet und sogar die Struktur der genutzten Waldbestände lässt sich rekonstruieren. Weiter erlaubt die Holzkohleanalyse an Meilerplätzen in Kombination mit anthrakologischen Untersuchungen an archäologischen Befunden Einblicke in die historische Wald- und Holznutzung (Hillebrecht, 1982; Ludemann, 1994, 1996; Ludemann und Britsch, 1997; Nelle, 2001; Ludemann und Nelle, 2002; Nelle, 2003; Nölken, 2005; Knapp et al., 2012; Knapp, im Druck). Im Harz wurden bislang keine solchen

kombinierten Untersuchungen durchgeführt. In den vorhandenen Pollendiagrammen (Beug et al., 1999) fehlen Angaben zum Gehalt an Holzkohlepartikeln. Diese ermöglichen jedoch wichtige Aussagen zu Brand- und Feuerereignissen und geben ferner weitere Hinweise zur Verhüttungs- und Köhlereigeschichte des Untersuchungsgebietes. Durch die Verbindung von Holzkohle- und Pollenanalyse wird weiter versucht, die Nachteile der jeweiligen Methode zu kompensieren und so ein detaillierteres Bild der Vegetationsentwicklung und anthropogenen Waldnutzung im Harz zu erstellen.

Da bis zum jetzigen Zeitpunkt keine Untersuchungen an Meilerplätzen im Hochharz vorliegen wird durch die Holzkohleanalyse an Meilerplätzen weiter den folgenden Fragen nachgegangen:

- Wie und wo lagen die Meilerplätze im Hochharz?
- Welche Gehölzarten wurden mit welchen Holzstärken von der Köhlerei genutzt?
- Lassen sich im anthrakologischen Befund Hinweise auf eine Holzarten-selektion durch die Köhler finden?
- Lassen sich die lokalen historische Waldbestände im Hochharz anhand der Meilerholzkohlen rekonstruieren und wie sah der menschliche Eingriff durch die Köhlerei aus?
- Wann setzte die Köhlerei im Hochharz ein und reflektiert sich dies in benachbarten Pollenprofilen?

Speziell der ursprüngliche Aufbau der Wälder in der Übergangzone zwischen *Fagus sylvatica* L. und *Picea abies* (L.) H. Karst. in den montanen und hochmontanen Lagen des Harzes kann nicht durch die rezente Vegetation oder die Pollenanalyse nachvollzogen werden (u.a. Pflume, 1997). Bei den anthrakologischen Untersuchungen an Relikten der Köhlerei wird deshalb besonders darauf geachtet, ob sich im Hochharz Hinweise auf die natürliche Verbreitung der Fichte und Rot-Buche finden. Auch der Übergang des Bergfichtenwaldes zum buchendominierten Laubwald und die Bedeutung von *Acer spec.* innerhalb der montanen *Fagus*-Wälder ist in weiten Teilen des Hochharzes noch unbekannt.

Hier bieten sich Untersuchungen an Relikten der Holzkohleherstellungen mit ihren räumlich und standörtlichen Bezügen an, da es mit Hilfe der Pollenanalyse nur

begrenzt möglich ist, räumliche Aussagen über die Verteilung der Hauptbaumarten zu treffen (Nelle, 2002; Nelle et al., 2010).

Im Harzvorland und den mittleren Lagen des Harzes ist die Waldgeschichte und die Holznutzung durch die Köhlerei von Hillebrecht (1982, 1989) bereits untersucht worden. Die Arbeiten von Hillebrecht (1982) zeigen, dass es im Oberharz bis 600 m ü. NN 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 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. Man kann der Frage nachgehen, ob sich für den Harz aus diesen Spektren eine Holzarten-Selektion des Montan-gewerbes 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 hinsichtlich der lokalen Verbreitung der Fichte, und ob sich verschiedene Nutzungsformen im anthrakologischen Befund widerspiegeln.

2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet, der Harz, grenzt an die Norddeutsche Tiefebene und ist das nördlichste Mittelgebirge Deutschlands (Abb. 1). Es umfasst eine Fläche von etwa 30 x 90 km und liegt in den Bundesländern Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Der Harz ist geprägt durch seine geologische Vielfalt und gilt als die „klassische Quadratmeile“ der Geologie. Bedingt durch seine ehemals reichhaltigen Erzlagerstätten war der Harz seit dem Frühen Mittelalter von zentraler Bedeutung für die Könige und Kaiser Deutschlands.

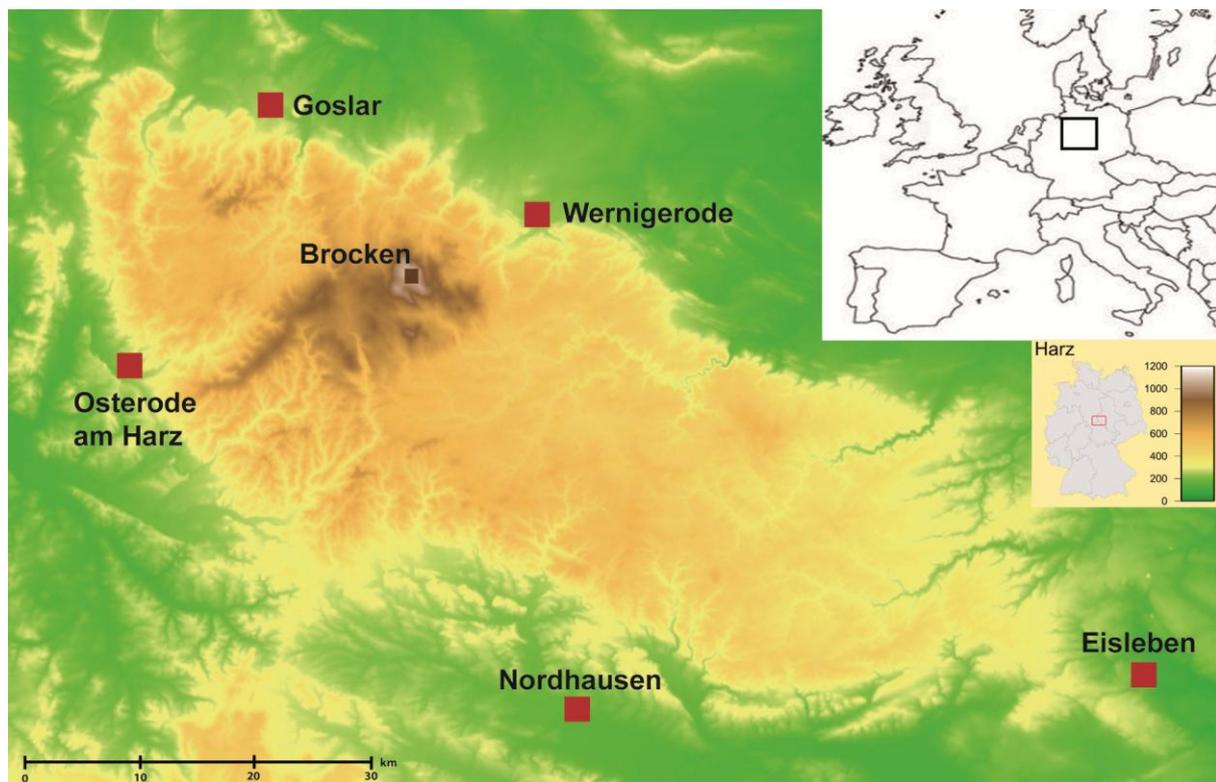


Abb. 1: Topografische Karte des Harzes mit Lage des Harzes in Deutschland und Europa.

2.1 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. Der Harz ist ein SO-NW-gestrecktes Horstgebirge mit steil ansteigendem Nordrand, das sich nach Osten hin allmählich abflacht. Dabei handelt es sich um eine S-SW geneigte Monokline des Rhenoharzynikums. Der Harz ist damit Teil des variszischen Orogengürtels. Der Gebirgskörper wird zudem durch SW-NO verlaufende und NW-überschobene Faltenstrukturen gekennzeichnet (spätvariszische Faltung). Die Modellierung des Gebirgskörpers, mit seinen vielfältigen Vererzungen (syndimentären, gangförmigen und metasomatischen Ursprungs)

erfolgte im Paläozoikum. Nach mehreren Einebnungen während des Mesozoikums kam es vom Coniacium bis Campanium zu einer weiteren Heraushebung des Harzes (Franzke et al., 2004). In der Folge bildeten sich speziell an der Harznordrandstörung parallel zum Absenken des Subherzynen Beckens vertikale Versatzbeträge von bis zu 7 km (König, 2008). Während der Ruhephasen kam es wiederholt zu Abtragungen. Nachfolgende tertiärzeitliche tektonische Hebungen und Abtragungen führten zur Modellierung der aktuellen Rumpfflächen. Die tief eingeschnittenen Täler wurden im Pleistozän ausgeformt (Beug et al., 1999).

Naturräumlich wird der Harz nach Spönemann (1970) und Hövermann (1963) in den Hochharz, Oberharz, Unterharz und die östliche Harzabdachung gegliedert. Der Hochharz setzt sich aus dem Brocken, dem Acker-Bruchberg-Rücken und dem dazwischen liegenden Torfhäuser Hügelland zusammen. Zum Oberharz gehören u.a. das östliche und nördliche Brockenvorland, das Randautal, das Altenauer Bergland, das Goslarer Bergland und die Clausthaler Hochfläche. Die Grenze zwischen Ober- und Unterharz wird nach Spönemann (1970) auf die 1000 mm Jahres-Isohyete gelegt. Der Unterharz umschließt die an die östliche Harzabdachung angrenzenden wellig-kuppigen Gebiete (Beug et al., 1999).

2.2 Böden und Geologie

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. Geologisch wird der Harz in den Oberharz, den Mittelharz und den Unterharz mit 20 stratigraphisch-tektonischen Untereinheiten gegliedert (Mohr, 1993; Liessmann, 2011). Lithostratigraphisch setzt sich das Mittelgebirge hauptsächlich aus unterschiedlichen Siliziklastika zusammen. Diese Siliziklastika aus dem Devon und Unterkarbon bestehen überwiegend aus Quarzsandsteinen und Quarziten. Im Westharz finden sich zudem Wechsellagen aus turbiditischen Grauwacken-Bänken mit Tonstein und Tonschiefern. Besonders der Wissenbacher Schiefer aus dem Eifelium ist hier aufgrund seiner synsedimentär-exhalativen polysulfidischen Vererzungen von überregionaler Bedeutung.

Die untersuchten archäologischen Fundstätten (Abb. 2) liegen in den Bereichen des Oberharzer Devonsattels, der Clausthaler Kumfaltenzone und der Sösemulde,

während sich der Großteil der untersuchten Meilerplätze auf den Hochharz und das Umfeld des Brocken verteilt. Im Gebiet des Oberharzer Devonsattels dominieren mittel- bis oberdevonische Schiefer und Kalke, während die Clausthaler Kurfaltenzone und die Söse mulde überwiegend aus Wechsellagen unterkarbonischer turbiditischer Grauwacken-Bänke und Tonschiefer aufgebaut sind. Lokal, im Bereich des Oberharzer-Diabas-Zuges, treten spilitisierte Diabase zutage. Angrenzend an den Oberharzer Diabaszug findet sich die Söse mulde mit ihren Tonschiefern, Grauwacken und Lydit, während der Acker-Bruchberg-Zug aus oberdevonischen Tonschiefern und Quarzit aufgebaut ist. Größere Kalksteinaufschlüsse finden sich hingegen nur an wenigen Stellen im Harz, wie den devonischen Riffen des Iberg (Iberg-Winterberg-Komplex) und im Hangenden des Elbingeröder Massenkomples. Im Laufe des Devons und Karbons bildeten sich immer wieder Magmatite und Plutone (Diabase, Granite, Gabbro, Harzburgit) und folglich an den Intrusionsrändern kontaktmetamorphe Überprägungen der Nebengesteine. So finden sich östlich der Kurfaltenzone neben basaltischen Vulkaniten auch Tuffe und Tuffite. Der Hochharz ist geprägt durch den Brockengranit. Dieser intrudierte im Zuge der Molassenbildung während des Rotliegenden in das Nebengestein und führte so u.a. zur Bildung von Hornfels. Dieser erodierte mesozoisch-tertiärzeitlich was zur Freilegung des Brockenplutons führte. Die Rumpffläche des Unterharzes ist geprägt durch silurische bis karbonische Gesteine (Grauwacke, Quarzite, Ton- und Kieselschiefer). Diese sind stark gefaltet und durch Olisthostrome stark durchmischt. Diese großflächigen Olisthostrome sind im Rahmen unterkarbonischer tektonischer Bewegungen in orographische Senkungszonen gegliedert und abgelagert (Deicke, 2005).

Im Harz findet sich auf kleinstem Raum eine Vielzahl verschiedener Vererzungen (Mohr, 1993; Deicke, 2000; Liessmann, 2011). Für den Westharz sind dies vor allem die Vererzungen im Wissenbacher Schiefer, die Ober- und Mittelharzer Erzgänge, die Iberger Eisenerze, die Roteisenerze des Oberharzer Diabaszuges und, für die östlichen Harzabdachung, der Kupferschiefer.

Innerhalb der verschiedenen Erzlagerstätten dieser Region fallen den polysulfidischen Erzen des Rammelsberges und den Oberharzer Gangerzen besondere Bedeutung zu (Mohr, 1993; Deicke, 2000). Bei den devonischen Rammelsberger Erzen handelt es sich um fein verwachsene Bändererze, vornehmlich aus Pyrit, Galenit, Sphalerit und Chalkopyrit, 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 Kokardenzerze, die vornehmlich aus Galenit und Sphalerit bestehen. Als Gangarten treten Quarz, Kalzit und Baryt auf (Mohr, 1993, Deicke, 2005). Die Mittelharzer Gangvererzungen im Bereich von St. Andreasberg zeichnen sich durch die sehr reinen und hohen Silbergehalte aus (Deicke, 2000). Die Iberger Eisenerze entstanden durch eisenhaltige Hydrotherme, wobei es beim Kontakt mit den devonischen Riffkalken des Ibers zur Bildung von Siderit kam. Das Siderit dieser metasomatischen Verdrängungslagerstätte reagiert im Laufe der Erdgeschichte mit Wasser zu Limonit. Die Art der Entstehung und die geringen Anteile an Phosphor und Silikaten erlaubten sowohl einen einfachen Abbau der Erze als auch eine gute Verhüttbarkeit der Brauneisenerze. Im Gegensatz zu den Brauneisenerzen des Iberges waren die Roteisenerze des Oberharzer Diabaszuges schwer zu verhütten. Diese im Devon entstandenen Vererzungen bestehen primär aus Hämatit, Kalzit und Quarz und sind wahrscheinlich parallel zu den Diabasen aus eisenchlorhaltigen Hydrothermen entstanden (Deicke, 2000; Lissmann, 2011).

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 podsolige Braunerden, Podsole und Ranker entwickeln (Karste et al., 2005). 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.

2.3 Klima

Aufgrund seiner geografischen Lage ist das Klima des Harzes deutlich subozeanisch, von markantem W-O-Gefälle geprägt. So steigen die Niederschlagswerte von West nach Ost von 800 mm auf 1600 mm im Jahr am Brocken an, bevor sie im Bereich der östlichen Harzabdachung auf um die 500 mm fallen

(Haase, 1954; Glässer, 1994). 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. Neben den humiden Klimabedingungen zeichnet sich der Oberharz durch eine mittlere Julitemperatur von 13°C und eine mittlere Jahrestemperatur von unter 5°C aus, während es auf dem Brocken im Jahresmittel 2,8°C warm ist und die Julidurchschnittstemperaturen bei 10,2°C liegen (Glässer, 1994). An 80 Tagen im Jahr fällt im Hochharz Schnee und die Tage mit Schneebedeckung werden mit 115 angegeben (Beug et al., 1999).

2.4 Vegetationsgeschichte des Harzes

Der folgende kurze Abriss der Vegetationsgeschichte des Hochharzes mit Beginn des Präboreals richtet sich nach Beug et al. (1999) und der dort zitierten Literatur.

Präboreal (PZ IV; cal. 9540 – 8480 BC)

Das Präboreal beginnt mit dem Ende des NBP-Rückganges und wird, wegen fehlender Daten aus dem Hochharz, nach Datierungen aus der Eifel auf 9.540 cal. BC gesetzt. Der Beginn des Präboreals wird durch eine *Juniperus*-Strauchphase geprägt, wobei *Juniperus* Anteile von bis zu 12 % in den Pollendiagrammen des Harzes erreicht. Im Laufe der Pollenzone setzt die Wiederbewaldung nach dem letzten Glazial ein und es bilden sich zuerst lichte *Betula*-Wälder mit *Pinus*, die sich im Laufe der Zeit in *Pinus*-Wälder wandeln. In der Krautflora finden sich noch regelmäßig Glazial-Zeiger und höhere Anteile an Steppenelementen. Vereinzelt findet sich *Salix*, *Quercus*, *Acer*, *Sorbus* und *Tilia*, während Pollen von *Ulmus* nur selten in Erscheinung tritt. Das Präboreal endet mit der rationellen *Corylus*-Grenze.

Boreal (PZ V; cal. 8480 – 6570 BC)

Das Boreal ist durch die massive Expansion von *Corylus* im Untersuchungsgebiet geprägt. Zu Beginn breitet sich die Kiefer weiter aus und es kommt zur Entstehung von *Pinus-Corylus*-Wäldern, in denen *Corylus* schnell zur Vorherrschaft kommt und Werte von z.T. über 530 % in den Pollendiagrammen erreicht. Nachfolgend kommt es zur Einwanderung und Etablierung von *Ulmus* und *Quercus*, gefolgt von *Alnus* und *Tilia*. Die Ausbreitung der thermisch anspruchsvollen Eichenmischwaldarten (auf über 10 %) geht einher mit einem Rückgang von *Betula* und *Pinus*. Vereinzelt finden sich Pollen von *Fagus* und *Picea*. Das Boreal endet mit dem deutlichen Anstieg der *Alnus*-Kurve.

Älteres Atlantikum (PZ VI; cal. 6570 – 4830)

Kennzeichnend ist die Dominanz des Eichenmischwaldes (EMW) und der weitere Rückgang der Anteile von *Betula* und *Pinus* am Waldbild. Innerhalb des EMW erreichen *Ulmus* und *Quercus* die größte Bedeutung. Die hohen Anteile von *Tilia* deuten darauf hin, dass die Art regelmäßig in den Wäldern vertreten war. Der zu Beginn des Älteren Atlantikums einsetzende *Corylus*-Rückgang endet mit der Ausbreitung von *Fraxinus* im Untersuchungsgebiet. Die Werte von *Fagus* liegen in den Pollendiagrammen meist unter 1 %. Vorhanden sind weiter: *Picea*, *Acer*, *Sorbus*, *Abies*, *Viscum* und *Hedera*. Gegen Ende der Pollenzone finden sich vereinzelt die ersten Pollen des Getreide-Typs. Der Übergang zum Jüngeren Atlantikum wird durch die rationale *Picea*-Grenze markiert.

Jüngeres Atlantikum (PZ VII; cal. 4830 – 4140 BC)

Im Jüngeren Atlantikum ist der EMW weiter vorherrschend. Die Anteile des EMW sinken in den Pollendiagrammen jedoch deutlich. Parallel kommt es zur Massenausbreitung der Fichte, die Anteile von bis zu 40 % in den Pollenspektren erreicht. Bei den Wäldern des Jüngeren Atlantikums handelte es sich daher um Laubmischwälder aus *Quercus*, *Tilia* und *Ulmus* mit hoher Beimengung an *Picea abies*. Innerhalb der PZ sinken die Anteile von *Ulmus* deutlich und das Ende des Jüngeren Atlantikums fällt mit dem Ende des Ulmen-Falles zusammen.

Älteres Subboreal (PZ VIIIa; cal. 4140 – 1710 BC)

Das Ältere Subboreal ist durch die Ausbreitung der Rot-Buche charakterisiert, im Harz bleibt *Picea* weiter die dominierende Baumart und erreicht hier im EMW beachtliche Anteile. Zu Beginn finden sich vereinzelt Pollenkörner von *Carpinus* und gegen Ende der PZ setzt die geschlossene *Carpinus*-Kurve ein. Mit höheren Anteilen in den Pollendiagrammen finden sich weiter *Corylus*. *Pinus* ist noch in den Wäldern des Harzes vertreten, jedoch nur noch mit geringeren Anteilen in den Pollendiagrammen. Zudem lassen sich nun häufiger Pollenkörner des *Plantago lanceolata*-Typs und des Getreide-Typs finden. Der Übergang zum Jüngeren Subboreal wird durch den Anstieg der *Fagus*-Kurve auf über 5 % markiert.

Jüngeres Subboreal (PZ VIIIb; cal. 1710 – 780 BC)

Die Rot-Buche breitet sich weiter aus und erlangt die Vorherrschaft in den Wäldern des Harzes. Die Rot-Buchenausbreitung geht einher mit einem starken Rückgang der EMW-Elementen, *Alnus* und *Corylus*. *Picea* reagiert unterschiedlich auf die

Massenausbreitung der Rot-Buche, so gehen einerseits die Anteile von *Picea* in verschiedenen Pollendiagrammen drastisch zurück, andererseits lässt sich in anderen Pollendiagrammen kein Rückgang finden. Das Jüngere Subboreal endet mit der *Carpinus*-Ausbreitung.

Älteres Subatlantikum (PZ IXa/IXb; cal. 780 BC – 900 AD)

Fagus dominiert weiter das Waldbild im Harz und findet sich mit hohen Anteilen in den Pollendiagrammen. Die Werte der Fichte erreichen nun Anteile von rund 20 %. Sie spielt damit für den Aufbau der Wälder nur eine untergeordnete Rolle. Innerhalb der EMW-Arten ist nur noch *Quercus* von größerer Bedeutung in den Pollendiagrammen. Die Anteile von *Alnus* sinken weiter, gleichzeitig wächst *Pinus* noch immer im Hochharz. *Carpinus* erreicht Werte von maximal 5 %. Siedlungszeiger finden sich nur wenige mit einzelnen Getreide-Pollenkörnern in den Pollendiagrammen. Darüber hinaus lassen sich *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Plantago lanceolata* und *Rumex* nachweisen. In der zweiten Hälfte des Älteren Subatlantikums (PZ IXb) steigen die Anteile von *Carpinus* deutlich auf bis zu 15 % an, gleichzeitig setzt die Kurve der Siedlungszeiger nahezu aus. Gegen Ende der PZ IX steigen die Werte der Siedlungszeiger (meist Pollen von *Secale*) wieder auf 0,5 % an und zeigen so die Intensivierung der Besiedlung und des Ackerbaues nach der Völkerwanderungszeit an

Jüngeres Subatlantikum (PZ X; cal. 900 – 1950 AD)

Charakteristisch für das Jüngere Subatlantikum ist eine geschlossene Getreidekurve von über 0,5 %, wobei auch hier wieder *Secale* die höchsten Anteile erreicht. Die PZ teilt sich in einen älteren, von Rot-Buchen dominierten und einen jüngeren, von Fichten dominierten Bereich auf. Die hohen Anteile von Siedlungszeigern, des NBP und von *Calluna vulgaris* deuten auf intensive menschliche Aktivität im Harz und seinem Vorland hin. Deutlich wird auch der gravierende Raubbau an den Wäldern des Harzes durch den Bergbau und den Bedarf an Holz als Energieträger. Die Anteile der Rot-Buche, von *Carpinus* und den EMW-Arten sinkt drastisch. Parallel kommt es zur Ausbreitung von Pioniergehölzen, wie *Betula* und *Corylus*. Im Laufe des Jüngeren Subatlantikums vollzieht sich zudem die Umwandlung von Buchenwäldern in Fichtenwälder und anschließend in Fichtenforste.

2.5 Vegetation

In den collinen Lagen des Harzes finden sich als Klimaxgesellschaften Eichen-Hainbuchenwälder (Verband *Carpinion betuli*, z. B. *Stellario-Carpinetum*) im montanen Bereich (bis 700 m ü. NN) Restbestände des *Luzulo-Fagetums*, z.T. auch des *Melico-* und *Dentario-Fagetums* (Drachenfels, 1990; Pflume, 1999 Willerding 2000a; Begemann, 2003), wobei dem *Luzulo-Fagetum* aufgrund der nährstoffarmen Böden beim Aufbau der Potenziellen Natürlichen Vegetation eine besondere Rolle zufällt (Emmerich und Schmidt, 1997). Durch Rodungen und darauffolgende Aufforstungen entstanden in den letzten 200 Jahren ausgedehnte Fichtenforste in der Laubmischwald- und Buchenzone (Pusch, 2008). Ab 750 bis 850 m ü. NN dominieren neben diesen Fichtenforsten Fichtenwälder des Typs *Calamagrostis villosae-Piceetum* mit Reliktpopulationen der autochthonen Harzfichte (Kison und Wernecke, 2004).

Von 850 m ü. NN bis zum Brocken (1141 m ü. NN) prägen verschiedene Assoziationen der *Vaccinio-Piceetea* (Boreal-kontinentale-zwergstrauchreiche Nadelwälder) und der *Vaccinio uliginosi-Pinetea* (Rauschbeeren-Kiefern-Fichten-Moorwälder) das Waldbild. Auf vermoorten Standorten ist häufig das *Vaccinio uliginosae-Piceetum* zu finden, während sich auf blockreichem Gebiet das *Bazzanio-Piceetum* ausbildet, das im Bereich der Waldgrenze und sehr blockreicher Standorte vom *Piceo-Sorbetum aucupariae* abgelöst wird (Wegener, 2007).

Bei den laubabwerfenden Wäldern des Harzes handelt es sich um kleinflächige Restbestände einst ausgedehnter Laubwälder. So wird der Großteil des niedersächsischen Harzes heute von der Fichte (*Picea abies* (L.) H. Karst.) dominiert (72 %). *Fagus sylvatica* L. tritt noch mit 19 % auf, während die restlichen Laubbäume zusammen nur auf 5 % kommen. Auch im Nationalpark Harz, der große Teile des Hochharzes einnimmt, stellt *Picea abies* mit 85 % die wichtigste Baumart und stockt zu 60 % auf Laubwaldstandorten (Karste et al., 2006). Im Bereich der östlichen Harzabdachung finden sich bis 500 m ü. NN Traubeneichen-Hainbuchenwälder, gefolgt von Fichtenwäldern in den höheren Bereichen. In den Randbereichen des Harzes finden sich weiter Restbestände von Linden-Blockhaldenwäldern, Ahorn-Linden-Steilhangwäldern und Steinschutt-Schluchtenwäldern (Beug et al., 1999). Aufgrund der tief eingeschnittenen Täler finden sich nur kleinflächig bis 420 m ü. NN Uferwälder, wie das *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae*. Weiter verbreitet sind sowohl Hochstauden- und Quellflure als auch Kleinseggenriede (*Caricetum nigrae*).

Durch Viehhaltung jahrhundertlang gefördert, prägen Grünlandgesellschaften noch immer das Landschaftsbild des Oberharzes und seiner Rumpfflächen. Von Bedeutung sind hierbei verschiedene Feuchtwiesen, das *Centaureo pseudophrygiae*-Meetum und das Meso-Trisetum. Die Moore des Harzes zeichnen sich durch ein Mosaik aus Niedermoor- und Hochmoorkomplexen aus. Nach Jensen (1987, 1990) lassen sich neun Pflanzengesellschaften mit vielen Subassoziationen und Varianten unterscheiden (vgl. Beug et al., 1999; Baumann, 1999, 2009). Seit Gründung des Nationalparks Harz 1990 wird zum ersten Mal in der Geschichte des Harzes durch waldbauliche Maßnahmen und Strukturverbesserung die natürliche Naturwald-dynamik gefördert. So dienen die Waldentwicklungsmaßnahmen des Nationalparks außerhalb der Naturdynamikzone mehrheitlich der Laubholzförderung.

2.6 Abriss der Siedlungs- und Bergbaugeschichte

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

Eine dauerhafte Besiedlung des Harzvorlandes erfolgte bereits früh, während der Linienbandkeramik und während der Trichterbecherzeit und der Aunjetitzer Kultur. Gegen Ende der Bronzezeit und mit der vorrömischen Eisenzeit setzte eine Intensivierung der Besiedlung ein, die hauptsächlich während der Völkerwanderungszeit wieder abnahm. Früheste Hinweise auf Bergbau und Metallgewinnung finden sich schon während der späten Bronzezeit (7. Jahrhundert v. Chr.) durch Isotopenuntersuchungen an Silber- und Bleiartefakten im Harz (Lehmann, 2011). Weitere Hinweise auf vorchristliche Metallgewinnung finden sich im Vorland durch Schwermetallanreicherungen an Sediment- und Torfkernen (Niehoff et al., 1992; Matschullat et al., 1992, 1997; Brockner et al., 1999; Hettwer, 1999; Kronz et al., 2006). 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 und Linke, 1990; Brockner, 2000; Klappauf, 2009). Auch die Verwendung von Rammelsberger Kupfererzen lässt sich bereits in die ersten Jahrhunderte nach Christi Geburt datieren (Klappauf und 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 als Eichenmastwald und 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. Mit Beginn des Landausbaus durch die Liudolfinger erfolgte eine weitere Intensivierung der Besiedlung und Landnutzung im Harz und Harzvorland. Im 11. Jahrhundert setzte zudem der Bergbau des Alten Mannes ein, in dessen Folge es um 1200 zu zahlreichen Städtegründungen und zur Blütezeit des frühen Bergbaues im Harz kam. Die Schmelzplätze, die anfangs an den Bachoberläufen oder in Quellgebieten lagen, wurden zu dieser Zeit noch saisonal betrieben (Klappauf, 2011a). Mit wachsender wirtschaftlicher Bedeutung der Erz- und Metallgewinnung 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). Dies führte u.a. auch zu einer Wiederverwertung von alter Sinterschlacke (Klappauf, 2011a). Schon früh können Bemühungen und technische Neuerungen (z. B. Fundstätten 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). Im Hohen Mittelalter folgte 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). Mit der steigenden Nutzung, die immer an einen Raubbau grenzte, änderte sich die Zusammensetzung des Waldes. Anhand anthrakologischer Untersuchungen rekonstruierte Hillebrecht (1982) für den Oberharz einen Ahorn-Buchen-Wald („Buchen-Ahorn-Dunkelwald“; *Aceri-Fagetum*) als natürliche 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 (*Betula spec.*, *Corylus spec.*, *Sorbus spec.*, *Salix spec.*, *Populus spec.*). Parallel kam es zur Förderung von *Picea abies* (L.) H. Karst., 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. Im Mittelalter und der frühen Neuzeit erfolgte noch keine geregelte Forstwirtschaft im Harz (Greger, 1991). Erst im 17. und 18. Jahrhundert erfolgte eine direkte Anpflanzung von Fichten und der Aussaat von Samen.

In der Mitte des 14. Jahrhunderts ist in der Region eine Periode des Rückganges des Bergbaues, vor allem in Folge der Pestepidemien von 1347 bis etwa 1500, zu beobachten. Neben den Pestepidemien spielten auch die Wässerung der Gruben, steigende Kosten bei der Lagerstättenausbeutung und eine allgemeine Energieverknappung eine Rolle (Hauptmayer, 1992; Steuer 2000; Begemann, 2003). Nach 1520 setzte jedoch mit der 2. Bergbauperiode ein neuer Aufschwung ein (Beug et al., 1999), der schnell an Intensität gewann und durch Erlass zahlreicher Bergfreiheiten durch die Landesfürsten gefördert wurde. Im 16. und 17. Jahrhundert kam der Bergbau erneut zum Erliegen und wurde nur lokal kleinflächig fortgeführt (Niemann, 1991). Ursachen für den erneuten Rückgang der Bergbauaktivität liegen im 30-jährigen Krieg und in zahlreichen Borkenkäferkalamitäten. Dies führte zu einer weiteren Verknappung der ohnehin begrenzten Energieressourcen (Beug et al., 1999). Erst im 18. Jahrhundert erfolgte ein letzter Aufschwung, der für mehr als 100 Jahre zu einer beachtlichen Ausweitung des Bergbaues führte, bis er letztendlich zu unrentabel wurde. Im Jahre 2007 stellte die Grube Wolkenhügel bei Bad Lauterberg als letzte den Betrieb ein, womit der 2000-jährige Bergbau im Harz vorerst endete.

2.7 Archäologische Fundplätze und Befunde

Aus dem Westharz wurden Boden- und Holzkohleproben der Fundplätze Schnapsweg, Kötental, Rabental, Schildautal (Hahnetal), Huneberg, Düna und Johanneser Kurhaus bearbeitet (Abb. 2). Die archäologischen Grabungen führte die Arbeitsstelle Montanarchäologie des Niedersächsischen Landesamts für Denkmalpflege, Hannover, durch. Bis auf Düna lassen sich die untersuchten Fundplätze 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 Fundstätten 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. Bei der Fundstätte Düna (etwa 1. vorchristliches Jahrhundert – 14. Jahrhundert) handelt es sich um eine Siedlung mit zugehörigen Schmelzplätzen im Harzvorland.

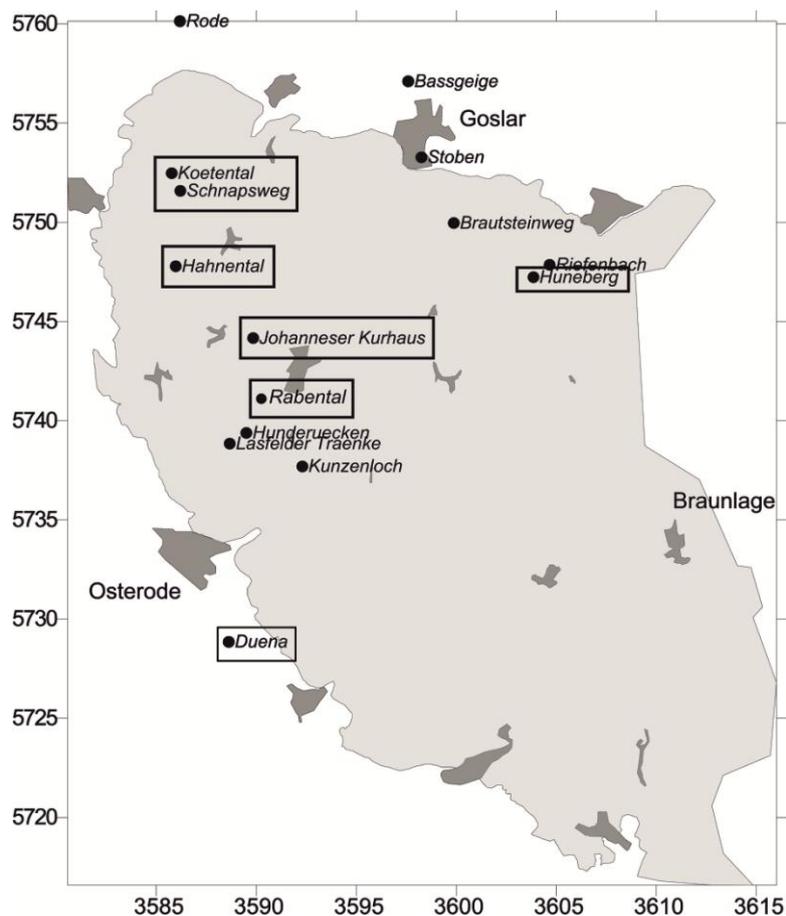


Abb. 2: Karte des Westharzes mit Lage der untersuchten archäologischen Fundstätten Kötental, Rabental, Schildautal (Hahnetal), Schnapsweg, Huneberg, Johanneser Kurhaus und Düna. Karte nach Klappauf und Brockner, 2000.

Da der Fokus der anthrakologischen Untersuchungen auf dem Ober- und Hochharz liegt, wurden an den Bodenproben der Fundstätte Düna nur botanische Makroreste untersucht (s. Kap. 2.7.7). Der Fokus der anthrakologischen Untersuchungen liegt aufgrund der Probenanzahl und den detaillierten archäologischen Voruntersuchungen auf den Plätzen Huneberg und Johanneser Kurhaus (Alper, 1998, 2003; Klappauf und Linke, 2004; Klappauf et al., 2008).

2.7.1 Johanneser Kurhaus

Landkreis Goslar, Gemarkung Zellerfeld, Forst, FSt-Nr. 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 Stuffental, 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 (C14-Datierungen) spiegeln einen dichten Ahorn-Buchen-Wald (*Aceri-Fagetum*) 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 rundlichen 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 *Vitis vinifera* und *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.

2.7.2 Huneberg

Landkreis Goslar, Gemarkung Harzburg Forst II, FSt-Nr. 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 und Linke, 2004). Ergraben wurden drei technisch komplexe Öfen mit zugehörigem Luftkanal und 10 m langem Gerinne (Klappauf, 2011b). Im südlichen Bereich des Ofens fanden sich in einer Laufsicht 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. Weiter finden sich zahlreiche Wagenspuren, die wahrscheinlich der „Ellricher Straße“ zugeordnet werden können.

2.7.3 Schnapsweg

Landkreis Goslar, Gemarkung Lautenthal, Forst, FSt-Nr. 121.

Die Fundstätte Schnapsweg liegt auf 490 m ü. NN im oberen Bereich des Steigertals am Westhang des Hackelsberges. In zwei Grabungskampagnen 1996 und 1997 wurde ein 4x8 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 wurden drei Ofenanlagen geophysikalisch nachgewiesen, eine davon, durch forstbauliche Maßnahmen gefährdet, ausgegraben. Auf diesen Anlagen haben wahrscheinlich Schachtöfen von bis zu 1,5 m Höhe gestanden (Klappauf et al., 1998). Es handelt sich beim Schnapsweg um einen Schmelzplatz aus dem 10. Jahrhundert, in dem aus Rammelsberger Erz Kupfer gewonnen wurde.

2.7.4 Kötental

Landkreis Goslar, Gemarkung Seesen I, Forst, FSt-Nr. 3

Die Fundstätte 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. Wie der 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 und Brockner, 2000).

2.7.5 Rabental – Tannhai

Landkreis Goslar, Gemarkung Zellerfeld, Forst, FSt-Nr. 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 Verhüttungsplatz der Anfangszeit des Johanneser

Kurhauses zu vergleichen (Klappauf, per. Mitt.). Im Gegensatz zum Johanneser Kurhaus kam es jedoch nicht zur Entwicklung einer Bergbausiedlung im 12. und 13. Jahrhundert.

2.7.6 Schildautal

Landkreis Goslar, Gemarkung Lautenthal, Forst, FSt-Nr. 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 und Linke, 2000). Der Schmelzplatz Schildautal lässt sich sowohl zeitlich als auch technisch mit dem Schmelzplatz Schnapsweg gleichsetzen.

2.7.7 Düna

Landkreis Osterode, Gemarkung, Osterode am Harz, FSt-Nr. 14

In den Jahren 1981 bis 1985 wurde die Siedlung Düna bei Osterode im Harz ausgegraben. Die folgende Beschreibung der Siedlung folgt Begemann (2003) und der dort zitierten Literatur. Das Gebiet um Düna wurde in der Spätlatènezeit bzw. in der frühen römischen Kaiserzeit durch rheinwesergermanische Gruppen besiedelt. Zu Beginn handelte es sich um locker verteilte Gehöfte entlang zweier Bächen. In den zugehörigen Rennfeueröfen wurden schon früh Erze aus dem Harz verhüttet. Die Siedlung entwickelte sich im Laufe der Jahrhunderte ohne Wüstungsphase kontinuierlich weiter, bis die Siedlung im 14. Jahrhundert schließlich aufgegeben wurde. Als mit Beginn der Herrschaft der Liudolfinger der Ausbau der Siedlungen und Bergbauaktivitäten im Harz verstärkt wurde, entstand im Laufe des 10. Jahrhunderts in Düna ein repräsentatives Steingebäude. Als dieses im 12. Jahrhundert abbrannte wurde an dessen Stelle ein Turmhaus errichtet und Düna fungierte nun wahrscheinlich als Herrnsitz oder Reichsgut. Neben der andauernden Siedlungsaktivität wurde in Düna ohne Unterbrechung Erz aus dem Harz verhüttet. Erst mit Beginn des 14. Jahrhunderts fiel die Siedlung wüst und es kam zum Erliegen der Verhüttungsaktivitäten (Klappauf, 1986).

3 Methodik

3.1 Pollenanalyse

3.1.1 Geländemethoden

In den Jahren 2010 und 2011 wurden im Rahmen verschiedener Feldkampagnen in drei ausgewählten Mooren des Harzes Bohrkerne gewonnen. Die Auswahl der Moore und der genauen Bohrlokalitäten wurden nach Auswertungen vorhandener pollenanalytischer Untersuchungen (Beug et al., 1999) und eigenen Geländeuntersuchungen vorgenommen. Von Bedeutung waren hierbei vor allem Alter und Zersetzungsgrad der Torfe, als auch deren Mächtigkeit und geographische Lage. Die Gewinnung der Bohrkerne erfolgte mit einem Usinger-Kolbenbohrer (Stechrohr-Bohrgerät; Mingram et al., 2007). Die Länge der einzelnen Kernsegmente beträgt hier jeweils 1 m, ihr Durchmesser – je nach verwendeter Sondengröße – 55 oder 80 mm. Um zu gewährleisten, dass ausreichend Probenmaterial für die Untersuchungen zur Verfügung stand, erfolgten die Bohrungen vornehmlich mit der 80 mm–Sonde. Lediglich dort, wo Holzfragmente oder *Eriophorum*-Bulten nicht mit dem 80 mm–Stechzylinder durchdrungen werden konnte, wurde die 55 mm-Sonde genutzt. Zur Beschreibung der Torfstratigrafie wurden die Kerne der Länge nach zerschnitten und vermessen. Im Anschluss wurden sie in PVC-Röhren verpackt und bis zur Weiterverarbeitung im Kühlraum des Institutes für Ökosystemforschung gelagert.

3.1.2 Labormethoden

Für die Probenaufbereitung im Labor wurde ein definiertes Volumen aus einer Kernhälfte entnommen (s. Kap. 4). Die Aufbereitung der Proben für die Pollenanalyse erfolgte nach der von Faegri und Iversen (1989) beschriebenen Standard-Methode. Zur Berechnung der Pollenkonzentration wurden zu Beginn der Aufbereitung *Lycopodium*-Markersporen zugesetzt (Stockmarr, 1971). Die Proben wurden zur Auflösung von Karbonaten bzw. der Markersporentabletten mit 10%iger Salzsäure behandelt und anschließend in Kalilauge gekocht. Die botanischen Makroreste wurden nachfolgend abgesiebt und die Proben anschließend acetolisiert. Die so aufkonzentrierten Pollenproben wurden zur Lagerung und bis zur weiteren Verwendung in Glycerin eingebettet.

3.1.3 Datenerhebung und Darstellung

Die Auszählung der Palynomorphen erfolgte an einem Durchlichtmikroskop (Nikon Eclipse 50i) mit 400-facher Vergrößerung. Schwer anzusprechende Pollentypen und die Pollenkörner des Getreide-Typs wurden mit 1000-facher Vergrößerung (Ölimmersion) und unter Verwendung des Phasenkontrastes bestimmt. Zur Bestimmung der Pollentypen wurde sowohl die übliche Bestimmungsliteratur (Beug, 2004; Reille, 1992, 1995, 1998; Punt, 1976; Moore et al., 1991) als auch die rezente Vergleichssammlung des Instituts für Ur- und Frühgeschichte, Universität Kiel, genutzt. Zusätzlich zu den Palynomorphen wurde für jede Probe die Anzahl der Holzkohlepartikel größer als 10µm erfasst (Mikroholzkohle; Conedera et al., 2009). Die Ergebnisse der Pollenanalysen sind als Schattenrisskurven in Prozentwertdiagrammen dargestellt und wurden mit dem Programm C2 (Juggins, 2007) erstellt. Als Bezugssumme für die Prozentwertberechnung der einzelnen Taxa dient die Terrestrische Pollensumme (TPS) exklusive der Pollenkörner sowohl von Helo-, und Pleustophyten als auch von Cyperaceae, Ranunculaceae und Ericaceae. Zur Vergleichbarkeit mit existierenden Pollendiagrammen aus dem Harz und Harzvorland (vgl. Beug et al., 1999; Begemann, 2003) erfolgt die Berechnung der Baumpollensumme (BP) ohne *Corylus*. Die Zusammensetzungen der in den Synthese-Pollendiagrammen aufgeführten Summenkurven ist in Tabelle 1 beschrieben.

Tab. 1: Übersicht über die in den Pollendiagrammen verwendeten Summenkurven und die zugehörigen Pollentaxa.

Summenkurve	Pollentaxa
Eichenmischwald	<i>Acer</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Quercus</i> , <i>Tilia cordata</i> -Typ, <i>Tilia platyphyllos</i> -Typ, <i>Ulmus</i>
Pioniergehölze	<i>Salix</i> , <i>Betula</i> , <i>Hippophae</i> , <i>Pinus</i> , <i>Corylus</i>
Cerealien	<i>Avena</i> -Typ, Cerealien indet., <i>Hordeum</i> -Typ, <i>Secale</i> , <i>Triticum</i> -Typ
Heliophyten / Siedlungszeiger	Fabaceae, Urticaceae, <i>Pteridium</i> , <i>Artemisia</i> , <i>Centaurea jacea</i> , <i>Polygonum aviculare</i> , <i>Plantago major/media</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Rumex acetosa</i> , <i>Centaurea cyanus</i> , <i>Thalictrum</i> , Brassicaceae, Chenopodiaceae
Cichorioidae	<i>Crepis</i> -Typ, Cichorioidae indet.
Asteraceae	<i>Cirsium</i> , <i>Matricaria</i> -Typ, <i>Senecio</i> -Typ, <i>Xanthium spinosa</i> -Typ, Asteraceae indet.
Caryophyllaceae	<i>Cerastium</i> -Typ, <i>Dianthus</i> , <i>Gypsophyla</i> -Typ, <i>Spergularia</i> -Typ, <i>Silene</i> -Typ, Caryophyllaceae indet.

Der Gehalt an Holzkohlepartikeln wird in Partikel per cm³ angegeben und die Pollenkonzentration bezieht sich ebenfalls auf das Volumen.

Die Berechnung der Pollenkonzentration erfolgt nach der folgenden Formel (vgl. Maher, 1981; Schneck, 2006):

$$P_{\text{konz}} = (\text{Pollen}_{\text{gez}} \times \text{Lycopodium}_{\text{zug}}) / (\text{Lycopodium}_{\text{gez}} \times \text{Volumen}_{\text{pro}})$$

P_{konz} = Pollenkonzentration

$\text{Pollen}_{\text{gez}}$ = Menge der gezählten Pollenkörner

$\text{Lycopodium}_{\text{zug}}$ = bei der Aufbereitung zugegebenen *Lycopodium*-Sporen

$\text{Lycopodium}_{\text{gez}}$ = gezählte *Lycopodium*-Sporen

$\text{Volumen}_{\text{pro}}$ = Volumen der Probe

3.2 Holzkohleanalyse

3.2.1 Meilerplätze im Gelände

Im Rahmen verschiedener Geländebegehungen wurden in den Jahren 2009 und 2010 Meilerplätze im Hochharz erfasst und anschließend Proben für die Holzkohleuntersuchungen entnommen. Meilerplätze stellen sich im Gelände in der Regel anhand ihrer typischen ovalen bis runden Verebnungen (Meilerplatte) mit markanten hangseitigen Abgrabungen und einer talseitigen Auffüllung des abgegrabenen Materials dar (Abb. 3). Meiler sind darüber hinaus meist durch eine unterschiedlich mächtige Holzkohleschicht gekennzeichnet, die sich sehr deutlich vom umliegenden mineralischen Boden abzeichnet.

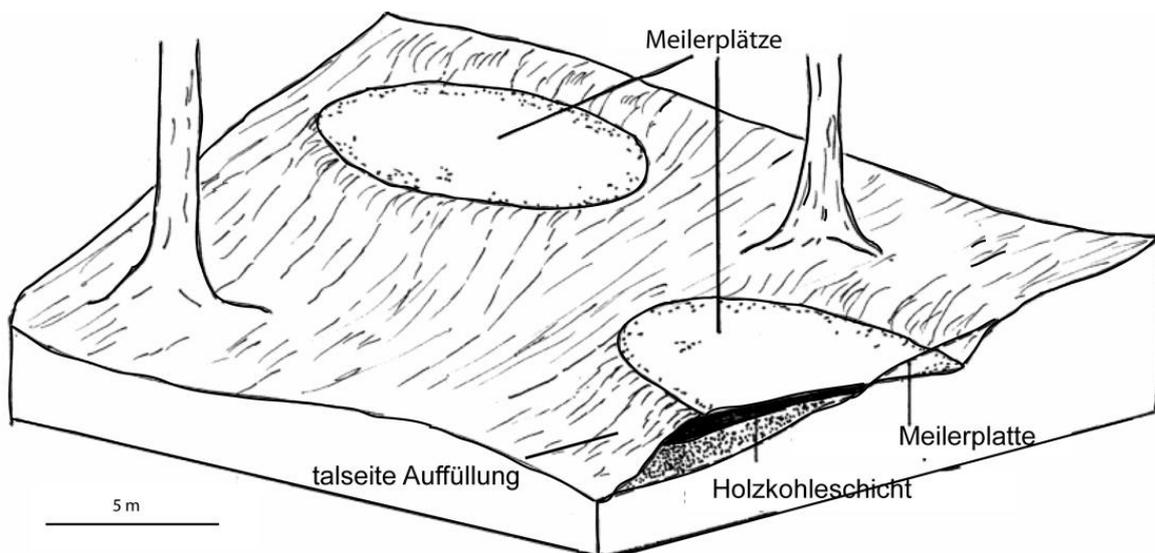


Abb. 3: Geländebefund Meilerplatz. Der typische Meilerplatz in Mittelgebirgen befindet sich meist in Wäldern an Hängen. Er zeichnet sich durch eine meist runde Verebnung (Meilerplatte) mit hangseitiger Abgrabung und talseitiger Aufschiebung des Hangmaterials aus. Typisch ist zudem eine ausgeprägte Holzkohleschicht. Abbildung nach Ludemann und Nelle (2002).

Proben für die Holzkohleuntersuchung wurden nach Ludemann und Nelle (2002) entnommen. Um lokale Anreicherungen von Holztaxa zu verhindern, wurden von jedem Meilerplatz fünf Proben aus verschiedenen Bereichen des Meilerplatzes entnommen. Aufgrund der unterschiedlichen Geländesituation wurde auf ein festes Verteilungsmuster der Teilproben verzichtet. Die Probenentnahmestellen sind gleichmäßig über den Meiler verteilt, wobei drei Entnahmestellen am hangabwärts liegenden Rand und zwei auf der Verebnungsfläche des Meilerplatzes liegen. An jeder der fünf Probestellen wurden aus einem 20 bis 60 cm tiefen Loch Holzkohlen größer als 0,25 cm³ per Hand ausgelesen und anschließend ½ bis 1 l Bodenmaterial zugefügt. Im Zentrum des Meilerplatzes wurde mittels eines Pürckhauer-Bohrers die Mächtigkeit der Kohleschicht ermittelt. Fanden sich zwei oder mehr von einem mineralischen Horizont getrennte Holzkohleschichten, wurde für jede separat eine Bodenprobe entnommen. Die untersuchten Meilerplätze wurden anschließend vermessen, der Erhaltungszustand im Gelände erfasst und die Entfernung zu einem Gewässer bestimmt.

3.2.2 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 40- 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. Holz-anatomisch relevante mikroskopische Identifizierungsmerkmale sind hierbei u.a. die Verteilung und Größe von Tracheen und Tracheiden, 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* und *Populus* generell möglich, jedoch wird diese Abtrennung aufgrund geringer Größe oder schlechter Erhaltung der Holzkohle mitunter erschwert. Da eine Unterscheidung hinsichtlich vegetationskundlicher Fragen und der anthrakologischen Unterscheidung von verschiedenen Arbeits-

prozessen eine untergeordnete Rolle spielt, wurden in der vorliegenden Untersuchung die Anteile von *Salix* und *Populus* meist zum *Salix-Populus*-Typ zusammengefasst. Im Gegensatz zu den Gattungen *Salix* und *Populus* ist eine Unterscheidung zwischen den Gattungen *Picea* und *Larix* 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 kleinflächig kultiviert (Kison und Wernecke, 2004). Daher ist davon auszugehen, dass die Sammelkategorie *Picea-Larix*-Typ einzig aus *Picea abies* (L.) H. Karst. aufgebaut ist. Aufgrund dessen wird der *Picea-Larix*-Typ hier als Fichte (*Picea abies*) 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, bei denen primär zwischen den Unterfamilien Pyroideae und Amygdaloideae differenziert wird. Holzanatomisch lässt sich von diesen beiden Unterfamilien einzig die Gattung *Sorbus* 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/m^3 während in der Kategorie Hartholz alle Hölzer mit einer Darrdichte über 550 kg/m^3 zusammengefasst werden. Ferner sind unter der Pioniervegetation bzw. den Pioniergehölzen die folgenden Gattungen summiert: *Corylus*, *Betula*, Pyroideae (cf. *Crataegus*), *Sorbus* sowie der *Salix-Populus*-Typ. In der Ergebnisdarstellung für die archäologischen Fundstätten wird weiter sowohl zwischen Klimaxgattungen und Gymnospermae, als auch zwischen Feuchte- und Lichtzeigern unterschieden (Tab. 2).

Tab. 2: Übersicht über die Phanerophyten-Kategorien und der zugehörigen holzanatomischen Taxa.

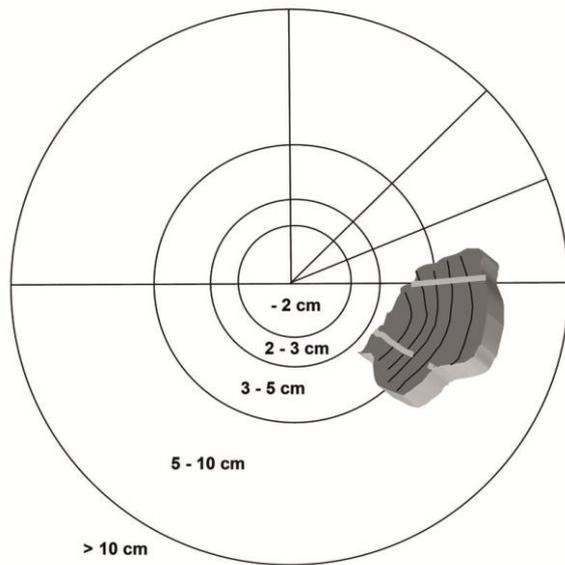
Kategorie	Holzanatomische Taxa
Klimaxgattungen	<i>Fagus</i> , <i>Acer</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Quercus</i>
Gymnospermen	<i>Picea-Larix</i> -Typ, <i>Taxus</i> , <i>Pinus</i>
Lichtzeiger	<i>Corylus</i> , <i>Betula</i> , <i>Sorbus</i> , Pyroideae, Amygdaloideae
Feuchtezeiger	<i>Alnus</i>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

Die Prozentangaben wurden auf ganze Zahlen gerundet und die Nomenklatur folgt Oberdorfer (2001), Wisskirchen und Haeupler (1998) und Schubert et al. (2001).

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 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), jedoch ist davon anzugehen, 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, 1996) und sind somit sowohl Lichtzeiger als auch Klimaxarten für ein definiertes Areal. Da *Quercus* 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*, *Alnus* und *Fraxinus* sind ebenfalls Klimaxarten, werden aber aufgrund ihrer Eigenschaft als Frische- und Nässezeiger (nach Ellenberg, 1996) hier zu den Feuchtezeigern gruppiert. Zur Unterscheidung zwischen der Nutzung von Laub- und Nadelholz als auch zur Untersuchung der Ausdehnung der Fichtenareale, wird die Klimaxart *Picea abies* zu den Gymnospermen gestellt.

3.2.3 Dendro-Anthrakologie

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. 4). Das Einpassen in die Schablone erfolgt anhand der Jahrringkrümmung und dem Winkel der Markstrahlen zueinander (Ludemann, 1996, 1999, 2006a, 2008; Ludemann und Nelle, 2002).



Insgesamt werden fünf Größenklassen / Durchmesserklassen (GK) unterschieden (Tab. 3). 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.

Abb. 4: Größenklassenschablone mit den fünf unterschiedlichen Größenklassen nach Ludemann und Nelle (2002).

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

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

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.

Tab. 3: Größenklassen (GK) mit zugehörigen Durchmessern und Größenklassenmittelwerten in cm nach Ludemann und Nelle (2002).

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

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 und Nelle, 2002). Im Vergleich mit Rezentanalysen (z. B. Nelle, 2002; Ludemann, 2006b, 2008) lassen sich nun Rückschlüsse auf die genutzten Bestände ziehen (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 kann von einer Stamm- und Starkholznutzung ausgegangen werden (Nelle, 2002; Tab. 4).

Tab. 4: Überblick über die mittleren Durchmesserwerte in cm, das Holzsortiment und die zugehörige mögliche Nutzung nach Nelle (2002).

mD	Holzsortiment nach rezenten Vergleichen	Mögliche Nutzung
1,5 - 6,2	Schwachholz, kaum über 10 cm Durchmesser	Brennholz, Astholzvermeilerung
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

Um weitere Aussagen zur Bestandsstruktur der genutzten Wälder machen zu können, wurde für jedes Holzkohlestück die Anzahl der Jahrringe und der Durchmesser in mm ermittelt. Weiter wurde die Holzkohle gewogen und zum besseren Vergleich der einzelnen Proben/Taxa das mittlere Stückgewicht berechnet (g/n-Wert; Gewicht der Holzkohle eines Taxons dividiert durch die Anzahl bestimmter Holzkohlen des Taxons).

3.3 Archäobotanik

Die in den Grabungskampagnen seitens der Archäologie entnommenen Bodenproben wurden am Institut für Ur- und Frühgeschichte, 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. Im Vorfeld wurde Gewicht und Volumen der Bodenprobe gemessen. Die Makroreste wurden nach erfolgter Trocknung der geschlämmten Proben unter einem Binokular (Olympus S751) im Auflicht mit 10- bis 40-facher Vergrößerung ausgelesen und bestimmt. Die Bestimmung der Makroreste erfolgte mit der Vergleichssammlung des Institutes für Ur- und Frühgeschichte und gängigen Bestimmungsliteratur (z.B. Cappers et al., 2006).

4 Material

4.1 Pollenanalyse

Aus zwei Hochmooren und einem Niedermoor wurden in den Jahren 2009 und 2010 verschiedene Torfprofile erbohrt und pollenanalytisch untersucht. Die drei Moore (Sonnenberger Moor, Brockenbettmoor und Blumentopfmoor) liegen in unterschiedlichen Bereichen und Höhenlagen des Harzes (Abb. 5). Sowohl das Probenintervall als auch die absolute Zählsumme (Baumpollensumme) richtet sich nach der Art des Moores und der zu bearbeitenden Fragestellung. In einigen Teufen konnte jedoch die angestrebte Baumpollensumme auch nach Durchsicht des komplett zur Verfügung stehenden Materials nicht erreicht werden.

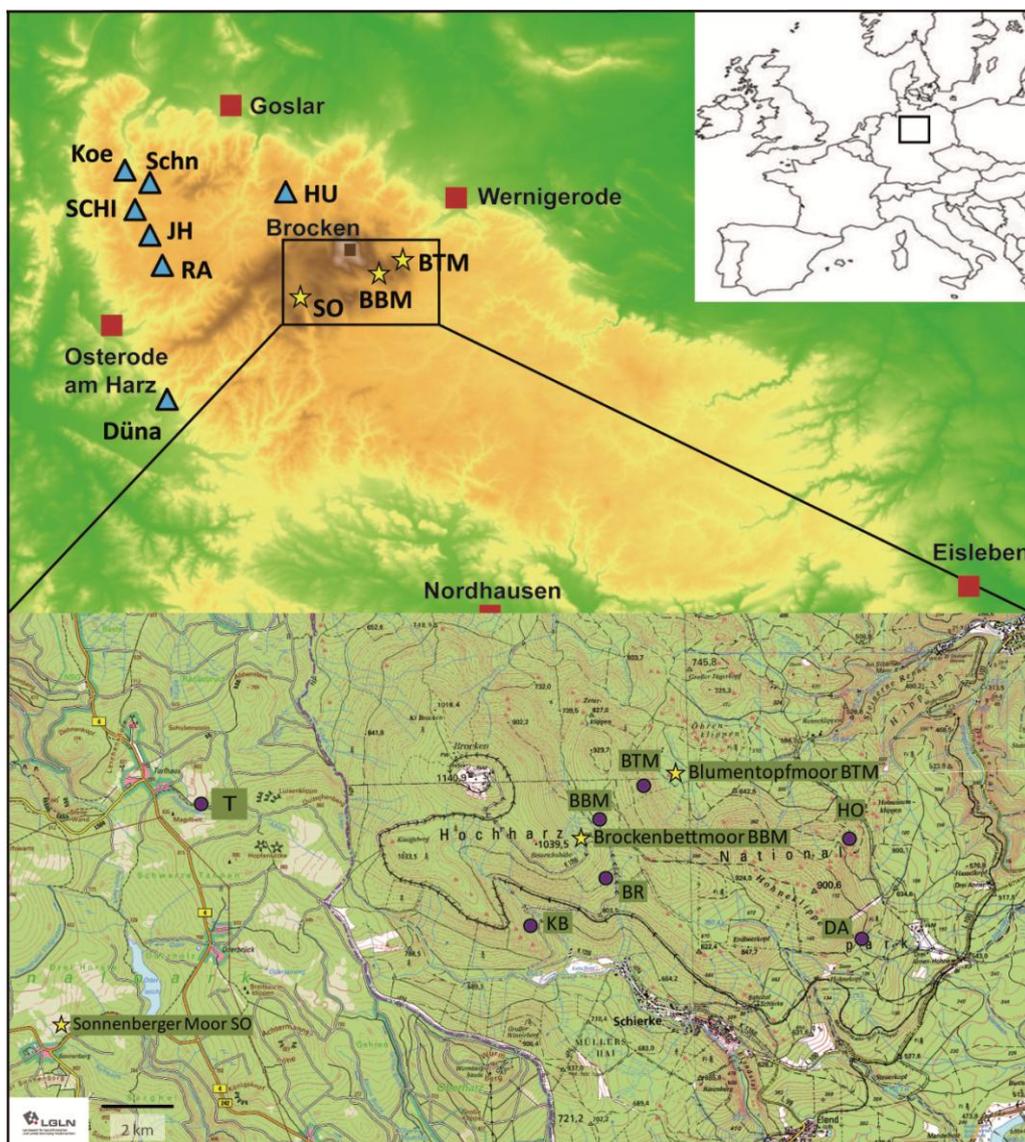


Abb. 5: Topografische Karte des Harzes mit den drei Bohrlokalitäten (Sterne) Sonnenberger Moor (SO), Brockenbettmoor (BBM), und Blumentopfmoor (BTM), den untersuchten archäologischen Stätten (Dreiecke) und den Meilertransekten (Kreise). Nach Landesvermessungsamt und Geobasisinformationen Niedersachsen 2008.

4.1.1 Sonnenberger Moor

Das Sonnenberger Moor (SO) liegt nördlich und östlich des Ortes Sonnenberg zwischen 758-862 m ü. NN (Abb. 5). Es nimmt ein Fläche von 115 ha ein und ist damit eines der größten Moore des Harzes (Beug et al., 1999). Nach Jensen (1990) handelt es sich um ein Komplexmoor, während Beug et al. (1999) das Sonnenberger Moor zum Typ der Sattel-Hangmoore rechnen. Das Moor ist komplex aufgebaut und lässt sich nach Schneekloth et al. (1983) in vier Teile (A bis D) gliedern.

Moorteil A liegt im Südwesten, ist sehr zerstückelt und stark anthropogen beeinflusst. Große Bereiche wurden in der Neuzeit mit Fichten aufgeforstet oder als Grünland genutzt. Nur noch kleinräumig finden sich offene Vermoorungen. Der Moorteil B erstreckt sich über den mittleren bis südöstlichen Teil des Sonnenberger Moores. Im oberen Bereich dominieren Nieder- und Reisermoorgesellschaften, während der überwiegende Teil durch Hochmoorvegetation geprägt ist. Diese größte zusammenhängende Hochmoorfläche ist durchsetzt von Trichtern und am mineralischen Untergrund fließenden Bächen. Im Nordwesten schließt sich Moorteil C an. Neben einem Mosaik aus Nieder- und Reisermoorkomplexen finden sich auch ausgedehnte Hochmoorflächen. Der Moorteil D bildet den nördlichen und nordöstlichen Abschluss der Vermoorungen am Sonnenberg. Es dominieren Fichtenmoorwälder im Wechsel mit Nieder- und Reisermoorvegetation.

Die Entwicklung des Sonnenberger Moores lässt sich nach Beug et al. (1999) auf zehn Moorkerne in der direkten Nähe von Bächen zurückführen. Die Bildung der Moorkerne setzte im Präboreal (3), Atlantikum (4) und im Subboreal (3) ein, während die Hauptentwicklung des Moores im älteren und jüngeren Subatlantikum erfolgte, in dessen Folge auch der Integrationsprozess der Moorinitiale endete (Beug et al., 1999) Große Abschnitte des heutigen Wachstumskomplexes im NO des Moorbereiches B entstanden jedoch erst im ersten vorchristlichen Jahrtausend und im frühen Mittelalter (Beug et al., 1999).

Das Moor ist allgemein reich an unterirdischen Bachläufen, Rüllen und Trichtern und ist durch einen komplexen Aufbau an Nieder-, Reiser- und Hochmoorgesellschaften geprägt. Die Niedermoorbereiche sind gekennzeichnet durch *Molinia caerulea*-Dominanzbestände und *Eriophorum angustifolium*-Gesellschaften (Baumann, 2009). Innerhalb der Oxycocco-Sphagnetea dominiert auf den großen Hochmoorflächen das Sphagnetum *magellanicum* mit vier Subassoziationen während in den Randbereichen des Moores das Piceo-Vaccinietum *uliginosi* verbreitet ist. Dieser Moorfichtenwald ist

aufgrund von Wiedervernässungsmaßnahmen und Borkenkäfer-Kalamitäten großflächig im Rückgang (Baumann, 2009).

Die eigene Bohrung erfolgte im Jahre 2010 nordöstlich des Rehbaches (N51 45 49.5 E10 30 59.8) im Moorteil B. Dieser ist weitgehend unbeeinflusst von menschlicher Aktivität und zeichnet sich durch ein Mosaik an Stillstands- und Wachstums-komplexen mit variierenden Anteilen von *Calluna vulgaris*, *Empetrum spec*, *Eriophorum vaginatum* und *Trichophorum cespitosum* aus (Baumann, 2009). Die Bohrlokalisierung wurde so gewählt, dass sie in einem Bereich des Sphagnetum magellanici, Subassoziation *S. nemoreum* / *S. tenellum* liegt und somit in einem Hochmoor-Stillstandkomplex, wobei im Umkreis kleinflächig Übergänge zur Subassoziation *Sphagnum rubellum* bzw. zu Hochmoor-Regenerations- und Wachstums-Komplexen auftreten (Baumann, 2009, Kison, pers. Mitt.). Die Bohrung erreichte eine Tiefe von 262 cm unter Geländeoberkante (GOK) und erfolgte bis 200 cm mit einer 80 mm-Sonde. Aufgrund von *Eriophorium*-Bulten wurden die letzten 60 cm mit einer 55 mm-Sonde erbohrt. Die Kernsegmente wurden luftdicht verpackt und im Kühlraum des Institutes für Ökosystemforschung bis zur Probenentnahme gelagert. Die Entnahme der Proben erfolgte am Forschungszentrum Jülich im Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre 4, Agrosphäre: Isotopengeochemie und Klimadynamik. Die Kerne wurden im Vorfeld nicht geschnitten, da parallel zu der Pollenanalyse von Seiten des Forschungszentrum Jülich isotopengeochemische Untersuchungen (u.a. $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^{13}\text{C}$ an der Cellulose der Sphagnum) vorgenommen wurden. Die Torfkerne wurden bei -24°C tiefgefroren und anschließend, gekühlt mit flüssigem Stickstoff, mit einer 1 mm breiten Säge bei Raumtemperatur in 1 cm-Scheiben zersägt. Direkt nach dem Sägen wurden die äußeren 2 mm der gefrorenen Scheiben entfernt und diese mit entionisiertem Wasser gewaschen. Anschließend wurden aus den 1 cm dicken Kernscheiben die Proben für die verschiedenen Untersuchungen entnommen (Flux, Humifizierung, Loss on ignition, Isotopen- und Pollenanalyse). Die Entnahme der Proben für die Pollenanalyse erfolgte alle 2 cm mit einem Edelstahl-Stechzylinder, wobei 1 cm^3 Torf entnommen wurde. Die Zählsumme beträgt beim Sonnenberger Moor mindestens 500 Baumpollen, exklusive *Corylus*. Sowohl Hydro- und Helophyten als auch alle Pollenkörner der Ericaceae als Bestandteil der mooreigenen Vegetation wurden nicht mit in die Terrestrische Pollensumme integriert.

4.1.2 Blumentopfmoor

Das Blumentopfmoor (BTM1) liegt am östlichen Hangfuß des Renneckenberges zwischen 655 bis 680 m ü. NN. Es handelt sich um ein stellenweise stark gestörtes Moor mit Bereichen natürlicher Regeneration, über dessen Entwicklung im Holozän und menschliche Nutzungen keine gesicherten Informationen vorliegen (Baumann, 2009). Ursprünglich handelte es sich wohl um ein soli-ombrogenes Hochmoor mit Torfmächtigkeiten zwischen 0,55 und 1,80 m (Jescke, 2001; Baumann, 2009). Besonders in der Späten Neuzeit wurde das Moor durch Torfabbau und Entwässerung in erheblichem Maß anthropogen verändert. Bis zur Gründung des Nationalparks Hochharz prägten Fichtenwirtschaft und stete Entwässerung das Moor. Erst seit dem Jahre 2009 erfolgen verschiedene Maßnahmen zur Renaturierung und Wiedervernässung. Die Vegetation des Blumentopfmoores ist daher weitgehend gekennzeichnet durch Fichtenforste auf frischen bis feuchten Standorten. Auf stärker vernässten Bereichen findet sich das *Caricetum nigrae*, trockene Standorte werden durch die *Calamagrostis villosa*-*Sphagnum recurvum*-Gesellschaft dominiert. Im östlichen Bereich des Moores, in der Nähe eines ehemaligen Torfstiches, findet sich sehr kleinräumig eine Hochmoorvegetation mit dem *Sphagnetum magellanici*, Subassoziation *Sphagnum rubellum* (Baumann, 2009). Aus diesem ungestörteren Bereich wurde ein 157 cm langer Bohrkern für die Pollenanalyse entnommen (N 51 470843 E 10 390811) und vor Ort längs geschnitten. Die Probenentnahme erfolgte im Palynologischen Labor des Instituts für Ökosystemforschung. Das Probenintervall beträgt 4 cm, wobei 3 cm³ Torf entnommen und für die Pollenanalyse aufbereitet wurden. Die Zählsumme beträgt beim Blumentopfmoor mindestens 300 Baumpollen, exklusive *Corylus*. Sowohl Hydro- und Helophyten als auch alle Pollenkörner der Ericaceae wurden nicht mit in die Terrestrische Pollensumme integriert.

4.1.3 Brockenbettmoor

Das Brockenbettmoor (BBM1) liegt östlich des Brockens zwischen der Heinrichshöhe und dem Renneckenberg zwischen 895 und 902 m ü. NN. Es ist mit 3,8 ha sehr klein und zudem durch Torfstiche und den Bau der Brockenstraße partiell stark gestört. Hochmoorvegetation ist nur noch kleinräumig vorhanden; der Großteil des Moores wird von Moorfichtenwald und Reiservegetation geprägt (Ellwanger, 1995). Die Entwässerung des Moores erfolgt ausschließlich oberirdisch. Moorinitiale bildeten sich erst spät während der Pollenzone VII. Das Hauptwachstum erfolgte bereits im

Subboreal, wobei die maximale Torftiefe 2,5 m beträgt (Beug et al., 1999). Basierend auf den Untersuchungen von Beug et al. (1999) und eigenen Prospektionen während der Bohrkampagne wurde die Bohrung dort vollzogen, wo die mächtigste Torftiefe zu erwarten war (N 51 470832 E 10 390724). Die Torfsequenz BBM1 erreicht 247 cm unter GOK. Neben der ersten Bohrung wurde zur Überlappung der Kernsegmente ein Parallelkern entnommen. Beide Kerne wurden im Gelände geschnitten und in Kiel alle 4 cm Proben (3cm^3) für die Pollenanalyse entnommen.

4.2 Holzkohlen aus Meilerplätzen

Im Hochharz wurden im Rahmen mehrerer Geländekampagnen aus 58 Meilerplätzen in sechs Transekten Proben für die Holzkohleanalyse entnommen. Die Transekte befinden sich primär im näheren Umkreis des Brockens zwischen 600 und 940 m ü. NN (Abb. 6). Meilerplätze und Transekte sind anhand der Geländesituation (Exposition, Relief, Höhe in m ü. NN. etc.) ausgewählt worden.

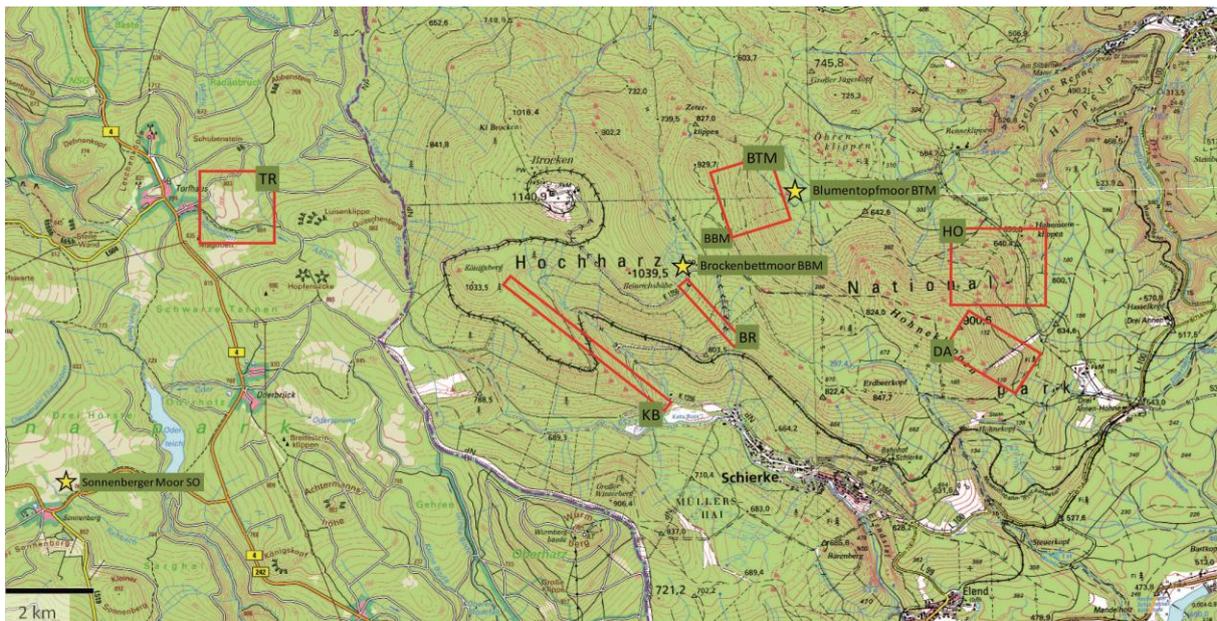


Abb. 6: Lage der verschiedenen Haupttransekte für die Holzkohleuntersuchungen an Meilerplätzen (Gebiet rot umrandet) und den angrenzenden Pollenprofilen. T = Torfhaus; KB = Königsberg; BR = Brocken; BBM, Brockenbettmoor; BTM = Blumentopfmoor; HO = Hohneklippen; DA = Drei-Annen-Hohne.

Die Proben für die Holzkohleuntersuchungen wurden an fünf verschiedenen Stellen entnommen, um lokale Akkumulationen von Gehölztaxa zu verhindern (Davasse, 2000; Ludemann und Nelle, 2002). Aus jeder der fünf Teilproben wurden 20-25 Holzkohlestücke bestimmt. Um repräsentative Aussagen über die Artenzusammensetzung treffen zu können, sind insgesamt für jeden Meilerplatz mindestens 100 Holzkohlestücke bestimmt worden (Hillebrecht, 1982; Davasse, 2000; Bonhote et al.,

2002; Ludemann und Nelle, 2002, Nölken, 2005). Hierbei wurde darauf geachtet, Holzkohlestücke aller verfügbaren Größen zu bestimmen und somit Unterschiede aufgrund der Größe des Holzes zu vermeiden (Nölken, 2005).

4.3 Holzkohlen und Pflanzenreste aus archäologischen Fundstätten

Das archäobotanisch und anthrakologisch analysierte Material wurde im Rahmen der archäologischen Ausgrabungen durch die zuständigen Archäologen vor Ort entnommen. Bei den Proben handelt es sich um von Hand ausgelesene Holzkohlen (Holzkohleproben) und um Bodenproben. Insgesamt wurden aus den sieben Fundstätten 506 Bodenproben und 157 Holzkohleproben untersucht (Abb. 2; Tab. 5).

Tab. 5: Überblick über die untersuchten archäologischen Fundstätten mit Angaben zur Höhe ü. NN, Alter und Anzahl der bearbeiteten Proben. * keine anthrakologische Untersuchung der Proben aus Düna.

Fundplatz	Höhe m ü. NN	Datierung	Bodenproben	Holzkohleproben	Analysen [n]
Huneberg	630	12. Jhrd	158	28	2963
Rabental	570	11. Jhrd		12	86
Johanneser 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
Düna	275	0 bis 14. Jhrd	98		*
Summe			506	157	5850

Volumen und Gewicht der Bodenproben schwanken beträchtlich zwischen 25 bis 4220 ml und 20 bis 4520 g (vgl. Knapp, im Druck). Wegen der Verschmutzung der Holzkohleproben mit Sediment und Holzkohlestaub wurden diese ähnlich den Bodenproben vor der Bearbeitung ebenfalls gewaschen.

4.4 Radiometrische Altersdatierungen

Die AMS-14C-Altersdatierung an Holzkohle- und Torfproben wurden am Leibniz Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung (Universität Kiel) vorgenommen. Die Kalibrierung der Ergebnisse erfolgte nach Reimer et al. (2009) in Oxcal (Bronk-Ramsey, 2001). Die Ergebnisse und Altersangaben werden in cal. BP und cal. BC/AD mit dem 2 Sigma-Intervall angegeben. Aus den verschiedenen Archiven wurden 32 Proben altersdatiert. Hierbei handelt es sich bei den Meilerplätzen und den Torfkernen BBM1 und BTM1 hauptsächlich um Holzkohlen oder Torfmaterial (Tab. 6). Beim Sonnenberger Moor-Profil wurden die Proben in 5%iger Kalilauge

aufgelöst und anschließend über einen Siebturm (1 mm, 650 µm, 355 µm, 200 µm und 50 µm) fraktioniert. Dies erfolgte analog der Aufbereitung für die Isotopenanalyse an den *Sphagnum*-Blättchen. Aufgrund ihrer Größe sammeln sich die *Sphagnum*-Blättchen mehrheitlich in der 200 bis 355 µm Fraktion. Nach dem Sieben wurden die 200 – 355 µm Fraktion getrocknet und zur Altersdatierung an das Leibniz Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung geschickt.

Tab. 6: Übersicht über AMS-Radiokarbondatierungen mit Angaben zum Archiv und dem datierten Material. Die AMS-Radiokarbondatierungen erfolgten am Leibniz Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung (Universität Kiel). Kalibration der Ergebnisse nach Reimer et al. (2009).

Labor-Nr.	Archiv	Probentiefe	Material	Siebfraktion / Taxon	Alter conv.BP	Alter cal. BP	Alter cal. BC/AD
KIA 44135	Profil Sonnenberger Moor	6-7	<i>Sphagnum</i> -Blättchen	355-600	> 1954 AD		1998 AD
KIA 44136		22-23	<i>Sphagnum</i> -Blättchen	200-355	445 ± 20	524-487	1425-1461 AD
KIA 46667		40-41	<i>Sphagnum</i> -Blättchen	200-356	956 ± 25	795-928	1022-1155 AD
KIA 44137		49-50	<i>Sphagnum</i> -Blättchen	200-355	1290 ± 25	1283-1178	666-772 AD
KIA 46668		58-59	<i>Sphagnum</i> -Blättchen	200-355	1276 ± 26	1280-1174	670-776 AD
KIA 44138		74-75	<i>Sphagnum</i> -Blättchen	200-355	1530 ± 20	1516-1353	435-596 AD
KIA 44139		100-101	<i>Sphagnum</i> -Blättchen	200-355	1685 ± 20	1689-1534	262-415 AD
KIA 46669		125-126	<i>Sphagnum</i> -Blättchen	200-355	1677 ± 26	1526-1690	260-424 AD
KIA 44140		152-153	<i>Sphagnum</i> -Blättchen	200-355	2095 ± 20	2124-1999	BC 178-50
KIA 46670		170-171	<i>Sphagnum</i> -Blättchen	200-355	2046 ± 28	1929-2112	BC 163-AD 21
KIA 44141		194-195	<i>Sphagnum</i> -Blättchen	200-355	2315 ± 20	2353-2324	BC 405-377
KIA 46671		223-224	<i>Sphagnum</i> -Blättchen	200-355	2081 ± 26	2128-1989	BC 179-40
KIA 44142		254-255	<i>Sphagnum</i> -Blättchen	200-355	2200 ± 20	2310-2149	BC 361-200
KIA 43778		Profil Blumentopfmoor	21	Torf	∅	465 ± 25	536-496
KIA 43776	29		Holzkohle	<i>Picea</i>	507 ± 24	547-508	1403-1442 AD
KIA 46662	76		Torf	∅	7400 ± 30	8323-8172	BC 6374-6223
KIA 43777	148		Torf	∅	9905 ± 40	11592-11218	BC 9643-9269
KIA 41044	Profil Brockenbettmoor	19	Torf	∅	145 ± 20	281-0	1669-1945 AD
KIA 41042		67	Torf	∅	985 ± 20	953-799	998-1151 AD
KIA 41043		147	Torf	∅	1905 ± 25	1924-1825	26-208 AD
KIA 41182		245	charoal	∅	5135 ± 30	5984-5753	BC 4035-3804
KIA 43922	BTM8	10	Holzkohle	<i>Fagus</i>	305 ± 20	437-350	1516-1596 AD
KIA 40657	BR1	15	Holzkohle	<i>Alnus</i>	145 ± 20	281-0	1669-1953 AD
KIA 40658	BR1	20	Holzkohle	<i>Picea</i>	200 ± 20	296-0	1652-1951 AD
KIA 40659	HO3	25	Holzkohle	<i>Populus</i>	300 ± 20	435-301	1518-1594 AD
KIA 40660	HO3	15	Holzkohle	<i>Picea</i>	> 1954 AD		
KIA 40661	HO5	25	Holzkohle	<i>Fagus</i>	370 ± 20	500-321	1450-1630 AD
KIA 40662	HO5	5	Holzkohle	<i>Picea</i>	205 ± 20	299-0	1650-1954 AD
KIA 41039	DA3	15	Holzkohle	<i>Picea</i>	165 ± 15	282-0	1667-1954 AD
KIA 41040	T2	25	Holzkohle	<i>Sorbus</i>	160 ± 20	283-0	1667-1955 AD
KIA 41041	BR3	15	Holzkohle	<i>Picea</i>	185 ± 20	287-0	1661-1954 AD
KIA 45229	SK	50	Holzkohle	<i>Betula</i>	150 ± 20	282-0	1667-1953 AD

5. Ergebnisse Palynologie

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Pollenanalyse an den drei untersuchten Torfkernen dargestellt. Die Zonierung und Abgrenzung der Pollenzonen erfolgt nach Firbas (1949, 1952), Beug et al. (1999) und Begemann (2003). Aufgrund der Lage über Normalnull orientieren sich die Pollenzonen hierbei hauptsächlich an den Untersuchungen von Beug et al. (1999) aus dem Hochharz. Die biostratigraphische Benennung der Pollenzonen folgt Firbas (1949).

5.1 Sonnenberger Moor

5.1.1 Lithologie und Großreste

Der 263 cm lange Kern aus dem Sonnenberger Moor setzt sich aus unterschiedlich stark zersetzten *Sphagnum*-Torfen zusammen. Im unteren Kernabschnitt bis 200 cm unter GOK handelt es sich um zersetzte *Eriophorum*-Torfe mit hohen Beimengungen an *Sphagnum*-Resten. Ab 200 cm folgen schwach zersetzte *Sphagnum*-Torfe (meist Sektion *Acutifolia* und *Cuspidata*) mit wechselnden Anteilen an *Eriophorum*.

In den bei der Pollenaufbereitung anfallenden Siebrückständen konnten keine Samen und Früchte identifiziert werden. Die Siebrückstände setzen sich primär aus *Eriophorum*-Fasern und diversen Braun- und Torfmoosrückständen zusammen, die

zum jetzigen Zeitpunkt nicht weiter bestimmt wurden.

5.1.2 Datierungen und Alters-Tiefenmodell

Insgesamt wurden 13 AMS-Radiokarbon-Datierungen an dem Profil Sonnenberger Moor vorgenommen. Alle Proben wurden nass auf einem Siebturm der Größe nach fraktioniert und zur Datierung wurde vornehmlich die 200 – 355 µm – Siebfraction genommen. Diese setzt sich nahezu komplett aus *Sphagnum*-Blättchen zusammen. KIA 44141 weist eine Altersinversion auf und wurde bei der Erstellung des Zeit-Tiefen-Modells als Ausreißer gewertet und nicht mit in die in die Berechnung integriert.

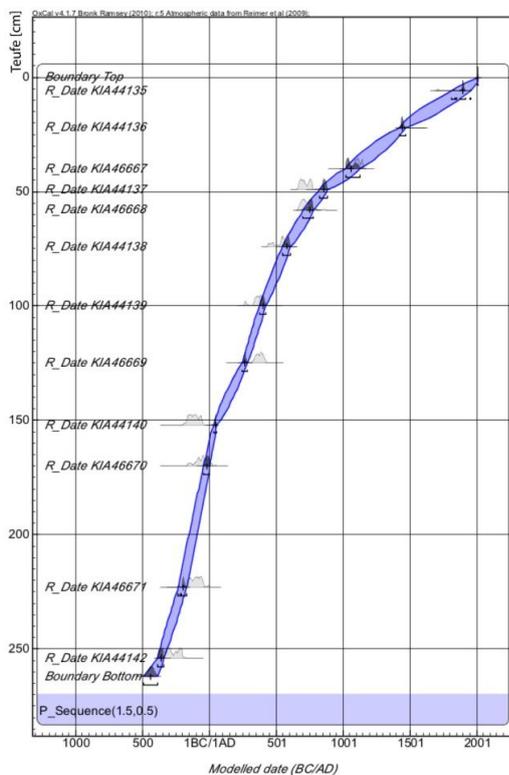


Abb. 7: Zeit-Tiefen-Modell des Profils SO basierend auf 13 AMS-Radiokarbon-Datierungen.

Das 262 cm lange Torfprofil deckt einen Zeitraum von 2500 Jahren ab (Tab. 6; Abb. 7). Es lassen sich drei verschiedene Moorwachstumsphasen erkennen. Zwischen 263 und 152 cm erfolgte ein rapides Torfwachstum, das sich von 152 bis 50 cm verlangsamt und schließlich ab 50 cm in ein langsames Torfwachstum überging (Abb. 7).

5.1.3 Palynostratigrafie

Im 263 cm langen Profil Sonnenberger Moor konnten vier Pollenzonen (PZ) unterschieden werden (Abb. 8).

Älteres Subatlantikum a (PZ IXa; 262 – 84 cm; Fagus–Alnus–Betula–Picea)

Das Ältere Subatlantikum umfasst den Großteil des Profils (262 bis 8 cm unter GOK) und ist geprägt durch die Dominanz von *Fagus sylvatica*. Die prozentualen Anteile des Rot-Buchen-Pollen an der Baumpollensumme (BP) schwanken deutlich zwischen 22 und 56 %. Auch die *Picea*-Werte pendeln (zwischen 5 und 28 % bei 132 und 144 cm) und liegen im Schnitt bei 15 %. Im oberen Abschnitt, bei 140 cm unter GOK, erfolgt die Ausbreitung von *Carpinus*, dessen Anteil zum Ende der PZ auf zwischen 5 und 6 % steigt. Das Ältere Subatlantikum ist zudem durch kontinuierlich hohe Prozentwerte von *Alnus* geprägt. Sowohl zwischen 218 und 200 cm als auch zwischen 148 und 141 cm zeichnen sich zwei Phasen mit erhöhten *Alnus*-Anteilen im Diagramm ab. Diesen geht ein Anstieg der *Betula*-Kurve bei 238 und 170 cm unter GOK vorweg. Die Prozentwerte von *Pinus* schwanken um die 10 % und erst ab 118 cm kommt es zu einem graduellen Anstieg bis zum Ende der PZ. Durchgehend findet sich auch *Quercus* mit Werten zwischen 6 und 16 % im Pollenspektrum. Die Kurve sinkt parallel zum Anstieg von *Pinus* ab. Mit geringen Prozentwerten treten ferner *Acer*, *Tilia*, *Ulmus* und *Fraxinus* auf, während die Kurve von *Corylus* mit leichten Schwankungen bei 6-7 % liegt. Zwischen 260 bis 234 cm und 218 bis 170 cm unter GOK steigt die Kurve von *Corylus* deutlich an. Parallel zum *Corylus*-Anstieg kommt es zu einem Anstieg des *Plantago lanceolata*-Typs, von *Artemisia* und der Poaceae. Gleichzeitig treten vermehrt Holzkohlepartikel im Pollendiagramm auf. In der restlichen PZ finden sich vereinzelt Pollenkörner des Cerealia-Typs. Zwischen 212 und 200 cm erreicht die Kurve von *Calluna vulgaris* Maximalwerte (18 %) zeitgleich mit einem deutlichen Anstieg der Holzkohlepartikel und der Heliophyten. Funde von *Melampyrum*, des *Rumex acetosa*-Typs, *Filipendula ulmaria*, *Lysimachia* und des *Anagallis*-Typs verteilen sich über die ganze PZ. Gegen Ende

der PZ kommt es wiederholt zu einem Anstieg der *Calluna*-Werte, begleitet von einem weniger ausgeprägten Anstieg des *Vaccinium*-Typs.

Älteres Subatlantikum b (PZ IXb; 84 – 46 cm; Fagus–Picea–Carpinus)

Das Ältere Subatlantikum b ist im Profil durch die Dominanz von *Fagus sylvatica* geprägt. Die Kurven von *Carpinus* und *Quercus* verlaufen ähnlich wie gegen Ende der PZ IXb. Im Laufe der PZ steigen die Werte von *Carpinus* jedoch an, bevor sie gegen Ende der PZ allmählich auf 3 % absinken. Die Kurve von *Betula* sinkt zu Beginn langsam ab und steigt beim Übergang zur PZ Xa wieder auf 10 %. Von leichten Schwankungen abgesehen (80 cm; 17 %) verläuft die Kurve von *Pinus* um die 10 %. Zwischen 56 und 50 cm unter GOK sinken die Prozentwerte von *Pinus* auf 4-6 % ab. Parallel steigen die Werte von *Fagus* auf 51 % an. Die Kurve von *Picea* beginnt am Übergang vom Älteren Subatlantikum a zum Älteren Subatlantikum b mit annähernd 7 % und steigt, mit leichten Schwankungen, auf 25 % zum Ende der Zone an. Auffallend sind ferner drei *Fagus*-Minima im Verlauf der Pollenzone (60, 72 und 80 cm unter GOK), bevor die Kurve von *Fagus* gegen Ende der Zone von 49 auf 29 % fällt. Zeitgleich steigen die Prozentwerte von *Corylus* und *Calluna vulgaris* an. Innerhalb der Krautflora dominieren die Poaceae mit zwischen 2 und 6 %. Kontinuierlich finden sich weiter der *Plantago lanceolata*-Typ, *Artemisia* und der *Rumex acetosa*-Typ. Im Verlauf der PZ finden sich vermehrt Cerealia-Pollen. Vereinzelt erscheinen Brassicaceae, *Melampyrum*, Chenopodiaceae, *Filipendula ulmaria*, *Urtica* und *Oxalis acetosella*. Zu Beginn und zum Ende der PZ steigen die Werte von *Calluna vulgaris* und des *Vaccinium*-Typs deutlich an, wobei die Kurve von *Vaccinium* ein Maximum von 30 % erreicht. Sowohl zwischen 76 und 70 cm als auch zwischen 66 und 60 cm steigt die Anzahl der Holzkohlepartikel deutlich an.

Jüngeres Subatlantikum a (PZ Xa; 46 – 34 cm; Betula–Corylus–Poaceae)

Das Jüngere Subatlantikum a ist geprägt durch den massiven Rückgang der Anteile von *Fagus* und *Picea* an der Pollensumme. Begleitet wird der Rückgang der beiden Gattungen durch einen Anstieg von *Betula* auf 23 % und *Corylus* auf 18-19 % zum Ende der PZ. Parallel erreichen die Poaceae Werte von 17 %. Die Cerealia-Kurve steigt auf 2,5 % und der *Plantago lanceolata*-Typ findet sich mit 1,9 % häufig im Pollenspektrum. Die Kurven von *Carpinus*, *Quercus* und *Alnus* steigen gleichfalls an.

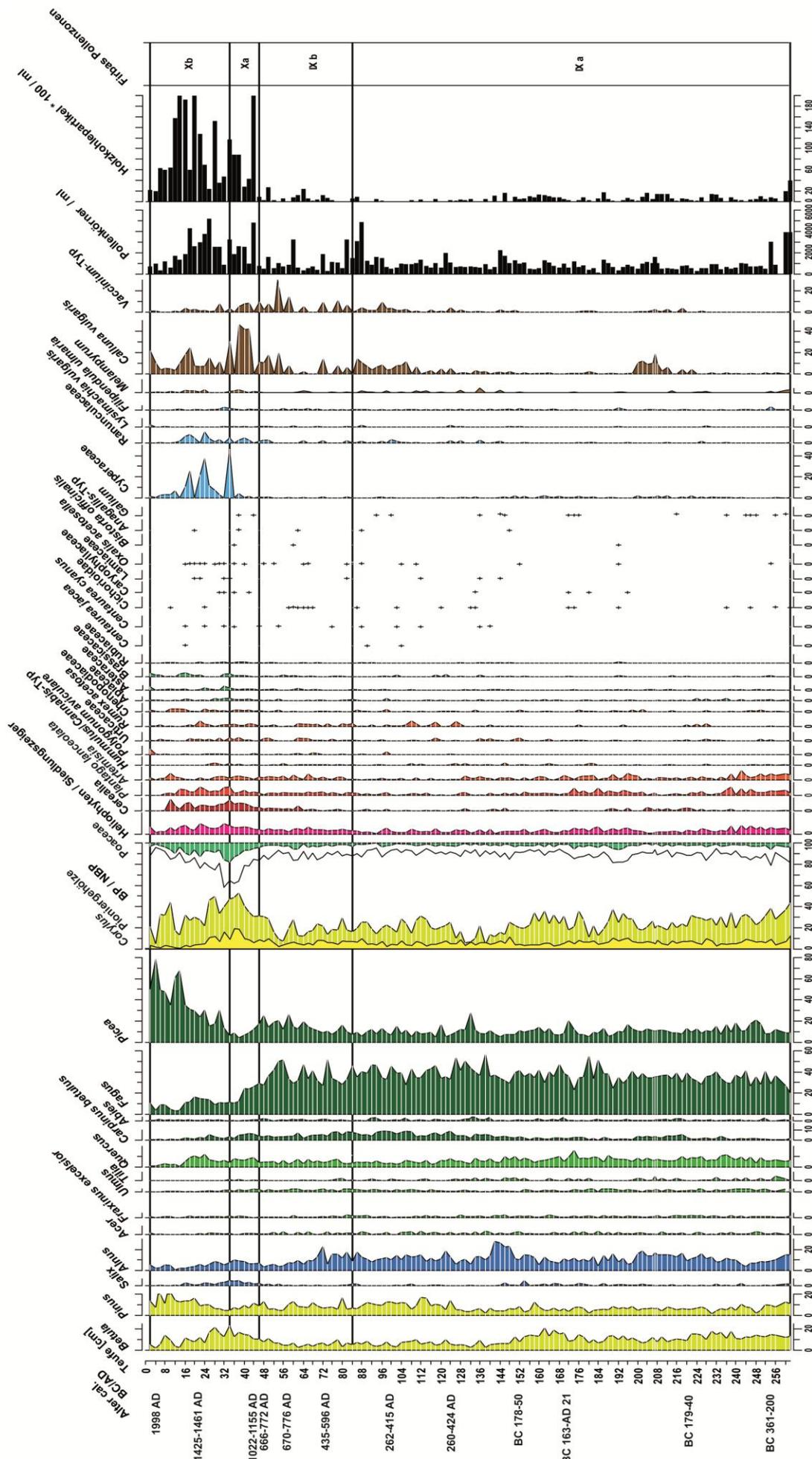


Abb. 8: Synthese-Pollendiagramm des Profils Sonnenberger Moor (0 und 263 cm unter GOK). Die prozentuale Häufigkeit ausgewählter Pollentaxa ist als Schattenrisskurve gegen die Teufe in cm aufgetragen. Die Pollenkonzentration (Pollenkörner pro ml) und der Anteil der Holzkohlepartikel (Partikel x 1000 pro ml) sind in Form von Balken dargestellt. Die weißen Linien stehen für die untersuchten Proben. Das Profil ist auf 500 Baumpollen (BP) ohne *Corylus* ausgezählt und als Bezugssumme dient die Terrestrische Pollensumme. NBP = Nichtbaumpollen. Die Kurve der Pioniiergehölze beinhaltet *Corylus*, *Betula*, *Pinus* und *Salix*. Die Summenkurve der Heliophyten / Siedlungszeiger setzt sich aus den folgenden Taxa zusammen: Urticaceae, *Pteridium*, *Artemisia*, *Centaurea jacea*, *Polygonum aviculare*, *Plantago major* / *P. media*, *P. lanceolata*-Typ, *Rumex acetosa*-Typ, *Centaurea cyanus*, Brassicaceae, Chenopodiaceae.

Weiterhin finden sich *Artemisia*, Chenopodiaceae, Brassicaceae, *Rumex acetosa*-Typ, Urticaceae und Rubiaceae. Gipfelwerte lassen sich auch bei *Calluna vulgaris* und den Cyperaceae (bei um die 46 %) beobachten. Wobei besonders *Calluna vulgaris* während der gesamten Pollenzone mit hohen Prozentwerten vorhanden ist. Konstant finden sich extrem hohe Anteile an Holzkohlepartikel mit bis zu 66000 Partikel pro cm³ (44 cm unter GOK).

Jüngerer Subatlantik b (PZ Xb; 34 – 2 cm; Picea-Pinus-Poaceae)

Die Pollenzone wird durch die Dominanz von *Picea* im Pollenspektrum geprägt. Die Kurve von *Picea* steigt, mit zwei Ausnahmen bei 28 und 10 cm kontinuierlich von 6 auf 78 % an. Die Anteile von *Betula*, *Alnus* und *Salix* sinken bis zum Ende des Profils auf unter 2 %, während die *Carpinus*-Kurve nahezu ausläuft und der Anteil von *Carpinus* an der TPS bei unter 1 % liegt. Auch die *Corylus*-Anteile sinken in Richtung der Geländeoberkante auf unter 2 %. *Fagus* bleibt bei rund 10 %, lediglich zwischen 26 und 20 cm unter GOK steigt die Kurve auf maximal 16 % an. Begleitet wird der Anstieg der *Fagus*-Kurve von einer Erhöhung der *Quercus*-Werte auf 16 %. Weiterhin dominieren die Poaceae mit zwischen 4 und 13 % innerhalb des Nichtbaumpollen. Zur Geländeoberkante nimmt die Häufigkeit der Poaceae ab und die Kurve sinkt auf 1 %. Die Werte von Cerealia bleiben bei etwa 1,5 %, während die Kurve des *Plantago lanceolata*-Typs drei deutliche Maxima bei 32, 22 und 14 cm aufweist. In der Krautflora finden sich weiter Brassicaceae, Chenopodiaceae, *Melampyrum* und *Oxalis acetosella*. Die Anteile von *Calluna vulgaris* schwanken zwischen 0,3 und 24 %. Zu Beginn der PZ erreichen ferner die Cyperaceae ihr zweites Maximum mit 37 % bevor sie bei 10 cm unter GOK auf unter 3 % absinken. Parallel zum Anstieg von *Calluna vulgaris* bei 18 cm steigen die Prozentwerte der Cyperaceae erneut deutlich an, bevor die Kurve anschließend absinkt und zur Geländeoberkante auf unter 1 % fällt. Holzkohlepartikel finden sich im gesamten Jüngerer Subatlantik mit hohen Anteilen im Pollendiagramm (28, 22, 20, 16, 14, 12 cm unter GOK).

5.2 Brockenbettmoor

5.2.1 Lithologie und Großreste

Tab. 7: Lithologie des Kernes BBM1.

Tiefe [cm]	Lithologie
7 – GOK	<i>Sphagnum</i> -Torf
15 – 57	<i>Sphagnum</i> - <i>Eriophorum</i> -Torf
57 – 119	Schwach zersetzter <i>Sphagnum</i> -Torf
119 – 189	Stark bis mäßig zersetzter <i>Sphagnum</i> -Torf
189 – 206	<i>Eriophorum</i> - <i>Sphagnum</i> -Torf
206 – 222	Stark zersetzte Niedermoortorfe
222 – 243	Stark zersetzter Niedermoortorf mit hohen klastischen Anteilen; eventuell Feindetritusgyttja
243 – 246	Holzkohleschicht mit organischen Resten
253 – 246	Mineralischer Horizont; Beginn des anstehenden Granits

In den bei der Pollenaufbereitung anfallenden Siebrückständen konnten keine Samen und Früchte identifiziert werden. Die Rückstände setzen sich aus wechselnden Anteilen von *Eriophorum*-Fasern und diversen Torfmoosresten zusammen. Das Profil besteht aus unterschiedlich stark zersetztem *Sphagnum*-Torf mit wechselnden Anteilen an *Eriophorum* (Tab. 7, vgl. Robin et al., 2012).

5.2.2 Datierungen und Alters-Tiefenmodell

Insgesamt wurden vier AMS-Radiokarbon-Datierungen an dem Profil Brockenbettmoor vorgenommen. Da keine botanischen Makroreste im Kern identifiziert werden konnten, handelt es sich bei dem datierten Material überwiegend um Torfproben. Nur bei 245 cm unter GOK konnte ein Holzkohlestück datiert werden. Die Basis des Profils datiert auf 5984 – 5753 cal. BP (245 cm; 4035 – 3804 cal. BC).

5.2.3 Palynostratigrafie

Im 245 cm langen Profil Brockenbettmoor konnten vier Pollenzonen unterschieden werden (Abb. 9).

Älteres/Jüngeres Subboreal (PZ VIII a/b; 245 – 168 cm; Fagus–Picea–Alnus–Betula)

Zu Beginn des Profils (245 cm) überschreitet die *Fagus*-Kurve die 2 % und steigt dann kontinuierlich an, bevor sie bei 196 cm unter GOK steil auf 41 % ansteigt (192 cm) und ihr Maximum erreicht. *Picea* ist mit Werten zwischen 10 und 35 % im Pollenspektrum vertreten. Die Kurve von *Betula* erreicht bei 220 mit 28 % ihr Maximum und fluktuiert im Laufe der PZ zwischen 4 und 21 %. Auch *Pinus* ist mit Anteilen um die 15 % vorhanden und zeigt zwischen 204 und 192 einen deutlichen Rückgang auf die niedrigsten Werte im gesamten Pollenprofil. Konstant finden sich *Tilia*, *Ulmus*

und *Quercus* im Pollenspektrum, während *Acer*, *Salix* und *Abies* nur vereinzelt mit wenigen Pollenkörnern auftreten. Die Kurve des BP beginnt bei 56 % und steigt stetig an, bevor sie bei 220 cm auf 73 % absinkt und zum Ende der Zone wieder auf 88 % ansteigt. Unter den NBP dominieren die Poaceae und *Calluna vulgaris*, deren Kurven leicht schwanken und zwischen 2 und 10 % bzw. zwischen 1 und 8 % liegen. In den Teufen 220, 236 und 196 cm zeichnet sich ein leichter Anstieg der Anteile von *Calluna vulgaris*, den Poaceae und den Cyperaceae ab. Der *Vaccinium*-Typ ist kaum vorhanden und nur vereinzelt finden sich *Artemisia*, *Centaurea cyanus*, *Lysimachia vulgaris*, Apiaceae und der *Plantago lanceolata*-Typ im Pollenprofil. Zwischen 245 und 236 erreicht die Menge der Holzkohlepartikel mit bis etwa 84.000 Partikel pro cm³ die höchsten Werte im gesamten Profil.

Älteres Subatlantikum a (PZ IX a; 168 – 116 cm; Fagus–Alnus–Picea–Carpinus)

Die Kurven von *Quercus* und *Carpinus* beginnen deutlich zu steigen und erreichen im Laufe der Zone Werte von 10 % bzw. um die 5 %. *Fagus* ist das dominante Taxon mit Anteilen zwischen 26 und 39 %, während *Picea* mit schwankenden Werten zwischen 10 und 30 % weiterhin kodominant ist. Auch die Kurve von *Alnus* fluktuiert zwischen 7 und 11 % und erreicht zwischen 144 und 136 cm mit etwa 18 % ihr Maximum. Gegen Ende der PZ sinkt der Anteil von *Betula* auf etwa 5 % und auch die Kurve von *Corylus* sackt weiter ab (Abb. 9). Die BP-Werte liegen zwischen 87 und 97 % und der Anteil der Pioniergehölze an der TPS sinkt auf 17 %. Zu Beginn der PZ steigt die Kurve von *Calluna vulgaris* sichtbar und erreicht bei 144 cm unter GOK ihren zweithöchsten Wert. Es treten weiter auf: *Plantago lanceolata*-Typ, Cyperaceae, *Artemisia* und der *Rumex acetosa*-Typ. Vereinzelt finden sich Pollenkörner von Rubiaceae, Urticaceae und Cichorioideae. Es lassen sich nur vereinzelt Holzkohlepartikel nachweisen.

Älteres Subatlantikum b (PZ IX b; 116 – 68 cm; Fagus–Carpinus–Picea)

Die Kurve von *Fagus* fällt von 39 auf 18 %, steigt dann erneut leicht an bevor sie zum Ende der PZ auf 20 % sinkt. Das Abfallen der *Fagus*-Kurve wird von einem Anstieg der Pioniergehölze von 7 auf 33 % begleitet. *Carpinus* erreicht Maximalwerte um die 8 % und der Anteil von *Alnus* an der TPS sinkt auf 8-9 %. Die Werte von *Picea* schwanken zwischen 10 und 40 % und fallen zum Ende der PZ auf etwa 5 %. Sporadisch finden sich Pollenkörner von *Tilia*, *Fraxinus*, *Acer* und *Abies*.

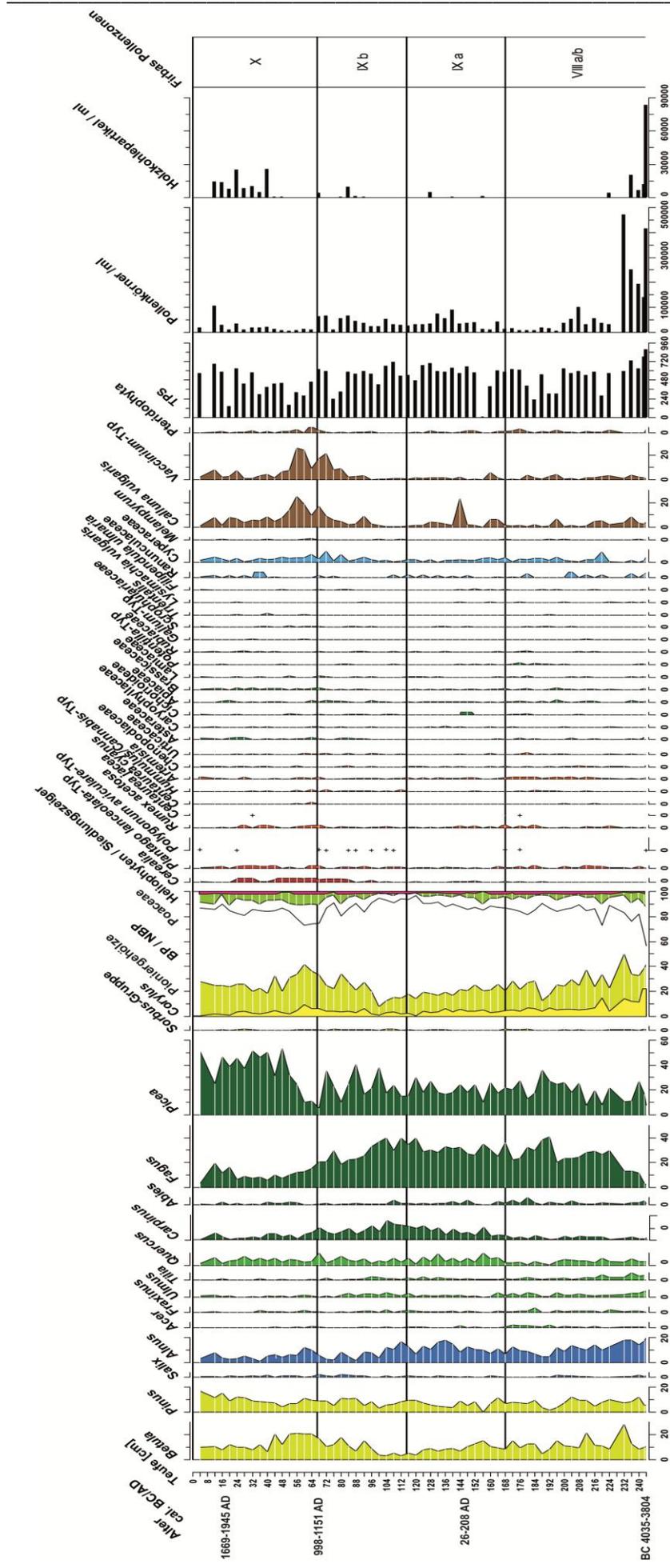


Abb. 9: Synthese-Pollendiagramm des Profils Brockenbettmoor (0 und 245 cm unter GOK). Die prozentuale Häufigkeit ausgewählter Pollentaxa ist als Schattenskurve gegen die Tiefe in cm aufgetragen. Die Pollenkonzentration (Pollenkörner pro ml) und der Anteil der Holzkohlepartikel (Partikel pro ml) sind in Form von Balken dargestellt. Die weißen Linien stehen für die untersuchten Proben. Das Profil ist auf 500 Baumpollen (BP) ohne *Corylus* ausgezählt und als Bezugs-summe dient die Terrestrische Pollensumme. NBP = Nichtbaumpollen. Die Kurve der Pioniergehölze beinhaltet *Corylus*, *Betula*, *Pinus* und *Salix*. Die Summenkurve der Heliophyten / Siedlungszeiger setzt sich aus den folgenden Taxa zusammen: *Urticaceae*, *Pteridium*, *Artemisia*, *Centaurea jacea*, *Polygonum aviculare*, *Plantago major* / *P. media*, *P. lanceolata*-Typ, *Rumex acetosa*-Typ, *Centaurea cyanus*, *Brassicaceae*, *Chenopodiaceae*.

Die Baumpollensumme sinkt von 93 auf 80-83 %, steigt kurzzeitig wieder auf 90 % und fällt beim Übergang zur PZ X auf 73 %. Kontinuierlich finden sich *Artemisia*, Asteraceae, Brassicaceae und der *Plantago lanceolata*-Typ im Pollenspektrum. Im Laufe der PZ setzt die Cerealia-Kurve ein und es finden sich die ersten Pollenkörner von *Hordeum*, *Triticum* und *Secale*. Gegen Ende des Älteren Subatlantikums steigen die Kurven von *Calluna vulgaris*, Cyperaceae, Poaceae und des *Vaccinium*-Typs an. Ausgeprägte Holzkohlepartikelansammlungen sind auf die 84 und 68 cm unter GOK beschränkt.

Jüngerer Subatlantikum (PZ X; 68 – 0; Picea–Betula–Poaceae)

Die PZ ist durch das anhaltende Absinken der *Fagus*-Kurve (auf 5 %) und dem rasanten Anstieg der *Picea*-Kurve von 10 auf 50 % geprägt. Parallel zum Abfallen der *Fagus*-Kurve steigt die Kurve von *Betula* leicht auf 21 %, bevor sie anschließend auf etwa 10 % absinkt. Dieses Absinken wird von einem Anstieg der *Pinus*-Kurve von 4 auf 12 % begleitet. Auch die Anteile von *Carpinus* und *Corylus* fallen im Laufe des Jüngeren Subatlantikums auf unter 5 %. Vereinzelt finden sich weiter *Tilia*, *Salix*, *Fraxinus* und *Ulmus* im Pollenspektrum. Der Anteil des BP liegt zuerst bei 72 % und steigt im Laufe der PZ allmählich auf 90 % an. Innerhalb des Nichtbaumpollens dominieren die Poaceae, die sich durchgehend mit hohen Prozentwerten in der PZ finden. Zu Beginn der Zone fallen die Kurven der Ericaceae leicht, bevor sie bei 56 cm ihre höchsten Werte (bis 25 %) erreichen und zum Ende des Profils erneut deutlich auf unter 10 % absinken. Die Getreide-Anteile erreichen Höchstwerte von rund 1,5 % und sowohl *Plantago lanceolata* als auch der *Rumex acetosa*-Typ sind stetig vorhanden. Holzkohlepartikel finden sich ab 40 cm unter GOK mit hohen Konzentrationen fast durchgehend bis zum Ende des Profils.

5.3 Blumentopfmoor

5.3.1 Lithologie und Großreste

Der 153 cm lange Kern BTM1 besteht aus unterschiedlich stark zersetztem Nieder- und Hochmoortorf (vgl. Knapp et al., 2012; Robin et al., 2012). Die Zersetzung ist in der Regel mittel bis stark und zwischen 94 und 99 cm findet sich, aufgrund von Holzresten, eine Lücke im Profil. In den bei der Pollenaufbereitung anfallenden Siebrückständen konnten keine Samen und Früchte identifiziert werden.

5.3.2 Datierungen und Alters-Tiefenmodell

Insgesamt wurden vier AMS-Radiokarbon-Datierungen an dem Kern vorgenommen (Tab. 6). Da keine botanischen Makroreste im Kern identifiziert wurden, handelt es sich bei dem datierten Material überwiegend um Torfproben. Nur bei 29 cm unter GOK konnte ein *Picea*-Holzkohlestück datiert werden. Die Basis des Profils datiert auf etwa 11592 – 11218 cal. BP (148 cm; 9643 – 9269 cal. BC).

5.3.3 Palynostratigrafie

Im Profil BTM1 konnten neun Pollenzonen (PZ; Abb. 10) unterschieden werden (Knapp et al., 2012).

Präboreal a (PZ IVa; 150 – 142 cm; Pinus–Betula)

Das Präboreal a zeichnet sich durch extrem hohe Prozentwerte an Pioniergehölzen aus. Hierbei sind *Pinus* und *Betula* die dominanten Taxa, welche 50 und 40 % an der TPS erreichen. Weiter finden sich mit niedrigen Anteilen *Salix*, Poaceae, *Artemisia*, *Calluna vulgaris* und der *Vaccinium*-Typ.

Präboreal b (PZ IVb; 142 – 130 cm; Pinus–Betula)

Im Präboreal b erreicht der BP maximale Werte, während die Nichtbaumpollen-Werte gering sind. Die Diversität des Baumpollens ist hoch und wird weiter dominiert von *Pinus* und *Betula*. Gegen Ende der LPZ steigt der Anteil von *Pinus* auf 80 %, begleitet von einem deutlichen Rückgang der *Betula*-Kurve von 40 auf 20 %. Bei 135 cm finden sich die ersten *Corylus*-Pollen, während das Ende der PZ durch die beginnende *Corylus*-Expansion charakterisiert wird. Poaceae, *Artemisia*, *Calluna vulgaris* und der *Vaccinium*-Typ sind weiter präsent. Innerhalb des NBP finden sich regelmäßig Brassicaceae, der *Potentilla*-Typ, *Thalictrum*, Cichorioideae, während die

Apiaceae, Chenopodiaceae und *Filipendula ulmaria* mit einzelnen Pollenkörnern auftauchen.

Älteres Boreal (PZ Va; 130–114 cm; Corylus–Pinus–Betula)

Der Anteil des *Corylus*-Pollen an der TPS steigt rapide an, begleitet von einem deutlichen Rückgang von *Pinus* und einem kurzen Absinken der *Betula*-Kurve. Ab 126 cm finden sich regelmäßig die ersten *Ulmus*-Pollen und kurz darauf setzt die *Ulmus*-Kurve mit Werten um die 2 % ein. Der Anteil des Cyperaceaeen-Pollens ist konstant, während die Prozentwerte von *Artemisia* zum Ende der Zone leicht ansteigen. Der Anstieg der *Artemisia*-Kurve wird von einem weiteren Anstieg der Poaceae-Kurve begleitet.

Jüngeres Boreal (PZ Vb; 114–106 cm; Corylus–Tilia–Alnus)

Die PZ Vb ist geprägt durch das Einsetzen der Kurven von *Tilia* und *Alnus*. Die Prozentwerte von *Pinus* und *Betula* gehen deutlich zurück, wobei die Kurve von *Pinus* zwischen 19 und 28 % schwankt. *Corylus* erreicht mit 44 % ein Maximum bevor die Kurve wieder auf unter 20 % sinkt. Die Häufigkeit des NBP steigt parallel dazu deutlich an und auch die Prozentwerte von Cyperaceae, Ericaceae und Poaceae sind hoch (Abb. 10).

Atlantikum (PZ VI/VII; 106 – 60 cm; Alnus–Ulmus–Tilia–Quercus)

Zu Beginn des Atlantikums zeichnet sich ein deutlicher Holzkohlepartikel-Gipfel ab. Die PZ umfasst die erste *Ulmus*-Expansion und den Ulmen-Fall und ist geprägt durch hohe Werte des Eichenmischwaldes (EMW; bis 20 %). Begleitet von einem leichten Rückgang der Kurven von *Salix* und *Fraxinus*, erreicht *Alnus* Spitzenwerte gegen Ende der Zone (24 %), während der Anteil der Poaceae an der TPS bei 74 cm stark zurückgeht. Dieser Rückgang erfolgt parallel zu einem Anstieg der Kurven von *Lysimachia vulgaris* und der Cyperaceae. Die Prozentwerte von *Betula* und *Pinus* sind mit zwischen 10 und 28 % immer noch hoch. Bei 78 cm unter GOK findet sich ein weiterer *Corylus*-Gipfel, bevor dessen Anteil an der TPS kontinuierlich zum Ende der PZ absinkt und der BP auf 80 % ansteigt. Dem Anstieg des BP folgt ein leichter Rückgang in der Häufigkeit von *Artemisia*, der Ericaceae und den Heliophyten. Vereinzelt finden sich Pollen von *Acer*, *Hedera helix* und *Viscum album*. Im NBP finden sich weiter sporadisch *Rumex acetosa*-Typ, *Plantago lanceolata*-Typ, Chenopodiaceae, *Filipendula ulmaria*, *Potentilla*-Typ, Lamiaceae und Brassicaceae.

Älteres Subboreal (PZ VIIIa; 60–48 cm; Betula–Alnus–Tilia)

Der Anteil von *Betula* steigt zu Beginn der PZ auf 75 %. Dieser steile Anstieg der *Betula*-Kurve wird begleitet von einem deutlichen Rückgang aller anderen BP-Werte. Innerhalb des BP sinken hierbei besonders die Werte von *Pinus* auf 2 %. Seit dem Maximum der *Betula*-Kurve sinkt der Anteil von *Betula* kontinuierlich ab, während die Prozentwerte der EMW-Elemente wieder auf über 10 % steigen. Vereinzelt finden sich weiter Pollen von *Hedera helix* und *Viscum album*. Die *Corylus*-Kurve fluktuiert leicht zwischen 6 und 12 %, während die NBP-Werte gering sind und durch konstante Anteile von *Artemisia*, *Rumex acetosa*-Typ charakterisiert sind. Gegen Ende der PZ steigen die Prozentwerte der Poaceae und Cyperaceae leicht an.

Jüngerer Subboreal (PZ VIIIb; 48–36 cm; Alnus–Tilia–Picea)

Im Jüngeren Subboreal ist *Alnus* (26 %) das dominante Taxon im Profil BTM1. Die Prozentwerte der EMW-Elemente bleiben mit bis zu 20 % hoch und sporadisch finden sich weiter Pollen von *Acer*, *Hedera helix* und *Viscum album*. In der Pollenzone steigt die Kurve von *Pinus* auf 17 % und der Anteil von *Betula* an der TPS steigt leicht von 13 auf 19 %. Regelmäßig finden sich Pollen von *Lysimachia vulgaris*, Ranunculaceae, des *Rumex acetosa*-Typs und des *Plantago lanceolata*-Typs.

Älteres Subatlantikum (PZ IX; 36–18 cm; Picea–Fagus–Carpinus)

Der Beginn der PZ IX ist geprägt durch den Anstieg der *Picea*-Werte auf 20 % zum Ende der PZ. Parallel sinken die Anteile von *Pinus*, *Alnus*, *Ulmus*, *Betula* und *Fraxinus* allmählich. Der Rückgang der EMW-Elemente wird begleitet durch einen Anstieg der Prozentwerte von *Carpinus*, *Fagus* und *Picea*. Neben verschiedenen NBP steigen auch die Anteile der Poaceae, des *Vaccinium*-Typs und von *Calluna vulgaris* an. Vereinzelt finden sich Pollenkörner von *Secale* und *Hordeum*, während die Kurven der Ericaceae und Cyperaceae durch Spitzenwerte gekennzeichnet sind. Holzkohlepartikel sind durchgehend mit hoher Stückzahl vorhanden.

Jüngerer Subatlantikum (PZ X; 18–0 cm; Picea–Fagus–Pinus)

Die PZ X ist geprägt durch extrem hohe Anteile an Holzkohlepartikel und die Dominanz von *Picea* im Pollenspektrum (über 60 %). Mit Beginn der PZ sinken, mit Ausnahme von *Pinus*, die Anteile der restlichen Bäume an der BP-Summe deutlich ab. Die Werte der Poaceae und Heliophyten bleiben konstant, während die

Prozentwerte der restlichen NBP-Taxa sinken und vereinzelt Pollen von *Triticum* im Pollenspektrum auftauchen.

6 Ergebnisse Meiler-Anthrakologie

6.1 Charakterisierung der erfassten Meilerplätze

6.1.1 Größe und Erhaltung der Meilerplätze

Von den 58 anthrakologisch untersuchten Meilerplätzen konnten vier aufgrund ihrer schlechten Erhaltung und Ausprägung nicht näher klassifiziert werden. Meistens handelt es sich um große Meilerplätze mit einer Fläche von über 100 m² wobei die Spannweite von 20 bis 260 m² reicht (Abb. 11.).

Störungen wurden meist durch Wasserläufe und forstwirtschaftliche Aktivitäten hervorgerufen. Die Meilerplätze waren mehrheitlich in einem mäßigen Erhaltungszustand, bei dem durch Erosionsprozesse die Meilerschürze und der hangseitige Teil des Platzes stärker eingeebnet wurden (Abb. 12).

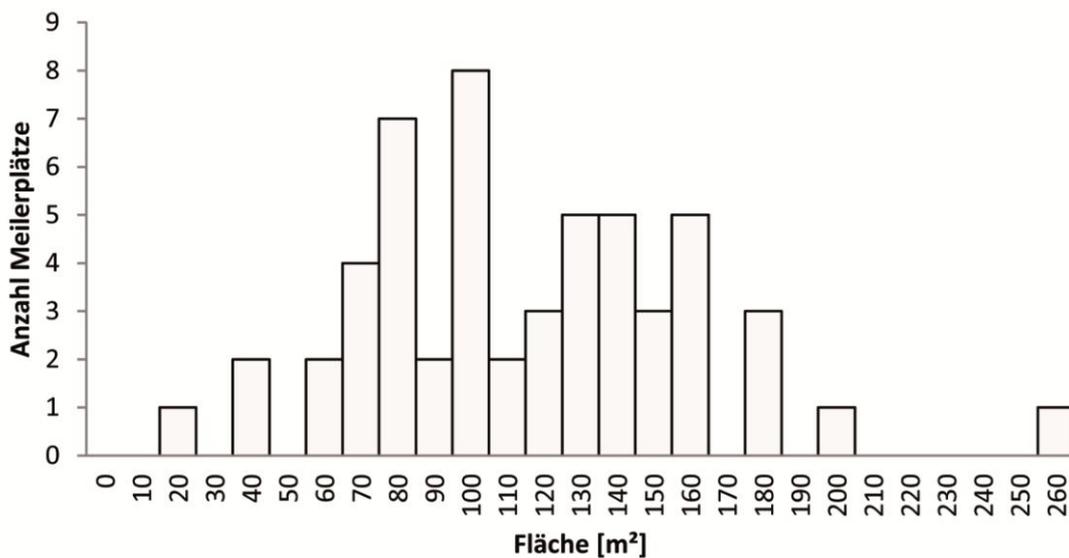


Abb. 11: Größe der untersuchten Meilerplätze (n = 54).

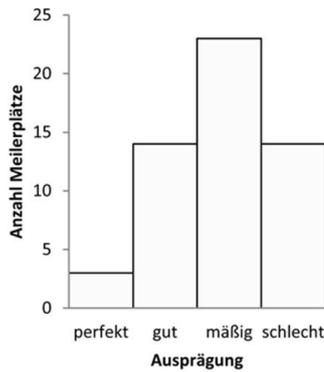


Abb. 12: Erhaltung der untersuchten Meilerplätze (n = 54).

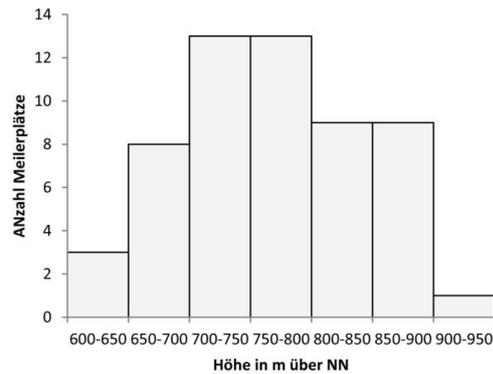


Abb. 13: Höhenprofil der untersuchten Meilerplätze im Hochharz (n = 56).

6.1.2 Höhenlage der Meilerplätze

Die Meilerplätze der Haupttransekte liegen zwischen 600 und 932 m ü. NN. Oberhalb von 900 m ü. NN konnte nur ein einziger Meilerplatz im Untersuchungsgebiet gefunden werden. Mehrheitlich liegen die Meilerplätze zwischen 700 und 900 m ü. NN (Abb. 13).

6.1.3 Exposition der Meilerplätze

Im Gelände fanden sich Meilerplätze in allen Hanglagen, deren Boden und Relief die Anlage einer Meilerplatte zuließ. Mehrheitlich liegen die Meilerplätze in Bereichen mäßiger Hangneigung in der Nähe von Gewässern oder Abflachungen des Hanges. Die Exposition der Hänge und der Meiler ist vornehmlich nach Süd bis Südwest und nach Ost orientiert. Nord, West und nord-östliche Exposition fanden sich jeweils bei vier untersuchten Plätzen der Holzkohleherstellung (Abb. 14).

6.1.4 Kohleschicht

Die Mächtigkeit der Holzkohleschicht reicht von 0 bis 45 cm unter GOK. Am häufigsten fanden sich Holzkohleschichten zwischen 15 und 20 cm Durchmesser, wobei 15 Meilerplätze eine 20 cm mächtige Holzkohleschicht aufwiesen. Am zweithäufigsten fanden sich Durchmesser von 30 cm, gefolgt von 25 cm. Von 54 untersuchten Plätzen der Holzkohleherstellung hatten 43 eine Holzkohleschicht von zwischen 15 und 30 cm (Abb. 15). Eine Stratifizierung der Kohleschicht konnte bei vier Meilerplätzen nachgewiesen werden (T 2, HO 3, BR 1; K 5, siehe Kap. 6.3). Bei T 2, BR 1 und HO 3 waren zwei schwarze Holzkohleschichten durch einen deutlichen mineralischen Horizont getrennt. Eine Besonderheit stellt der Meiler K 5 dar,

bei dem vier verschiedene Holzkohlehorizonte unterschieden werden konnten. Diese sind, ähnlich T 2, BR 1 und HO 3 durch mineralische Horizonte getrennt.

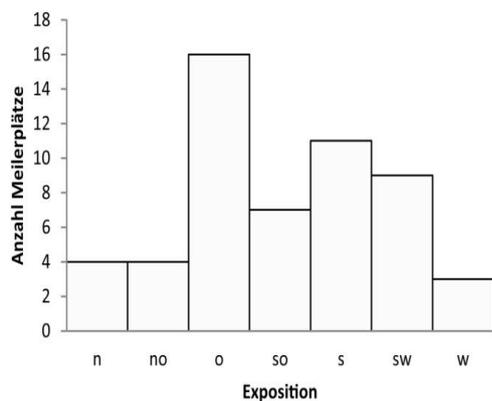


Abb. 14: Exposition der untersuchten Meilerplätze (n = 54).

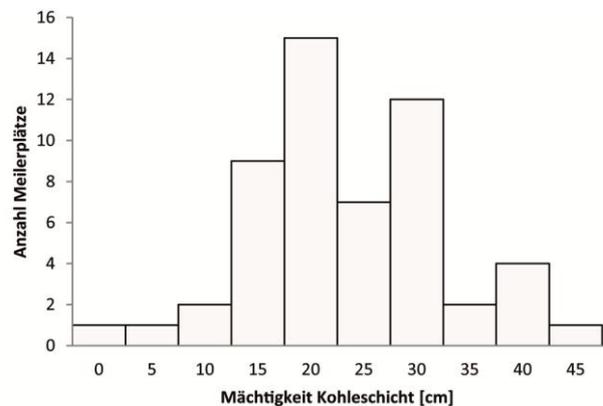


Abb. 15: Mächtigkeit der untersuchten Kohleschicht (n = 54).

6.2 Übersicht der Ergebnisse

Aus den verschiedenen Transekten im Harz (Abb. 6) wurden 58 Meilerplätze dendro-anthrakologisch untersucht.

6.2.1 Holzkohleanalyse

Insgesamt konnten aus den 58 Meilerplätzen 6528 Holzkohlestücke mit einem Gesamtgewicht von 805 g dendro-anthrakologisch untersucht werden. Ergänzend wurden weitere 342 Holzkohlen aus verschiedenen Meilern bestimmt. Hier wurde jedoch nicht die Größenklasse bestimmt oder die Meilerplätze wurden aufgrund ihrer Ausprägung und Lage nicht in die Hauptuntersuchung integriert (z.B.: BBM 3, SK). Es wurden 12 holzanatomische Gattungen und zwei Typen unterschieden (Tab. 8). Das Fundspektrum wird durch den *Picea-Larix*-Typ (86 %) dominiert. Die zweithäufigste Baumart ist *Fagus sylvatica* mit 8 %, gefolgt von *Acer* und *Alnus* mit jeweils 1 %. *Betula*, *Fraxinus*, *Sorbus*, *Populus*, *Salix*, der *Salix-Populus*-Typ, *Corylus*, *Quercus*, *Carpinus* und *Tilia* kommen zusammen auf 2 %. Der mittlere Durchmesser liegt bei 7 cm und entspricht somit dem mD-Wert des *Picea-Larix*-Typs (Tab. 8). Zwischen den einzelnen Taxa variiert der mittlere Durchmesser beträchtlich. So liegt er für *Tilia* und *Quercus* bei 15 cm, für *Acer* und *Fagus* bei 9 und 8 cm und für *Fraxinus* und *Corylus* bei 2 cm. Das mittlere Stückgewicht ist 0,12 g und schwankt bei den verschiedenen Taxa zwischen 0,02 (*Carpinus*) und 2,37 g (*Betula*).

Tab. 8: Übersicht über die im Hochharz anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl der Taxa in den Größenklassen (1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD). [n_e] = ergänzende Holzkohleuntersuchungen.

Gattung	n [n _e] g			n [%] g [%]		Größenklasse [n]					Größenklasse [%] Taxa					Größenklasse [%] Gesamt					mD g/n	
	n	[n _e]	g	n [%]	g [%]	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	mD	g/n
Acer	75	2	15,44	1,1	1,9	5	8	14	17	31	6,7	10,7	18,7	22,7	41,3	0,08	0,12	0,21	0,26	0,47	9,0	0,21
Alnus	63	10	13,51	1,0	1,7	9	15	18	19	2	14,3	23,8	28,6	30,2	3,2	0,14	0,23	0,28	0,29	0,03	4,6	0,21
Angiospermae	1		0,01	0,0	0,0	1						100,0					0,02				2,5	0,01
Betula	39	1	10,31	0,6	1,3	5	6	14	12	2	12,8	15,4	35,9	30,8	5,1	0,08	0,09	0,21	0,18	0,03	5,0	0,26
Fraxinus	6		1,55	0,1	0,2	4	2				66,7	33,3				0,06	0,03				1,5	0,26
Sorbus	41		9,26	0,6	1,2	3		9	16	12	7,3		22,0	39,0	29,3	0,05		0,14	0,25	0,18	8,3	0,23
Salix-Populus-Typ	7	13	0,87	0,1	0,1		2	1	4			28,6	14,3	57,1		0,00	0,03	0,02	0,06		5,6	0,12
Populus	8		0,48	0,1	0,1			5	3				62,5	37,5				0,08	0,05		5,3	0,06
Salix	7		1,28	0,1	0,2		2		5			28,6		71,4		0,00	0,03		0,08		6,1	0,18
Picea-Larix-Typ	5815	247	656,19	89,1	81,5	635	1088	1437	1172	1483	10,9	18,7	24,7	20,2	25,5	9,73	16,67	22,01	17,95	22,72	6,9	0,11
Fagus	461	65	93,26	7,1	11,6	59	55	94	101	152	12,8	11,9	20,4	21,9	33,0	0,90	0,84	1,44	1,55	2,33	7,8	0,20
Corylus	4	2	1,06	0,1	0,1	3	1				75,0	25,0				0,05	0,02				1,4	0,26
Quercus	1	2	1,51	0,0	0,2					1											15,0	1,51
Carpinus	1		0,02	0,0	0,0				1				100,0						0,02		7,5	0,02
Σ	6528	342	804,74	99,9	99,7	723	1180	1592	1350	1683	11,1	18,1	24,4	20,7	25,8	11,1	18,1	24,4	20,7	25,8	7,0	0,12
Salix-Populus-Typ s.l.	22		2,63	0,3	0,3		4	6	12			18,2	27,3	54,5		0,1	0,1	0,2			5,6	0,12

6.3 Ergebnisse der einzelnen Transekte

6.3.1 Brockenbettmoor

Das Transekt Brockenbettmoor (BBM) liegt zwischen dem Brockenbettmoor und dem Renneckenberg auf einer Höhe zwischen 870 und 910 m ü. NN. Es wurden im Gelände drei Meilerplätze gefunden, deren Fläche im Mittel 131 m² umfasst. Die Mächtigkeit der Holzkohleschicht liegt bei 18 bis 20 cm. Von diesen drei Meilerplätzen wurden 243 Holzkohlen mit einem Gesamtgewicht von 20,5 g untersucht

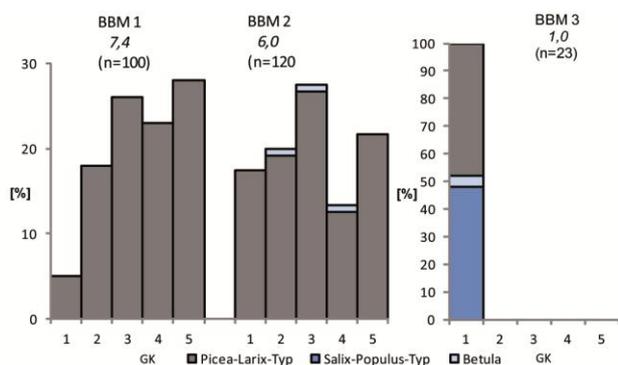


Abb. 16: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen im Transekt Brockenbettmoor. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

(Abb. 16). Das mittlere Stückgewicht liegt bei 0,09 g und der mittlere Durchmesser bei 6 cm. Im Material konnten drei Holztaxa nachgewiesen werden. Hiervon stellt der *Picea-Larix*-Typ mit etwa 94 % den Hauptanteil, gefolgt vom *Salix-Populus*-Typ mit rund 4 % und *Betula* mit annähernd 2 %.

Die mittleren Durchmesser von *Betula* und des *Salix-Populus*-Typs liegen mit 4 und 1 cm deutlich unter denen des *Picea-Larix*-Typs mit 6 cm (Tab. 9).

Tab. 9: Übersicht über die im Transekt Brockenbettmoor anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).

Gattung	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		
<i>Picea-Larix</i> -Typ	228	19,57	93,8	97,6	37	41	58	38	54	16,2	18,0	25,4	16,7	23,7	16,8	18,6	26,4	17,3	24,5	6,4	0,09
<i>Betula</i>	4	0,49	1,6		1	1	1	1		25,0	25,0	25,0	25,0		0,5	0,5	0,5	0,5		3,8	0,12
<i>Salix-Populus</i> -Typ	11	0,25	4,5	45,4	11					100					0,0	47,8				1,0	0,02
Σ	243	20,06			38	42	59	39	54						17,3	19,1	26,8	17,7	24,5	6,1	0,08

6.3.2 Königsberg

Zwischen der Nationalparkstation am Beginn der Brockenstraße bis zur Spitze des Königsberges wurden aus zehn Meilerplätzen Proben entnommen (Transekt Königsberg [KB]; Abb. 6). Aus diesen Meilerplätzen wurden 1454 Holzkohlen dendroanthrakologisch untersucht (Tab. 10). Das Transekt beginnt bei 677 m und endet bei 932 m ü. NN. Die Meilerplätze sind im Mittel 84 m² groß und die Holzkohleschicht 19 cm mächtig. Bei den gefundenen Baumarten dominiert der *Picea-Larix*-Typ mit 94 %. In drei von zehn Meilerplätzen konnte zudem *Fagus sylvatica* mit insgesamt 4 % nachgewiesen werden. Alle anderen Baumarten sind quantitativ unbedeutend und erreichen zusammen 2 % (Abb. 17). Der mD-Wert liegt bei 8 cm und das mittlere Stückgewicht bei 0,17g.

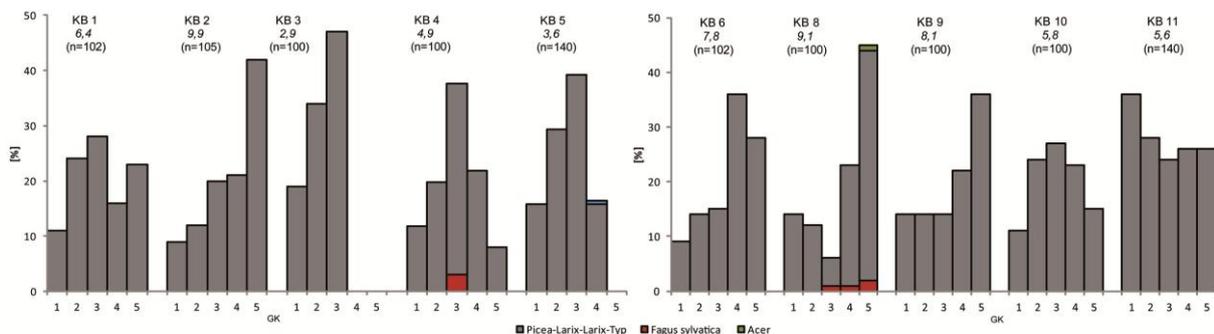


Abb. 17: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen im Transekt Königsberg. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

Tab. 10: Übersicht über die im Transekt Königsberg anthrakologisch gefundenen Holztaxa ohne die Schichten von KB 5. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).

Gattung	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		
<i>Fagus sylvatica</i>	7	0,74	0,6	0,7		4	1	2			57,1	14,3	28,6				0,4	0,1	0,2	7,6	0,11
<i>Acer</i>	1	0,01	0,1	0,0				1					100,0					0,1		15,0	0,01
<i>Salix-Populus</i> -Typ	1	0,16				1						100,0					0,1		7,5	0,16	
<i>Picea-Larix</i> -Typ	1080	106,46	99,2	99,1	157	223	270	210	220	14,5	20,6	25,0	19,4	20,4	14,4	20,5	24,8	19,3	20,2	6,2	0,10
Σ	1089	107,38			157	223	274	212	223						14,4	20,5	25,2	19,5	20,5		

Meiler KB 5 befindet sich auf 677 m ü. NN und zeichnet sich durch eine komplexe Stratifizierung aus. Insgesamt konnten vier unterschiedliche Holzkohleschichten abgegrenzt werden (Abb. 18). Die Holzartenzusammensetzung der Schicht B ist äquivalent zur separaten Untersuchung des Meilerplatzes KB 5 (Abb. 19). In beiden dominiert der *Picea-Larix*-Typ mit Werten von 99 und 98 %. In Schicht D fand sich erstmalig ein Rot-Buchenholzkohlestück, wobei auch in Schicht D der *Picea-Larix*-Typ mit 99 % auftritt. In Schicht F und H steigt der Anteil an *Fagus*-Holzkohlen deutlich an und erreicht Werte von 19 und 31 %. Der mD-Wert sinkt von 10 cm in der Schicht H auf 4 cm im fichtendominierten Meiler.

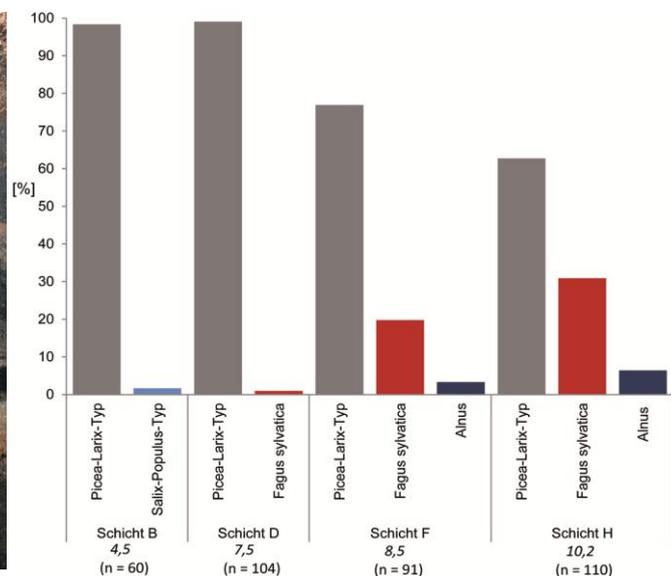
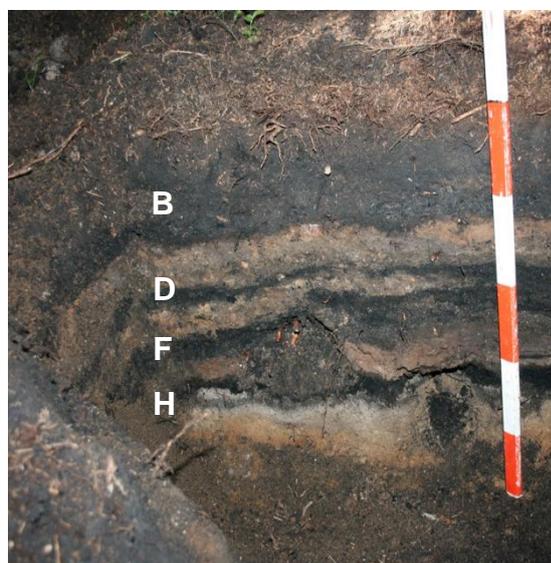


Abb. 18: Foto des Profils KB 5 von der Meilerplatte mit den unterschiedlichen Holzkohleschichten B, D, F und H.

Abb. 19: Ergebnis der holzkohleanalytischen Untersuchung der verschiedenen Schichten des Meilerplatzes KB 5.

6.3.3 Brocken

Die vier Meilerplätze des Brockengebietes (Transekt BR) setzten an das Transekt Königsberg an und liegen zwischen 840 und 900 m ü. NN. Sie stellen die Verbindung zum Brockenbettmoor her und zeichnen sich sowohl durch einen großen mittleren Durchmesser von 157 m² als einer Mächtigkeit der Holzkohleschicht zwischen 20 und 37 cm aus. Im untersuchten Material konnten sieben Holztaxa identifiziert werden (n= 598; Abb. 20).

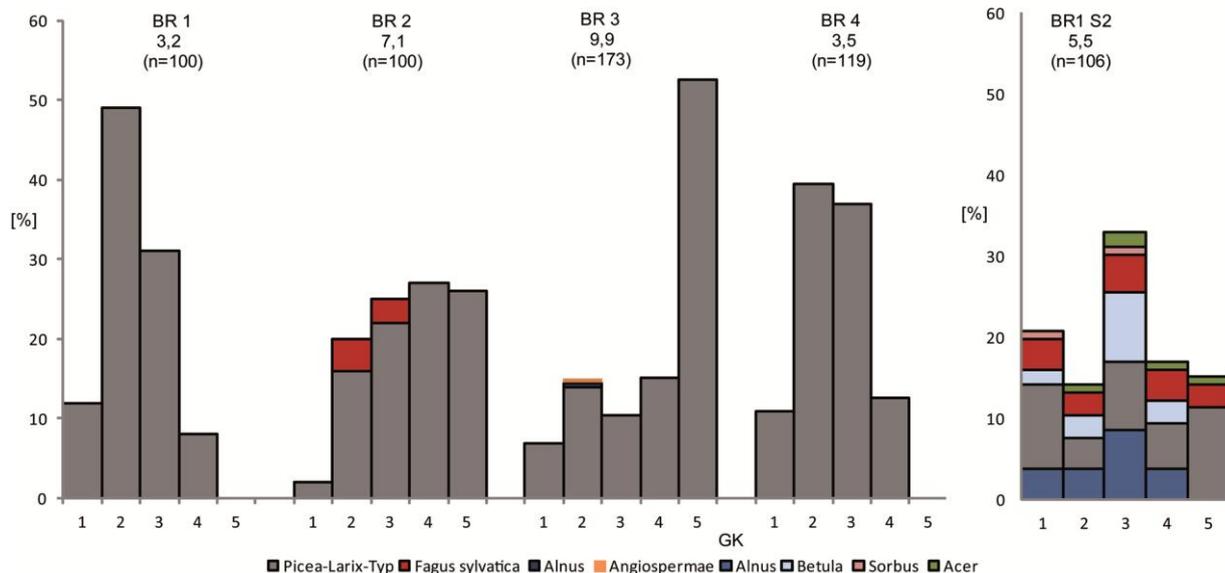


Abb. 20: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen im Transekt Brocken. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

Picea-Larix-Typ stellt mit 88 % den höchsten Anteil im Holzkohlespektrum, gefolgt von *Fagus sylvatica*, *Alnus* und *Betula* (Tab. 11). Alle anderen Holztaxa sind quantitativ unbedeutend und liegen unter 1 %. Der mittlere Durchmesser schwankt zwischen den unterschiedlichen Holztaxa zwischen 3 und 7 und liegt im Mittel bei 6 cm.

Tab. 11: Übersicht über die im Transekt Brocken anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) von Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (G/N) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).

Gattung	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		
<i>Picea-Larix</i> -Typ	525	37,76	87,8	99,2	50	140	124	81	129	9,5	26,7	23,6	15,4	24,6	8,4	23,4	20,7	13,5	21,6	6,5	0,07
<i>Fagus sylvatica</i>	26	0,04	4,3	0,1	4	7	8	4	3	15,4	26,9	30,8	15,4	11,5	0,7	1,2	1,3	0,7	0,5	4,9	0,00
<i>Alnus</i>	22	0,12	3,7	0,3	4	5	9	4		18,2	22,7	40,9	18,2		0,7	0,8	1,5	0,7		3,8	0,01
<i>Acer</i>	5	0,02	0,8	0,1	1	2	1	1		20	40	20	20		0,2	0,3	0,2	0,2		3,5	0,00
<i>Betula</i>	17	0,09	2,8	0,2	2	3	9	3		11,8	17,6	52,9	17,6		0,3	0,5	1,5	0,5		4,0	0,01
<i>Sorbus</i>	2	0,01	0,3	0,0	1		1			50		50			0,2		0,2			2,5	0,00
Angiospermae	1	0,01	0,2	0,0		1				100					0,2					2,5	0,01
Σ	598	38,05			62	158	152	93	132											6,3	0,06

Meilerplatz BR 1 zeichnet sich durch eine Stratifizierung der Holzkohleschicht aus. Im gesamten Meilerplatz konnte nur Holzkohle des *Picea-Larix*-Typs gefunden werden. Schicht 2 (BR 1 S2; Abb. 21) wird gleichfalls vom *Picea-Larix*-Typ dominiert (40 %). Neben Fichtenholzkohlen fanden sich hier auch Holzkohlen von *Alnus* (20 %), *Fagus sylvatica* (18 %), *Acer* (5 %), *Betula* (16 %) und *Sorbus* (2 %).

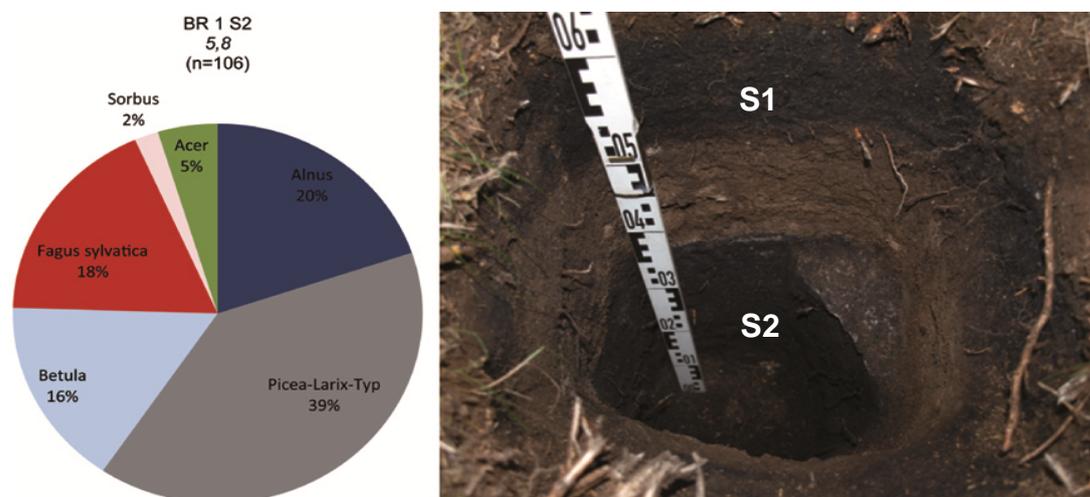


Abb. 21: Foto des Profils BR 1 von der Meilerplatte mit den unterschiedlichen Holzkohle-Schichten und den Ergebnissen der anthrakologischen Untersuchung der unteren Schicht (S2) in Prozent.

6.3.4 Drei-Annen-Hohne

Der Transekt Drei-Annen-Hohne (DA) beginnt auf 677 m ü. NN westlich von Drei Annen Hohne und Ende bei 817 m ü. NN in der Nähe der Hohneklippen. Die fünf untersuchten Meilerplätze haben eine Fläche von 103 bis 183 m² und die Mächtigkeit der Holzkohleschicht variiert zwischen 18 und 30 cm. Aus den fünf Meilerplätzen wurden 600 Holzkohlen dendro-anthrakologisch untersucht, wobei der *Picea-Larix*-Typ mit über 99 % das Spektrum dominiert (Tab. 12). Neben den Holzkohlen des *Picea-Larix*-Typs konnte nur eine einzige Holzkohle von *Betula* gefunden werden (Abb. 22). Der mittlere Durchmesser der Fichtenholzkohlen beträgt 5 cm und das mittlere Stückgewicht liegt bei 0,001 g.

Tab. 12: Übersicht über die im Transekt Drei-Annen-Hohne anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).

Gattung	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>Picea-Larix</i> -Typ	599	51,35	99,8	99,9	59	143	208	126	63	4	9,8	23,9	34,7	21,0	10,5	0,7	9,8	23,8	34,7	21,0	10,5	0,7	5,3	0,086
<i>Betula</i>	1	0,03	0,2	0,1			1						100,0					0,2					4,0	0,030
Σ	600	51,38	100	100	59	143	209	126	63	4							9,8	23,8	34,8	21,0	10,5	0,7	5,3	0,086

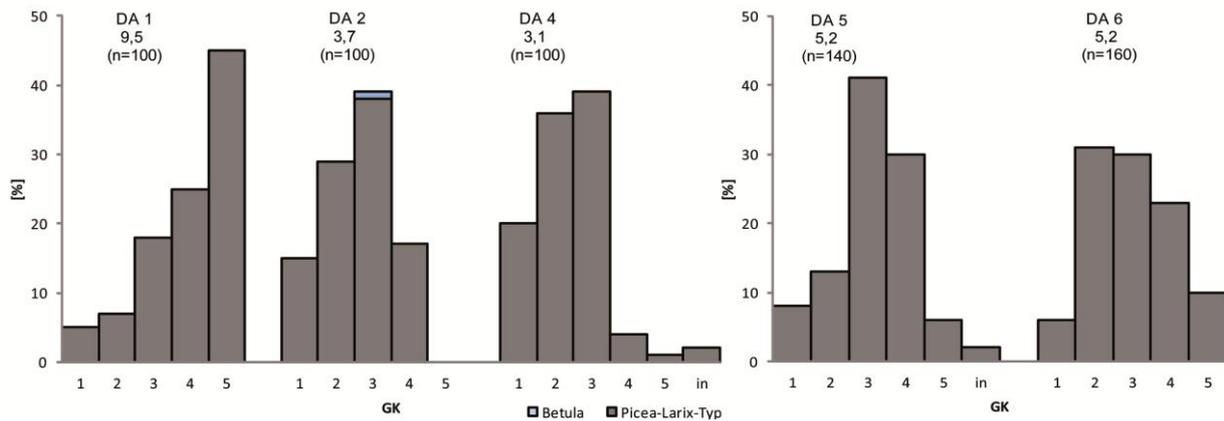


Abb. 22: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen im Transekt Drei-Annen-Hohne. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

6.3.5 Hohneklippen

Das Untersuchungsgebiet Hohneklippen (Transekt HO) schließt sich an den Drei-Annen-Hohne-Komplex an und liegt zwischen 630 und 800 m ü. NN. Insgesamt wurden sieben Meilerplätze mit einer Größe zwischen 82 und 263 m² untersucht. Die Mächtigkeit der Kohleschicht liegt zwischen 16 und 25 cm. Aus den sieben Meilerplätzen wurden 878 Holzkohlestücke mit einem Gesamtgewicht von 133,7 g dendroanthrakologisch untersucht (Tab. 13). Es konnten sieben Holztaxa identifiziert werden (Abb. 23). Der *Picea-Larix*-Typ dominiert mit 91 % das Fundspektrum, gefolgt *Fagus sylvatica* (5 %) und *Alnus* (2 %). Alle übrigen Taxa sind quantitativ nicht von Bedeutung und erreichen zusammen 2 %. Laubbölzer ließen sich in vier der sieben Meilerplätzen nachweisen, wovon *Fagus sylvatica* eine Stetigkeit von 42 % besitzt. Der mittlere Durchmesser liegt bei 10 cm, variiert jedoch beträchtlich zwischen den einzelnen Taxa. *Fagus sylvatica* und der *Picea-Larix*-Typ zeichnen sich durch höhere mD-Werte gegen über den restlichen Taxa aus (Abb. 23). In Meilerplatz HO 3 fand sich eine Stratifizierung der Holzkohleschicht (Abb. 24). Schicht 2 (S2) ist durch einen höheren Anteil an Holzkohlen von Laubbäumen (*Alnus* und *Populus*) charakterisiert (Abb. 25), während der Meiler HO 3 zu 99 % aus Fichtenholzkohlen besteht.

Tab. 13: Übersicht über die im Transekt Hohneklippen anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).

Gattung	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]					Größenklasse [%] Taxa					Größenklasse [%] Gesamt					mD	g/n
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
<i>Alnus</i>	23	5,40	2,60	4,04	1	3	9	9	1	4,3	13,0	39,1	39,1	4,3	0,1	0,3	1,0	1,0	0,1	5,5	0,23
<i>Acer</i>	2	0,03	0,23	0,02	1	1					50,0	50,0			0,1	0,1			3,3	0,02	
<i>Betula</i>	5	8,08	0,56	6,04			3	2			60,0	40,0				0,3	0,2		5,4	1,62	
<i>Fagus sylvatica</i>	40	21,03	4,52	15,72	1	3	11	12	13	2,5	7,5	27,5	30,0	32,5	0,1	0,3	1,2	1,4	1,5	8,4	0,53
<i>Picea-Larix-Typ</i>	793	97,60	89,60	72,96	66	55	89	180	403	8,3	6,9	11,2	22,7	50,8	7,5	6,2	10,1	20,3	45,5	10,0	0,12
<i>Populus</i>	11	0,48	1,24	0,36	1	6	4				54,5	36,4			0,1	0,7	0,5		5,1	0,04	
<i>Salix</i>	1	0,89	0,11	0,66				1				100,0					0,1		7,5	0,89	
<i>Salix-Populus-Typ</i>	3	0,27	0,34	0,20	0	0	1	2			33,3	66,7					0,1	0,2	6,3	0,09	
Σ	878	133,78	99	100	68	63	120	210	417						7,7	7,2	13,7	23,9	47,5	9,7	0,15

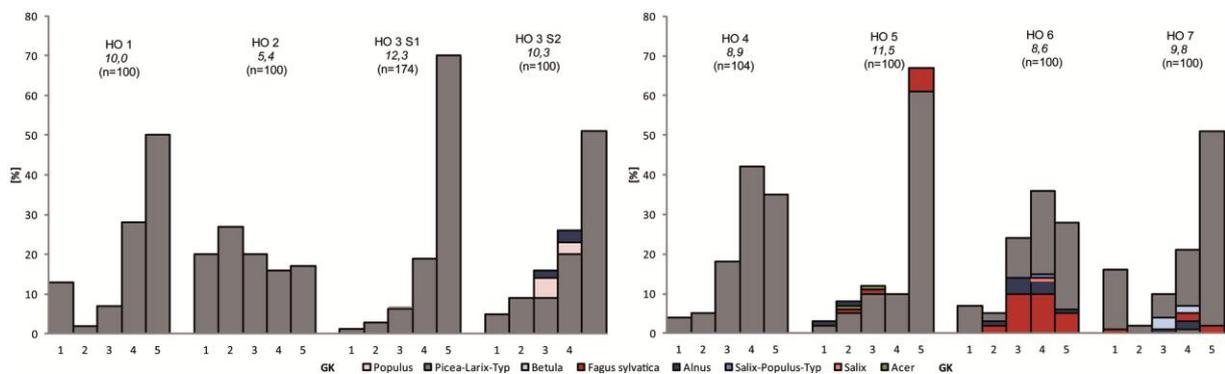


Abb. 23: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen im Transekt Hohneklippen. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

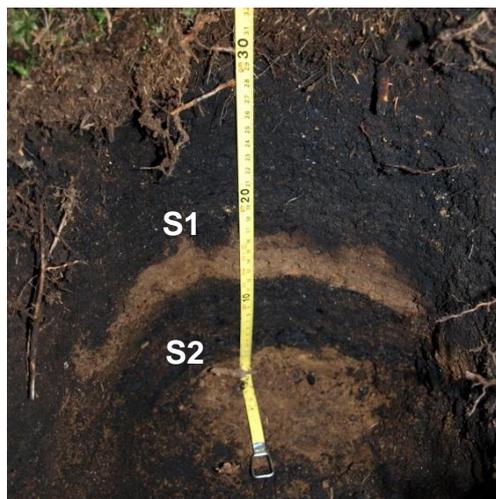


Abb. 24: Foto des Profils HO 3 von der Meilerplatte mit den unterschiedlichen Holzkohle-Schichten.

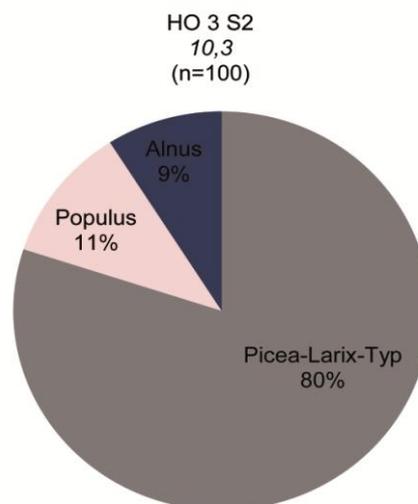


Abb. 25: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der unteren Schicht 2 (S2) des Meilerplatzes HO 3.

6.3.6 Blumentopfmoor

Das Transekt Blumentopfmoor (BTM) befindet sich am östlichen Hang des Renneckenberges und erstreckt sich von der Vermoorung am Hangfuß bis zum Hügelrücken. Zwischen 700 und 905 m ü. NN wurden 14 Meilerplätze untersucht. Die Meilerplätze sind im Mittel 90 m² groß (39-136 m²) und die Mächtigkeit der Kohleschicht variiert zwischen 0 und 40 cm. Insgesamt wurden 1433 Holzkohlestücke mit einem Gesamtgewicht von 209 g anthrakologisch untersucht (Tab. 14).

Tab. 14: Übersicht über die im Transekt Blumentopfmoor anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).

Taxon	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]					Größenklasse [%] Taxon					Größenklasse [%] Geamt					mD	g/n	
					1	2	3	4	5 indet	1	2	3	4	5 indet	1	2	3	4	5 indet			
<i>Acer</i>	61	14,89	4,3	5,5	4	5	11	13	28	6,6	8,2	18,0	21,3	45,9	0,3	0,3	0,8	0,9	2,0	9,5	0,24	
<i>Alnus</i>	1	0,04	0,1	0,0	1					100,0					0,1				1,0	0,04		
<i>Betula</i>	3	0,33	0,2	0,1			1	1	1			33,3	33,3	33,3			0,1	0,1	0,1	8,8	0,11	
<i>Fagus</i>	122	22,48	8,5	8,2	13	14	28	27	40	10,7	11,5	23,0	22,1	32,8	0,9	1,0	2,0	1,9	2,8	7,9	0,18	
<i>Picea-Larix-Typ</i>	1212	229,18	84,6	84,0	102	204	289	254	362	8,4	16,8	23,8	21,0	29,9	7,1	14,2	20,2	17,7	25,3	7,5	0,19	
<i>Sorbus</i>	34	6,00	2,4	2,2	2		5	13	13	5,9		14,7	38,2	38,2	0,1		0,3	0,9	0,9	9,3	0,18	
Σ	1433	272,93			122	223	334	308	444	2	8,5	15,6	23,3	21,5	31,0	8,5	15,6	23,3	21,5	31,0	7,7	0,19

Das dominierende Taxon im Fundspektrum ist der *Picea-Larix*-Typ mit 85 %. Am zweithäufigsten fanden sich Holzkohlen von *Fagus sylvatica* (8 %), gefolgt von *Acer* (4 %) und *Sorbus* (2 %).

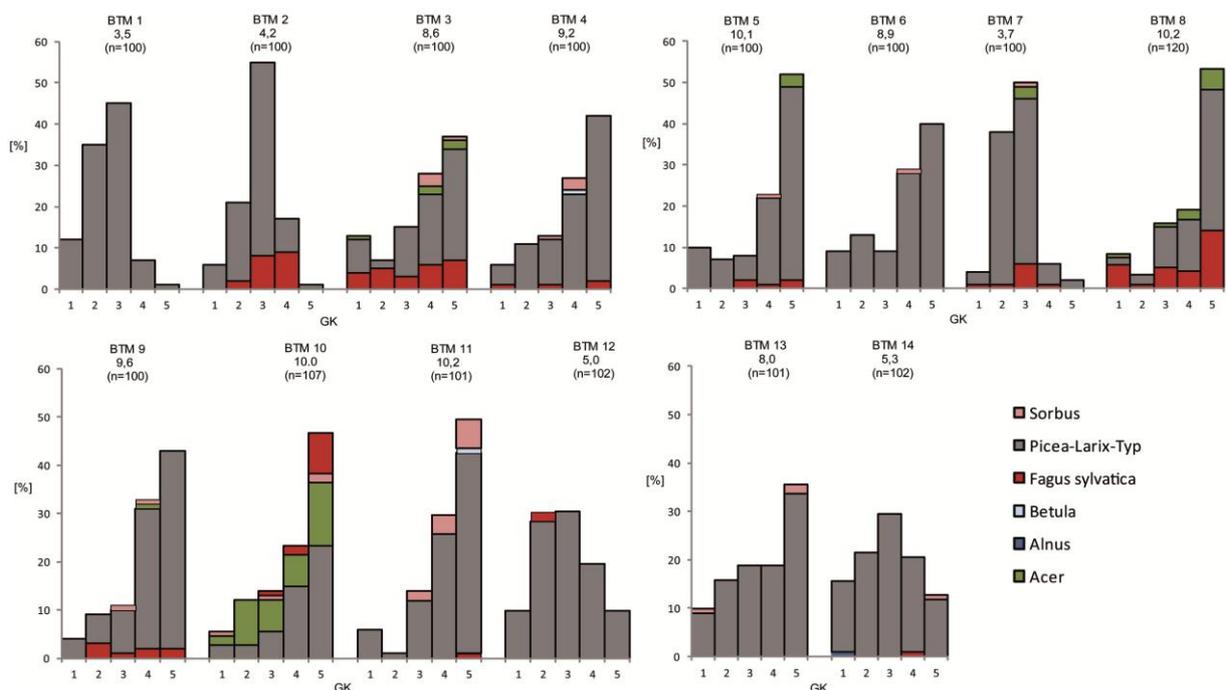


Abb. 26: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen im Transekt Blumentopfmoor. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

Die Häufigkeit der Laubbaumtaxa schwankt beträchtlich zwischen den einzelnen Meilerplätzen, so erreichen *Fagus* in BTM 3 25 % während *Fagus* in den Meilerplätzen BTM 1 und 13 komplett fehlt. Holzkohlen von *Acer* ließen sich in vier Meilerplätzen nachweisen und erreichen Höchstwerte von 35 % in BTM 10 (Abb. 26, vgl. Knapp et al., 2012). Der mittlere Durchmesser der Holzkohlen liegt bei 8 cm und variiert bei den Hauptbaumarten zwischen 7 und 9 cm.

6.3.7 Torfhaus

Das Transekt Torfhaus (T) liegt etwas abseits der Haupttransekte am Rande des Großen Torfhausmoores entlang des Hexen-Stieges zum Brocken zwischen 721 und 800 m ü. NN (Abb. 6). Es wurden fünf Meilerplätze untersucht, welche sich durch eine Fläche von durchschnittlich 137 m² und einer mittleren Mächtigkeit der Holzkohleschicht von 25 cm auszeichnen.

Von den holzanatomisch bestimmten 736 Holzkohlen entfielen 98 % auf den *Picea-Larix*-Typ (Abb. 27). Weiter fanden sich mit geringen Prozentwerten *Sorbus*, *Betula* und *Fraxinus* (Tab. 15). Das mittlere Stückgewicht liegt bei 0,1 g und der mittlere Durchmesser bei 6 cm. Lediglich bei *Betula* fanden sich mit einem mD-Wert von 9 cm größere Holzdurchmesser (Abb. 27). In Meilerplatz T 2 konnten zwei von einer mineralischen Schicht getrennte Holzkohlelagen unterschieden werden (S1 und S2). In Schicht S1 fanden sich nur Holzkohlen des *Picea-Larix*-Typs, während S2 durch einen erhöhten Anteil an Laubbaum-Holzkohlen (*Betula* und *Sorbus*) gekennzeichnet ist (Abb. 27).

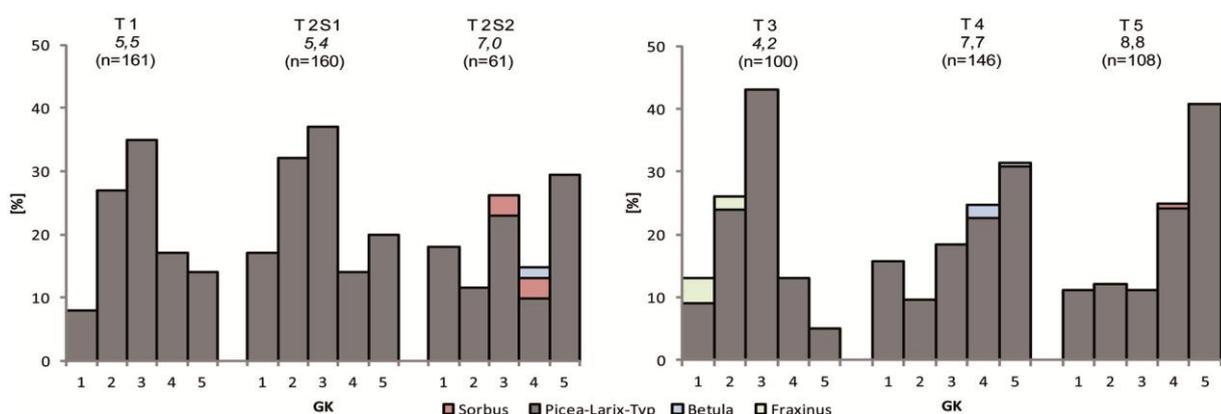


Abb. 27: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen im Transekt Torfhaus. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

Tab. 15: Übersicht über die im Transekt Torfhaus anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).

Taxa	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]					Größenklasse [%] Art					Größenklasse [%] Gesamt					mD	g/n	
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
<i>Sorbus</i>	5	3,1	0,7	3,2		2	3				40,0	60,0				0,3	0,4				6,1	0,62
<i>Picea-Larix-Typ</i>	720	91,3	97,8	94,6	88	158	211	117	146	12,2	21,9	29,3	16,3	20,3	12,0	21,5	28,7	15,9	19,8		6,1	0,13
<i>Betula</i>	5	0,6	0,7	0,6				4	1			80,0	20,0				0,5	0,1			9,0	0,11
<i>Fraxinus</i>	6	1,6	0,8	1,6	4	2				66,7	33,3				0,5	0,3					1,5	0,26
Σ	736	96,5	100	100	92	160	213	124	147	12,5	21,7	28,9	16,8	20,0							6,1	0,13

6.3.8 Sieber

Das Gebiet Sieber (SIE) liegt westlich zwischen St. Andreasberg und dem Sösestausee zwischen 600 und 702 m ü. NN. Es wurden sechs Meilerplätze untersucht, deren Fläche zwischen 70 und 165 m² liegt. Die mittlere Mächtigkeit der Holzkohleschicht liegt bei 24 cm. Insgesamt wurden 613 Holzkohlen bestimmt und zwei Holztaxa unterschieden (Tab. 16). Der *Picea-Larix*-Typ dominiert das Holzkohlespektrum mit 85 % und *Fagus sylvatica* tritt mit 16 % auf (Abb. 28), fand sich jedoch in vier von sechs Meilerplätzen. Der mittlere Durchmesser von *Fagus sylvatica* liegt bei 9 cm und ist damit deutlich höher als beim *Picea-Larix*-Typ mit 5,2 cm.

Tab. 16: Übersicht über die im Transekt Sieber anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).

Gattung	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			
<i>Fagus sylvatica</i>	95	6,07	15,5	8,8	4	9	20	26	36	4,2	9,5	21,1	27,4	37,9	0,7	1,5	3,3	4,2	5,9		8,9	0,06
<i>Picea-Larix-Typ</i>	518	62,55	84,5	91,2	73	115	161	112	57	14,1	22,2	31,1	21,6	11,0	11,9	18,8	26,3	18,3	9,3		5,2	0,12
Σ	613	68,62	100	100	77	124	181	138	93						12,6	20,2	29,5	22,5	15,2		5,8	0,11

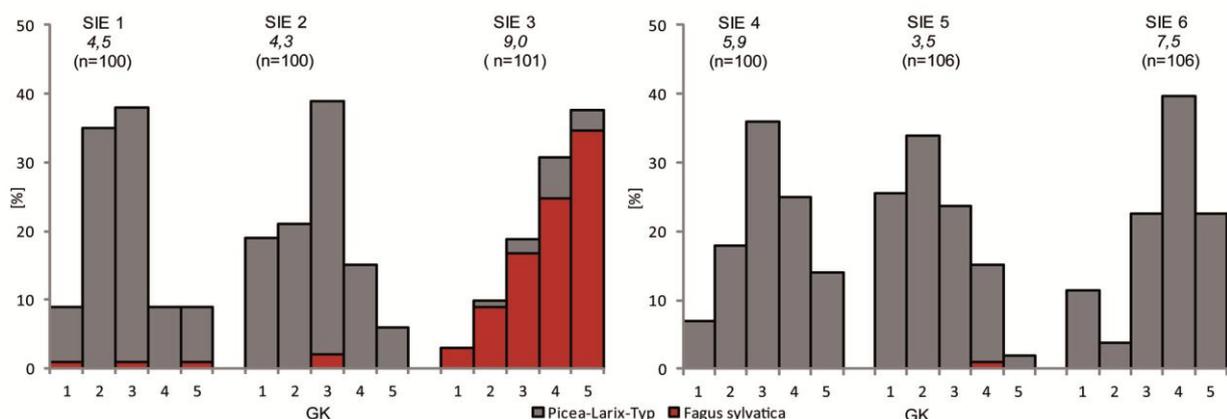


Abb. 28: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen im Transekt Sieber. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

6.3.9 Exklaven

Die untersuchten Meilerplätze des Abschnittes Märchenwald (MAE) liegen südlich von Bad Harzburg auf 400 bis 550 m ü. NN. In den drei untersuchten Meilerplätzen konnten 215 Holzkohlen untersucht und neun Baumarten holzanatomisch unterschieden werden (Tab. 17). Das mittlere Stückgewicht liegt bei 0,3 g und der mittlere Durchmesser der untersuchten Holzkohlen bei 7 cm (Tab. 17). Das untersuchte Material besteht zu 66 % aus *Fagus sylvatica*. Am zweithäufigsten fand sich der *Picea-Larix*-Typ mit 17 %, gefolgt von *Salix-Populus*-Typ und *Acer*. Mit geringen Prozentwerten fanden sich weiter *Carpinus*, *Quercus* und *Betula* (Abb. 29). Der mittlere Durchmesser von *Fagus*, *Acer*, *Carpinus* und des *Picea-Larix*-Typs liegt im mittleren Bereich zwischen 6 und 9 cm.

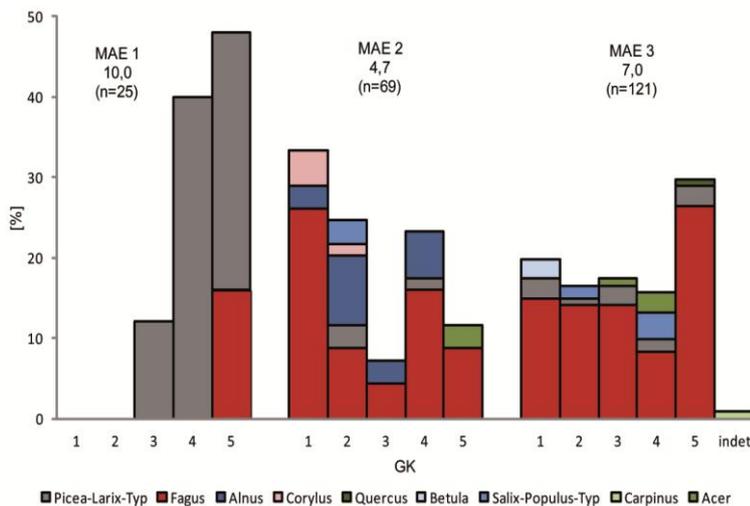


Abb. 29: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen der Exklave Märchenwald. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

Tab. 17: Übersicht über die im Transekt Märchenwald anthrakologisch gefundenen Holztaxa. Dargestellt ist die Stückzahl und die prozentuale Verteilung der Taxa auf die Größenklassen (GK 1-5) nach Ludemann und Nelle (2002), sowie die prozentuale Gesamthäufigkeit und das Gesamtgewicht. Daneben das mittlere Stückgewicht (g/n) und der mittlere Durchmesser in cm (mD).

Gattung	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]					Größenklasse [%]					Größenklasse [%] Gesamt					mD	g/n		
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	indet	1	2	3	4			5	indet
<i>Fagus sylvatica</i>	142	41,50			18	35	23	13	47	6	12,7	24,6	16,2	9,2	33,1	8,4	16,3	10,7	6,0	21,9	2,8	7,4	0,29
<i>Quercus</i>	1	1,51	0,8	5,2					1						100,0					0,5		15,0	1,51
<i>Picea-Larix</i> -Typ	36	13,00			3	1	8	12	12		8,3	2,8	22,2	33,3	33,3	1,4	0,5	3,7	5,6	5,6		8,5	0,36
<i>Alnus</i>	14	7,21	20,3	21,0	2	6	2	4			4,5	13,6	4,5	9,1				2,8	0,9	1,9		3,9	0,51
<i>Corylus</i>	4	1,06	5,8	3,1	3	1					6,8	2,3						0,5				1,4	0,26
<i>Salix-Populus</i> -Typ	8	0,64			2	2	4				25,0	25,0	50,0					0,9	1,9			5,4	0,08
<i>Betula</i>	3	0,78	2,5	2,7	3						100,0					1,4						1,0	0,26
<i>Carpinus</i>	1	0,02	0,8	0,1					1													0,5	0,02
<i>Acer</i>	6	0,48					1	3	2			16,7	50,0		33,3			0,5	1,4	0,9		6,6	0,08
Σ	215	66,20	30,2	32,1	24	43	41	34	64	9												7,3	0,31

Weiter östlich des Märchenwaldes wurde ein weiterer Meilerplatz anthrakologisch untersucht (n=100). Diese sogenannte Schwarze Kohlstelle (SK) zeichnet sich durch die Dominanz von *Fagus sylvatica* (44 %) im Holzkohlespektrum aus, gefolgt vom

Picea-Larix-Typ (42 %) und *Alnus* (7 %). Mit einem Holzkohlestück fanden sich weiter *Tilia*, *Corylus*, *Quercus* und der *Salix-Populus*-Typ (Abb. 30). Der mittlere Durchmesser der Holzkohlen liegt bei 9 cm.

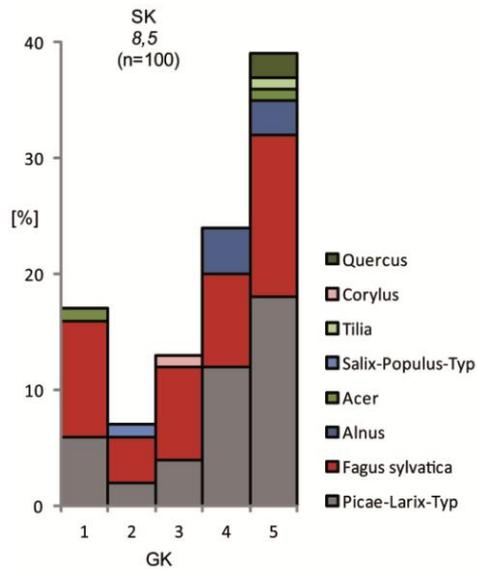


Abb. 30: Ergebnisse der anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen der Exklave Schwarze Kohlstelle. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

7 Ergebnisse Archäo-Anthrakologie

Im Holzkohlespektrum der sechs anthrakologisch untersuchten Fundplätze (Johanneser Kurhaus, Huneberg, Kötental, Schildautal, Rabental und Schildautal) zeichnen sich deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Plätzen ab. Im Schnapsweg, Schildautal und Kötental dominiert *Fagus*. Es konnten keine Holzkohlen des *Picea-Larix*-Typs gefunden werden. Die Fundstätten Huneberg, Johanneser Kurhaus und Rabental sind durch höhere Anteile an Fichte gekennzeichnet (Tab. 18).

Tab. 18: Gesamttabelle mit den für die Untersuchungen wichtigsten Gehölztaxa und Kategorien, der Datenbasis, g/n- und mD-Werten. * = Anteile unter 0,1 %.

Fundplatz	n HK best.	G/N	mD	<i>Fagus</i>	<i>Acer</i>	<i>Picea-Larix</i> -Typ	<i>Carpinus</i>	<i>Corylus</i>	<i>Betula</i>	<i>Alnus</i>	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
Huneberg	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

7.1 Johanneser Kurhaus

In den 1966 identifizierten Holzkohlestücken mit einem Gesamtgewicht von 685,5 g konnten 19 Gehölzgattungen bzw. -arten nachgewiesen werden (Abb. 31). 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*, *Corylus* und *Carpinus*, 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* dominiert beim Gesamtgewicht *Betula* mit über 20 %, gefolgt von *Corylus*, *Carpinus* und *Acer* (Abb. 32 und 33), während der Anteil des *Picea-Larix*-Typs deutlich geringer ist und unter 5 % liegt. Beim mittleren Stückgewicht wird sichtbar, dass vornehmlich bei *Sorbus*, *Salix*, *Betula* und *Corylus* größere Holzkohlestücke identifiziert wurden, während es bei allen anderen Taxa kleine Holzkohlefragmente waren.

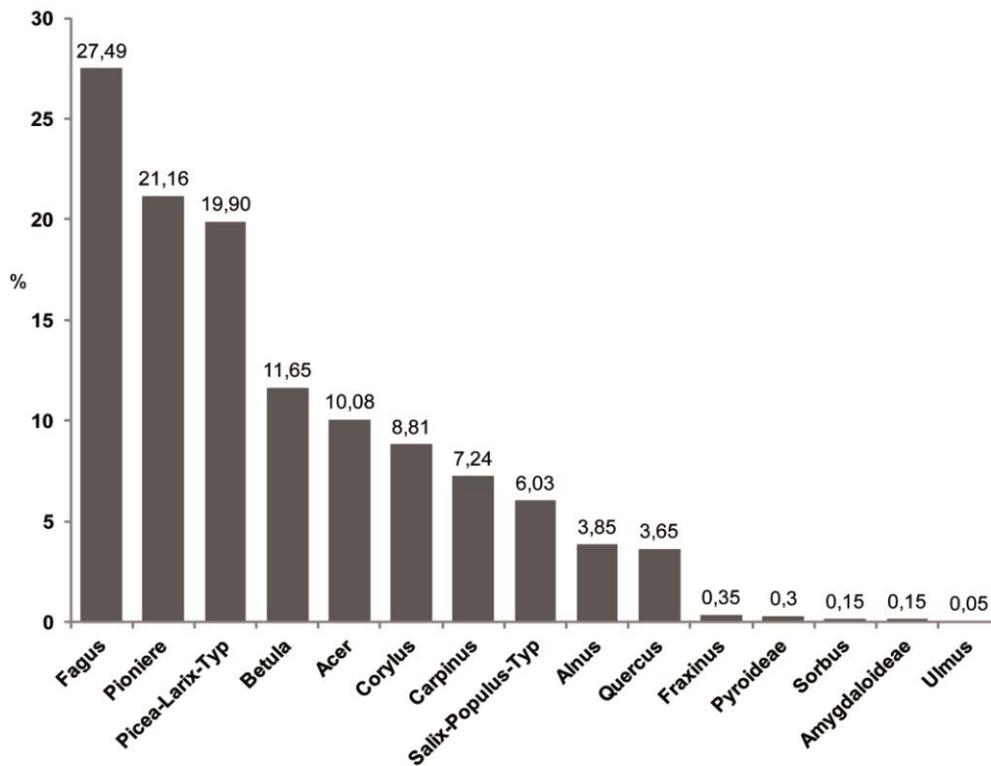


Abb. 31: Überblick über die prozentuale Verteilung der Holzkohlen aus der Grabung Johanneser Kurhaus auf die Holztaxa, basierend auf 1966 untersuchten Holzkohlen.

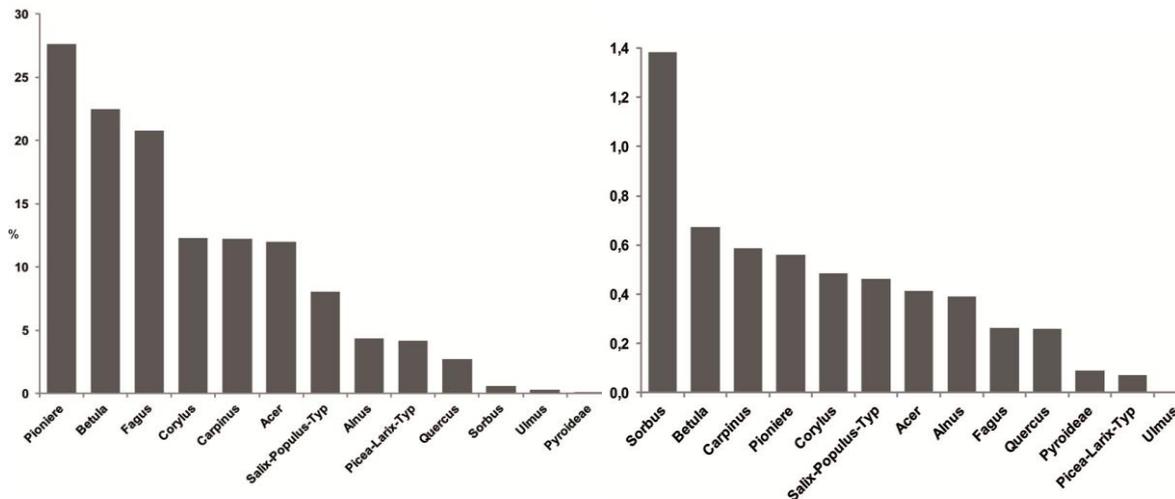


Abb. 32: Überblick über die prozentuale Verteilung der identifizierten Holztaxa des Fundplatzes Johanneser Kurhaus auf das Gesamtgewicht (n = 1966).

Abb. 33: Überblick über die prozentuale Verteilung der identifizierten Holztaxa auf das mittlere Stückgewicht ausgewählter Holztaxa im Fundplatz Johanneser Kurhaus (n = 1966).

7.1.1 Bodenproben

In den untersuchten Bodenproben konnten 1381 Holzkohlestücke mit einem Gewicht von 154,6 g holzanatomisch bestimmt werden. Insgesamt konnten in dem Material 16 Gattungen nachgewiesen werden. Ähnlich dem Gesamtmaterial wird das Fundspektrum von *Fagus* und dem *Picea-Larix*-Typ dominiert (Abb. 34). 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. 35).

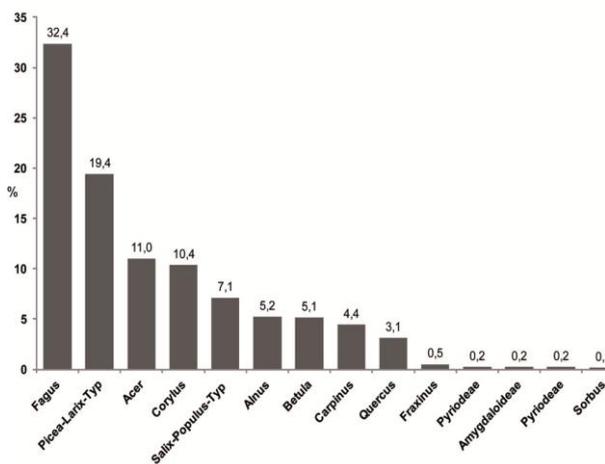


Abb. 34: Prozentuale Verteilung der Holzkohlen (Bodenproben; Fundplatz Johanneser Kurhaus) auf die Holztaxa (n = 1381).

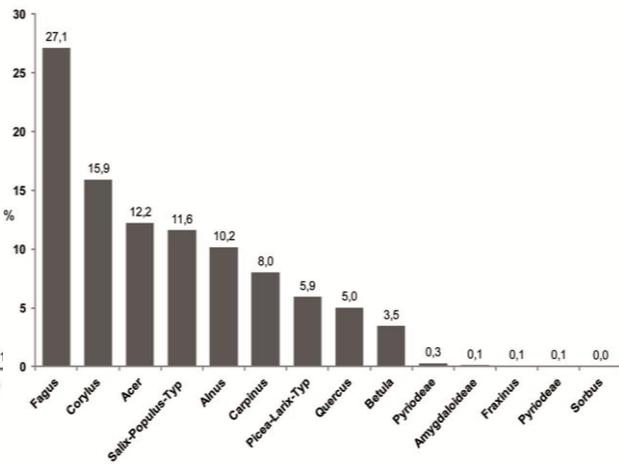


Abb. 35: Gewichtsprozente der Holzkohlen aus Bodenproben des Johanneser Kurhauses (n = 1381).

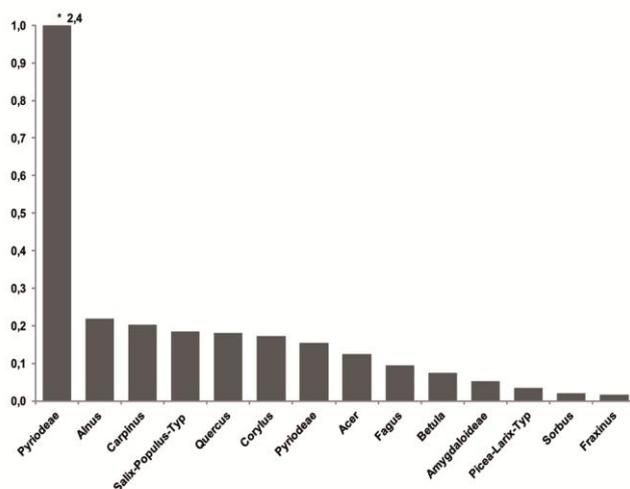


Abb. 36: g/n-Werte der Holzkohlen aus Bodenproben des Johanneser Kurhauses (n = 1381).

Obwohl *Fagus* einen geringen g/n-Wert von 0,1 g 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. 36). 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 cm (Abb. 37).

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

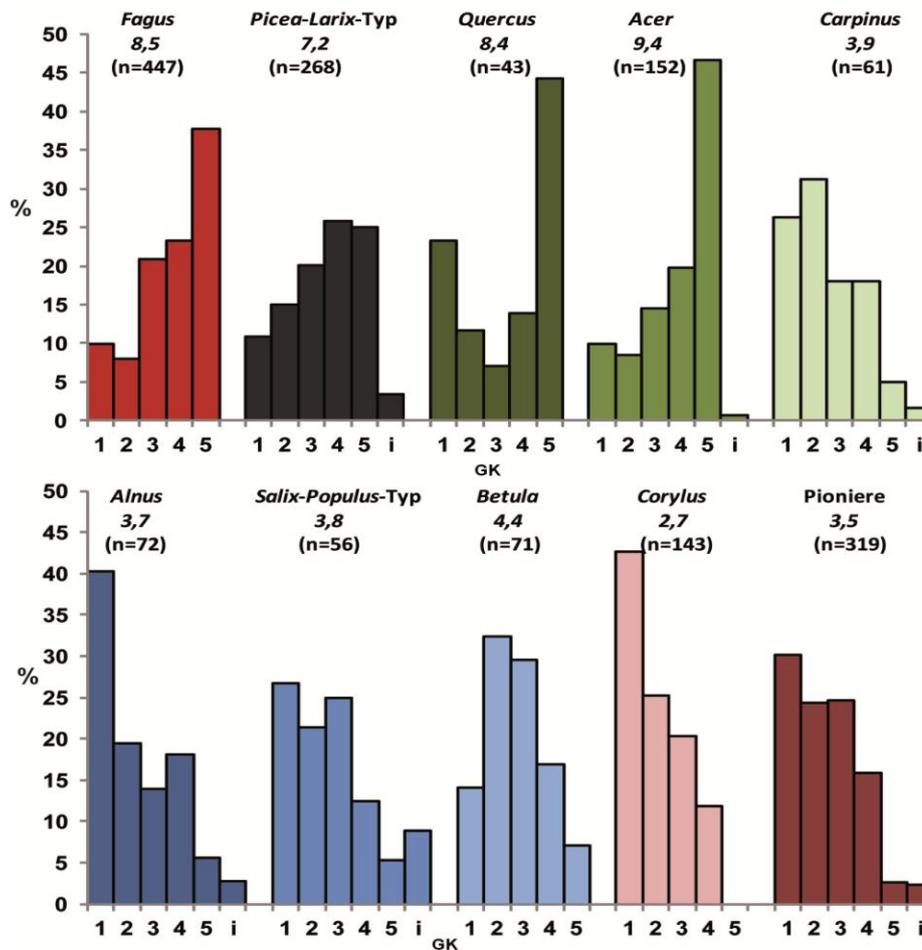
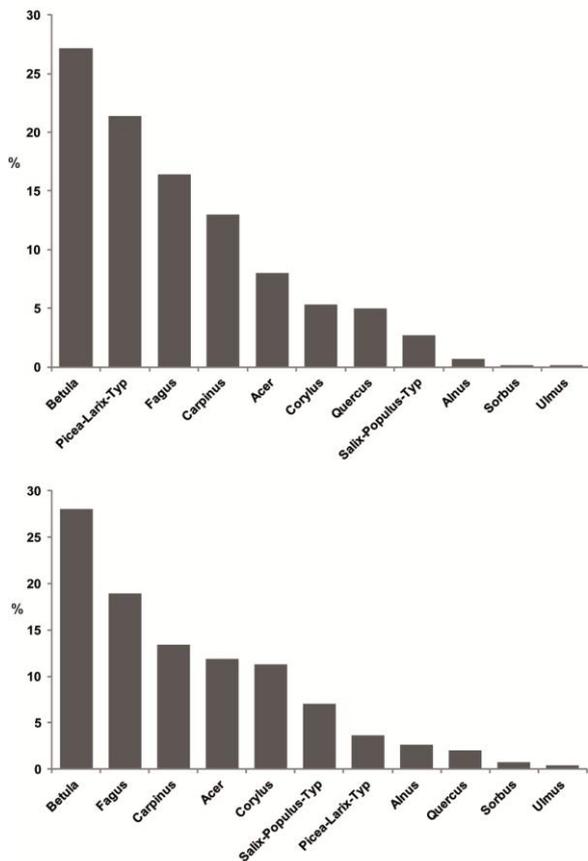


Abb. 37: Prozentuale Verteilung der Holzkohlen aus Bodenproben des Johanneser Kurhauses auf die Durchmesserklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis (n = 1381).

7.1.2 Holzkohleproben

In den untersuchten Holzkohleproben wurden 585 Holzkohlestücke mit einem Gesamtgewicht von 531 g analysiert. Hierbei wurden insgesamt elf Gattungen nachgewiesen. Der größte Anteil entfällt auf die Gattung *Betula*, gefolgt vom *Picea-Larix-Typ*, *Fagus* und *Carpinus*, die zusammen 78 % einnehmen (Abb. 38). 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. 38); 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. 39). Alle anderen Taxa sind durch ein mehr oder weniger deutliches L-förmiges Verteilungsmuster charakterisiert.

Abb. 38: Prozentualer Anteil der einzelnen Holztaxa an der Gesamtstückzahl (oben) und dem Gesamtgewicht (unten) basierend auf 585 untersuchten Holzkohlen aus von Hand ausgelesenen Holzkohleproben des Fundplatzes Johanneser Kurhaus.

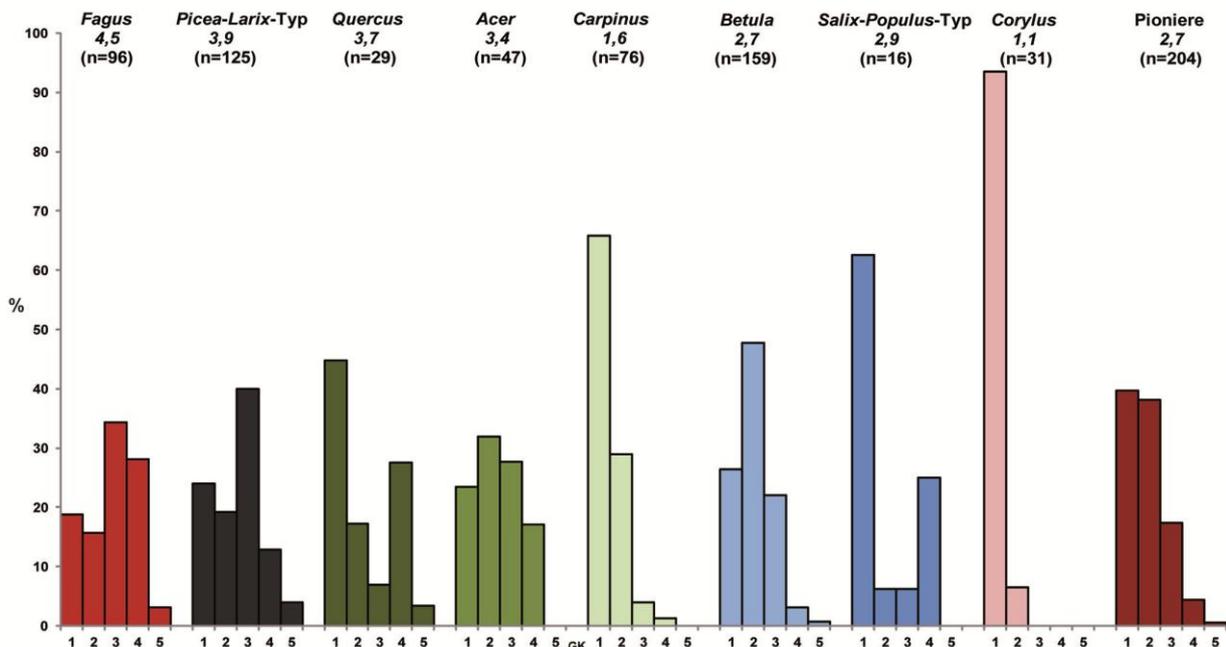


Abb. 39: Prozentuale Verteilung der Holzkohlen aus Holzkohleproben des Johanneser Kurhauses auf die Durchmesserklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

7.1.3 Einzelne Befunde

Im Folgenden wird die Holzkohlezusammensetzung von aus montanarchäologischer Sicht wichtigen Befunden dargestellt. Die verschiedenen Fundnummern der einzelnen Befunde wurden zusammengefasst und die Ergebnisse der Holzkohleanalyse aufsummiert (Tab. 19). 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.

Tab. 19: Übersicht über die verschiedenen Kategorien, ihre Befunde und die Datenbasis des Fundplatzes Johannenser Kurhaus.

Kategorie	Phase	Befunde	Befund-Nr.	Holzkohlen [n]
Schmiede	3c	Schmiede	99, 205	46
Schmiede	3b	Schmiedegebäude	14, 17, 21, 275	397
		Schmiedeofen	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	626, 630	
		Holzkohleschicht	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

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 Schmiedeofen (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 Bleiglanzver-

hüttung der Phase 1 und deren zugehörigen Schichten von Bedeutung (Alper, pers. Mitt.). Diese Kategorie Bleiglanzverhüttung setzt sich aus den Befunden 341, 746 (Ofen), 633, 651 655 (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) und ein Befund 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 der *Picea-Larix*-Typ mit zusammen 68 % den größten Anteil stellen. Der mittlere Durchmesser der Probe ist gering (6) und lediglich *Acer* erreicht einen höheren mD-Wert (11). Sowohl die mittlere Anzahl der Jahrringe als auch die durchschnittliche Breite der Jahrringe variieren beträchtlich zwischen den Taxa (Tab. 20). 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. 20). 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 cm 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 %.

Tab. 20: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Befunde Schmiede des Fundplatzes Johannenser Kurhaus mit Angaben zur Verteilung der untersuchten Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen nach Ludemann und Nelle (2002), dem mittleren Durchmesser (mD), dem mittleren Stückgewicht (g/n), dem mittleren Durchmesser der Jahrringe (MDM) sowie deren mittlere Anzahl (MJH).

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	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
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	
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			

Verhüttung

Aus den mit Verhüttungstätigkeiten in Verbindung stehenden Proben konnten 51 Holzkohlen identifiziert werden (Tab. 21). Der mittlere Durchmesser ist durchgehend niedrig und die Proben 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.

Tab. 21: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Verhüttung des Fundplatzes Johannenser Kurhaus mit Angaben zur Verteilung der untersuchten Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen nach Ludemann und Nelle (2002), dem mittleren Durchmesser (mD), dem mittleren Stückgewicht (g/n), dem mittleren Durchmesser der Jahrringe (MDM) sowie deren mittlere Anzahl (MJH).

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	
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		1				10,0		10,0			5,0	0,02	2,0	1,3	
	indet	1	0,00	10,0					1						10,0			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		

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 cm, wobei besonders die Schatten- und Halbschattenbäume sowie *Quercus* deutlich höhere mD-Werte besitzen (Tab. 22). Der Anteil der Pioniergehölze ist mit 19 % gering. Das Verhältnis Hartholz zu Weichholz liegt bei 72 zu 28 %.

Tab. 22: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Kupellationsofen des Fundplatzes Johannenser Kurhaus mit Angaben zur Verteilung der untersuchten Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen nach Ludemann und Nelle (2002), dem mittleren Durchmesser (mD), dem mittleren Stückgewicht (g/n), dem mittleren Durchmesser der Jahrringe (MDM) sowie deren mittlere Anzahl (MJH).

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	Fagus sylvatica	2	0,03	50,0	63,7			1	1						25,0	25,0			5,8	0,02	7,0	0,4		
	Picea-Larix-Typ	2	0,02	50,0	36,3			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	Acer	6	0,23	6,6	4,5		1		2	3				1,1		2,2	3,3		11,3	0,00	7,0	0,8		
	Alnus	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		
	Carpinus betulus	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	
	Corylus	6	2,52	6,6	49,7	4	2								4,4	2,2			2,0	0,00	8,0	0,8		
	Fagus sylvatica	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		
	Picea-Larix-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
	Quercus	4	0,13	4,4	2,5			1			3				1,1			3,3	11,9	0,03	2,5	1,6		
	Salix-Populus-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			

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. 23). Mit 57 % stellt *Fagus* den höchsten Anteil, gefolgt vom *Picea-Larix*-Typ (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 cm, 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 %.

Tab. 23: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Bleiglanzverhüttung des Fundplatzes Johannenser Kurhaus mit Angaben zur Verteilung der untersuchten Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen nach Ludemann und Nelle (2002), dem mittleren Durchmesser (mD), dem mittleren Stückgewicht (g/n), dem mittleren Durchmesser der Jahrringe (MDM) sowie deren mittlere Anzahl (MJH).

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			

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 der *Picea-Larix*-Typ mit 40 %, der Anteil der Pioniergehölze ist bei 40 % und die mD-Werte sind gering (Tab. 24). Das Verhältnis Hartholz zu Weichholz liegt bei 43 zu 57 %.

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

Tab. 24: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Berg- und Abraumhalden des Fundplatzes Johanner Kurhaus mit Angaben zur Verteilung der untersuchten Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen nach Ludemann und Nelle (2002), dem mittleren Durchmesser (mD), dem mittleren Stückgewicht (g/n), dem mittleren Durchmesser der Jahrringe (MDM) sowie deren mittlere Anzahl (MJH).

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			

Feuer-, Herdstellen und Siedlungsschichten

In den Feuer- und Herdstellen der Phase 3 konnten 166 Holzkohlestücke holzanatomisch angesprochen und zehn Holztaxa unterschieden werden. Hierbei treten vor allem *Betula*, *Quercus*, *Fagus* und *Alnus* mit Anteilen von über 10 % auf. Der mittlere Durchmesser der Holzkohlestücke liegt bei 4,4 cm. Höhere Durchmesserklassen konnten nur bei *Fraxinus* festgestellt werden (Tab. 25). Der Anteil an Pioniergehölzen liegt bei 40 % und die Gesamtprobe besteht überwiegend aus Hartholz (77 %). Im Befund 580 (Waldnutzungshorizont) wurden 117 Holzkohlestücke mit einem Gewicht von 9,4 g identifiziert. Drei Holztaxa konnten unterschieden werden: *Fagus*, *Acer* und der *Picea-Larix*-Typ, wobei *Fagus* mit 68 % die höchsten Anteile aufweist. Der mittlere Durchmesser von *Acer* und *Fagus* liegt im mittleren bis oberen Bereich, während der *Picea-Larix*-Typ einen niedrigen mD-Wert aufweist. Die Probe besteht zu 87 % aus Hartholz.

Tab. 25: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Feuerstellen des Fundplatzes Johannenser Kurhaus mit Angaben zur Verteilung der untersuchten Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen nach Ludemann und Nelle (2002), dem mittleren Durchmesser (mD), dem mittleren Stückgewicht (g/n), dem mittleren Durchmesser der Jahrringe (MDM) sowie deren mittlere Anzahl (MJH).

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		
	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	

Der Holzkohlebefund aus den Siedlungsschichten der Phase 3a (n=33) setzt sich überwiegend aus dem *Picea-Larix*-Typ, *Fagus sylvatica* und *Corylus spec.* zusammen (Tab. 14). Die mD-Werte schwanken zwischen 1 und 15 cm 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. 26).

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 Durch-

messer 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 %.

Tab. 26: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Kategorie Siedlungsschichten des Fundplatzes Johannerseer Kurhaus mit Angaben zur Verteilung der untersuchten Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen nach Ludemann und Nelle (2002), dem mittleren Durchmesser (mD), dem mittleren Stückgewicht (g/n), dem mittleren Durchmesser der Jahrringe (MDM) sowie deren mittlere Anzahl (MJH).

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							
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	0,9				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	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	3,0			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	3,0				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											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				

7.2 Huneberg

Aus dem reichhaltigen Fundmaterial der Fundstätte 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. 40). Alle übrigen Arten kommen auf Werte unter 5 % oder ließen sich nur in wenigen Stücken nachweisen (Tab. 27). Der hohe prozentuale Anteil von *Fagus* spiegelt sich auch in deren 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. 27).

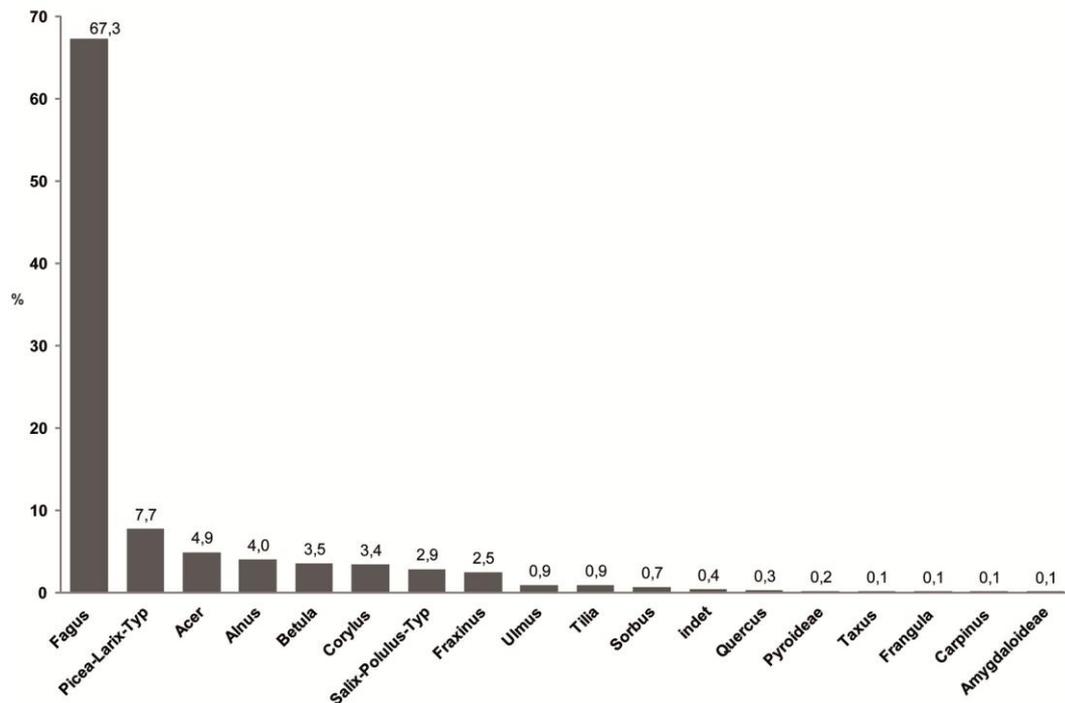


Abb. 40: Anteil der verschiedenen Gehölztaxa im Holzkohlespektrum der Grabung Huneberg basierend auf 2963 untersuchten Holzkohlestücken.

Tab. 27: Verwendete Holztaxa des Schmelzplatzes Huneberg mit Angaben zur Verteilung auf die Größenklassen 1-5 (Stückzahl, Taxa, Gesamt), den mittleren Durchmesser (mD) und das mittlere Stückgewicht (g/n).

Taxon	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]							Größenklassen [%] Taxon					Größenklasse [%] Gesamt					mD	g/n	Stetigkeit		
					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	73,52	108	199	375	576	734	2	5,4	10,0	18,8	28,9	36,8	0,1	3,6	6,7	12,7	19,4	24,8	0,1	8,75	0,60	91	
<i>Picea-Larix</i> -Typ	229	95,3	7,729	5,905	27	33	58	55	52	4	11,8	14,4	25,3	24,0	22,7	1,7	0,9	1,1	2,0	1,9	1,8	0,1	6,82	0,42	32	
<i>Quercus</i>	8	0,1	0,27	0,006					4	1	3			50,0	12,5	37,5				0,1	0,03	0,1	9	0,01	2	
<i>Acer</i>	146	57,4	4,927	3,555	35	14	25	37	35			24,0	9,6	17,1	25,3	24,0	1,2	0,5	0,8	1,2	1,2		6,66	0,39	30	
<i>Tilia</i>	27	6,5	0,911	0,404	5	3	4	8	7			18,5	11,1	14,8	29,6	25,9	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2		7,17	0,24	7	
<i>Carpinus</i>	3	0,1	0,101	0,005	1		2					33,3		66,7			0,03		0,1				3	0,03	2	
<i>Fraxinus</i>	73	48,5	2,464	3,003	28	3	15	23	4			38,4	4,1	20,5	31,5	5,5	0,9	0,1	0,5	0,8	0,1		4,49	0,66	13	
<i>Sorbus</i>	20	5,3	0,675	0,326	1	8	7	4				5,0	40,0	35,0	20,0		0,0	0,3	0,2	0,1			3,95	0,26	5	
<i>Corylus</i>	101	13,2	3,409	0,819	43	26	24	8				42,6	25,7	23,8	7,9		1,5	0,9	0,8	0,3			2,61	0,13	17	
<i>Betula</i>	105	43,8	3,544	2,714	8	21	32	25	19			7,6	20,0	30,5	23,8	18,1	0,3	0,7	1,1	0,8	0,6		6,3	0,42	20	
<i>Salix-Populus</i> -Typ s.l.	85	13,1	2,869	0,815	29	20	20	11	2	3		34,12	23,53	23,53	12,94	2,353	3,529	0,979	0,675	0,675	0,371	0,067	0,101	3,31	0,15	12
<i>Alnus</i>	119	76,3	4,016	4,727	17	17	30	41	13	1		14,3	14,3	25,2	34,5	10,9	0,6	0,6	1,0	1,4	0,4	0,0	5,78	0,64	21	
<i>Ulmus</i>	27	60,1	0,911	3,721			4	7	16					14,8	25,9	59,3			0,1	0,2	0,5		11,4	2,22	6	
<i>Frangula</i>	3	3,1	0,101	0,194					3						100,0					0,1			7,5	1,04	1	
Amygdaloideae	2	2,8	0,067	0,174			1		1					50,0		50,0					0,03		8,75	1,41	1	
Pyroideae	5	1,2	0,16	0,006	1	1	2	1				25,0	25,0	40,0	25,0		0,03	0,03	0,1	0,03			3,75	0,24	2	
<i>Taxus</i>	4	0,3	0,135	0,02			3							75,0			0,10	0,10		0,00	0,00	0,03	2,5	0,08	1	
<i>Pinus</i>	1	0,0	0,034	1E-04			1							100,0						0,03			4	0,00	1	
indet	11	0,5	0,371	0,03	1	1	1					9,1	9,1	9,1		72,7			0,03	0,03	0,03	0,27	2,5	0,04		
Σ	2963	1614,1	100	100	304	350	600	803	884	24							10,3	11,8	20,2	27,1	29,8	0,7	7,78	0,54		
Pionieregehölze	311	75,4	10,5	4,673	81	75	83	48	21	3		26,05	24,12	26,69	15,43	6,752	0,965	2,734	2,531	2,801	1,62	0,709	0,101	4,14	0,24	
Feuchtezeiger	307	1233,0	10,4	81,85	72	40	69	85	35	4		23,5	13,0	22,5	27,7	11,4	1,3	2,4	1,4	2,3	2,9	1,2	0,1	5,32	4,02	
Klimaxgattungen	2178	1250,7	73,78	0,458	149	216	406	625	777	5		6,8	9,9	18,6	28,7	35,7	0,2	5,0	7,3	13,8	21,2	26,3	0,2	8,59	0,6	
Lichtzeiger	233	171,3	7,893	11,37	53	57	65	38	20	0		22,7	24,5	27,9	16,3	8,6	0,0	1,8	1,9	2,2	1,3	0,7		4,47	0,73	
Gymnospermea	234	95,6	7,927	6,348	27	36	59	55	52	5		11,5	15,4	25,2	23,5	22,2	2,1	0,9	1,2	2,0	1,9	1,8	0,2	6,75	0,41	

Auch *Alnus* und *Betula*, obgleich beide nur mit 4 % im Holzkohlespektrum vertreten, wurden in 21 und 20 % der Proben nachgewiesen (Abb. 41).

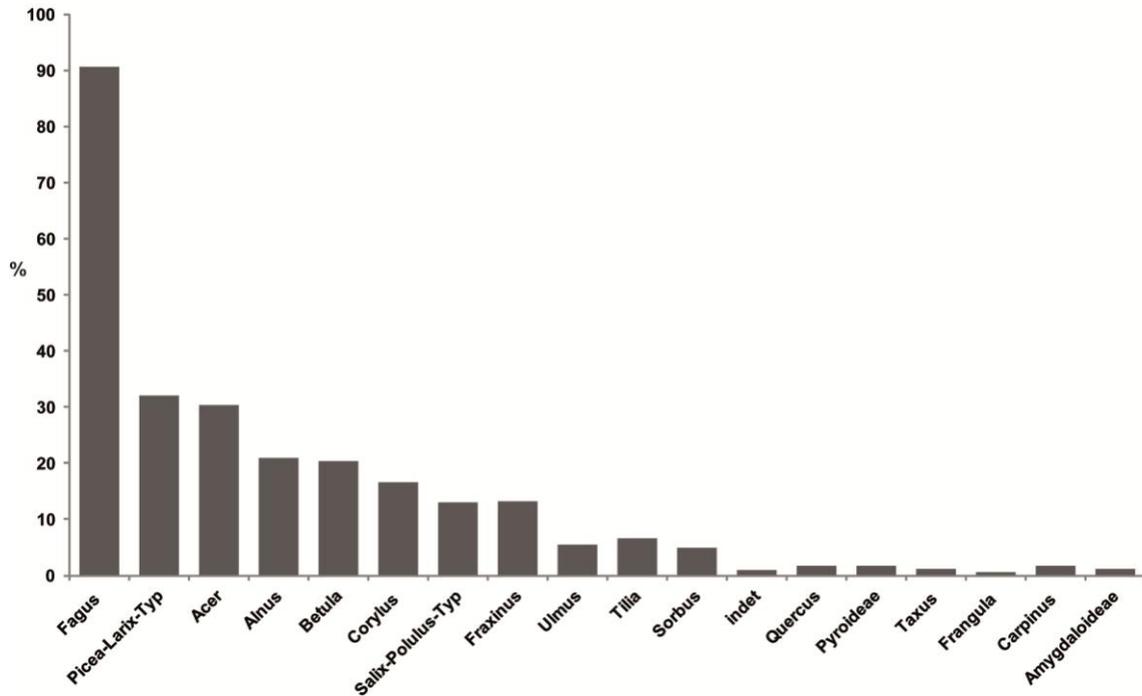


Abb. 41: Stetigkeiten der identifizierten Holztaxa im Fundspektrum der Grabung Huneberg (n = 2963; 184 Proben).

Der mittlere Durchmesser der Holzkohlen des Schmelzplatzes Huneberg liegt bei 8 cm und das mittlere Stückgewicht bei 0,5 g. 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 9 und 12 cm (Abb. 42). 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 6 und 7 cm (Abb. 43). 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. 44 und 45). Bei näherer Betrachtung der einzelnen Fundnummern entsteht ein weitaus differenzierteres Bild der Baumarten- und Größenklassenverteilung. In vielen Fundnummern 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 Fundnummern mit erhöhtem Anteil an Pioniergehölzen und Gehölzen feuchter Standorte unterscheiden, die niedrige mittlere Durchmesser aufweisen (Tab. 28 und 29).

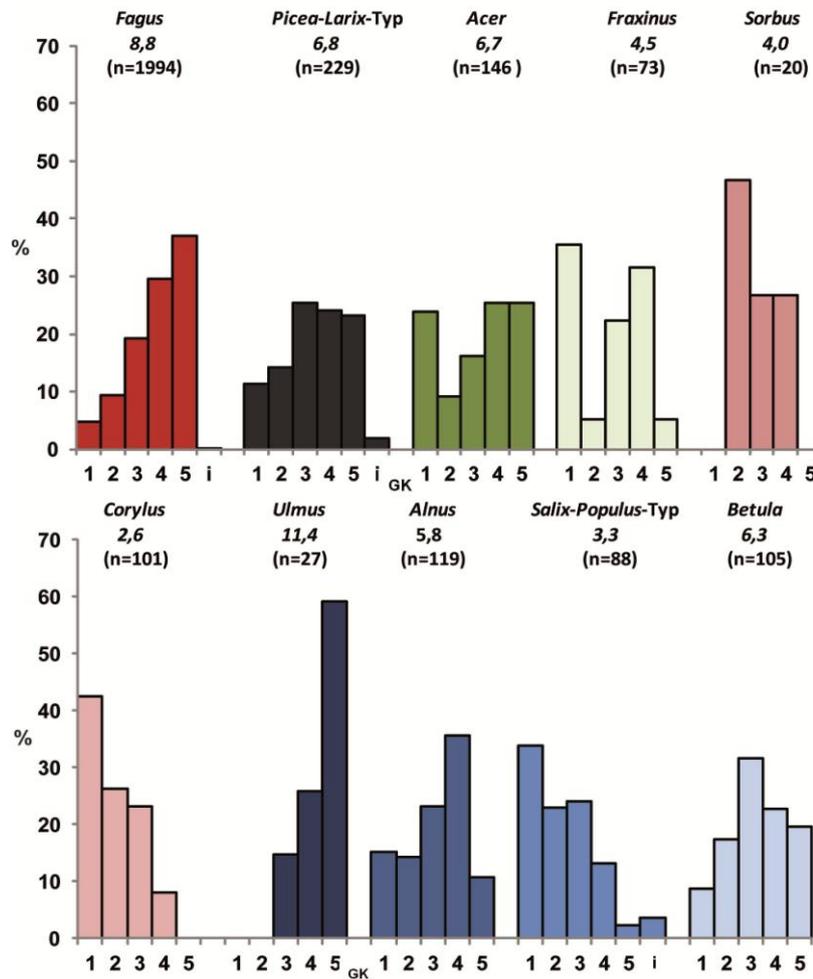


Abb. 42: Fundplatz Huneberg. Verteilung der Anteile der identifizierten Holztaxa auf die verschiedenen Größenklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

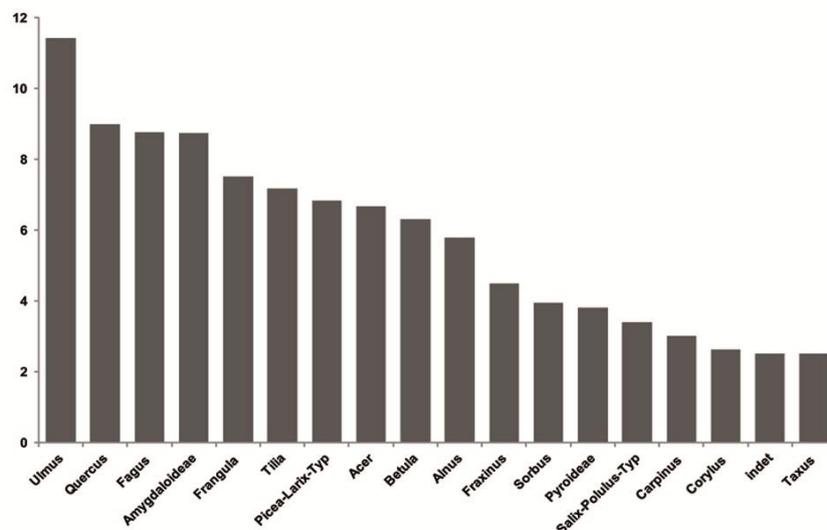


Abb. 43: Grabung Huneberg. mD-Werte der einzelnen identifizierten Holztaxa (n = 2963).

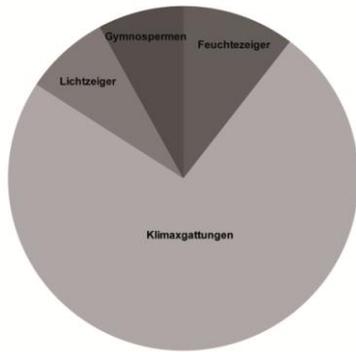


Abb. 44: Verteilung der identifizierten Holztaxa des Fundspektrums der Grabung Huneberg nach ökologischen Kriterien (n = 2963).

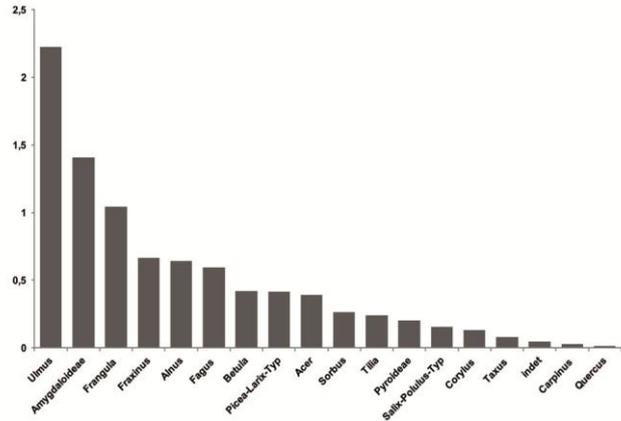


Abb. 45: Mittleres Stückgewicht (g/n) der identifizierten Holztaxa im Fundspektrum der Grabung Huneberg (n = 2963).

Tab. 28: Huneberg: Fundnummern (F-Nr.) und Befunde (Bef.) mit überwiegend Pioniergehölzen oder Schwachholznutzung.

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
					1601	222	Weide	1	3
622	121	Ahorn	2	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	Erl	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	Erl	1	3
626	121	Eberesche	1	4	1677	221	Birke	3	5
					1677	221	Rotbuche	12	5
					1677	221	Fichte-Lärche-Typ	4	3
628	121	Hainbuche	1	4					
628	121	Hasel	7	2					
628	121	Rotbuche	3	6	1679	221	Erl	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
					1679	221	Eberesche	1	8
766	220	Ahorn	3	5					
766	220	Erl	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	Erl	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

Tab. 29: Huneberg: Fundnummern (F-Nr.) Befunde (Bef.) mit überwiegend Klimaxgattungen oder Starkholznutzung.

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
					2194	413	Rotbuche	1	8
770	220	Erl	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	Erl	3	10	2428	333	Linde	1	15
1427	307	Rotbuche	11	12					
					2461	356	Erl	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	Erl	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	Erl	1	15					

7.2 Schnapsweg

Im Material der Fundstätte Schnapsweg konnten aus 23 Proben 404 Holzkohlestücke holzanatomisch bestimmt 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 cm (Tab. 30 und Abb. 46).

Tab. 30: Verwendete Holztaxa des Schmelzplatzes Schnapsweg mit Angaben zur Verteilung auf die Größenklassen 1-5, den mittleren Durchmesser (mD) und das mittlere Stückgewicht (g/n).

Taxon	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]					indet	Größenklasse [%] Taxon					indet	Größenklasse [%] Gesamt					indet	mD	g/n
					1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
Fagus	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
Acer	2	0,04	0,5	0,04	1	1											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

7.3 Kötental

Aus dem Fundmaterial der Grabung Kötental konnten 398 Holzkohlestücke aus 24 Proben untersucht und acht Gattungen holzanatomisch identifiziert werden (Tab. 31). *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. 47).

Tab. 31: Verwendete Holztaxa des Schmelzplatzes Kötental mit Angaben zur Verteilung auf die Größenklassen 1-5, den mittleren Durchmesser (mD) und das mittlere Stückgewicht (g/n).

Taxon	n	g	n [%]	g [%]	Größenklasse [n]					indet	Größenklasse [%] Taxon					indet	Größenklasse [%] Gesamt					indet	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
<i>Carpinus</i>	1	0,300	0,3	0,15			1							100,0					0,3				4,0	0,30
<i>Acer</i>	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
<i>Salix-Populus-Typ</i>	1	0,034	0,3	0,02				1						100,0						0,3			7,5	0,03
<i>Fraxinus</i>	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
<i>Betula</i>	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
<i>Alnus</i>	1	0,010	0,3	0,00	1						100,0						0,3						1,0	0,01
<i>Picea-Larix-Typ</i>	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	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

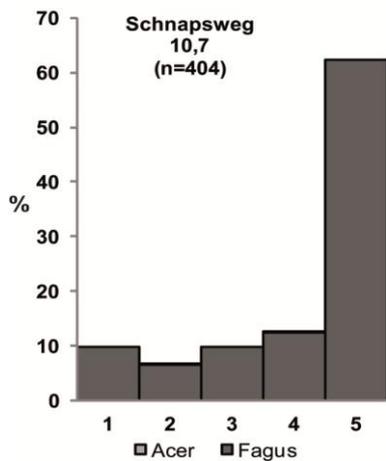


Abb. 46: Fundplatz Schnapsweg. Prozentuale Verteilung der Holzkohlestücke auf Gehölztaxa und Durchmesserklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

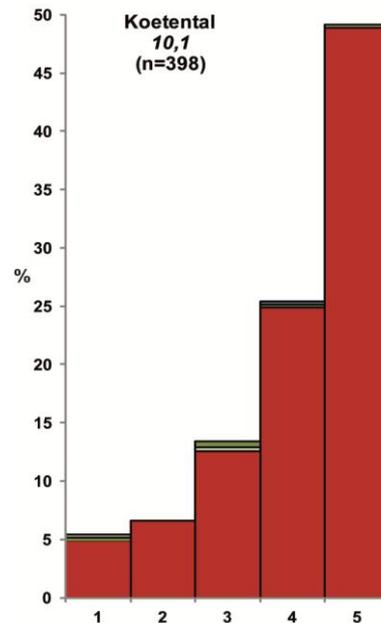


Abb. 47: Fundplatz Köental. Prozentuale Verteilung der Holzkohlestücke auf Gehölztaxa und Durchmesserklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

7.4 Rabental – Tannhai

Im Rabental wurden aus 23 Holzkohleproben 86 Holzkohlestücke mit einem Gewicht von 86,1 g bestimmt (Tab. 32). 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. 48). Hervorgehoben wird die Dominanz des *Picea-Larix*-Typs auch beim Vergleich des Gewichtes der Gattungen. Hier entfallen 97 % des Gesamtgewichtes auf den *Picea-Larix*-Typ. Dies spiegelt sich auch im hohen g/n-Wert von 1,5 g (Abb. 49) wider. Der mittlere Durchmesser reicht von 4 cm (*Corylus*) bis 14 cm (*Picea-Larix*-Typ).

Tab. 32: Verwendete Holztaxa des Schmelzplatzes Rabental mit Angaben zur Verteilung auf die Größenklassen 1-5, den mittleren Durchmesser (mD) und das mittlere Stückgewicht (g/n).

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		
<i>Picea-Larix</i> -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
<i>Fagus sylvatica</i>	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
<i>Betula</i>	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
<i>Corylus</i>	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

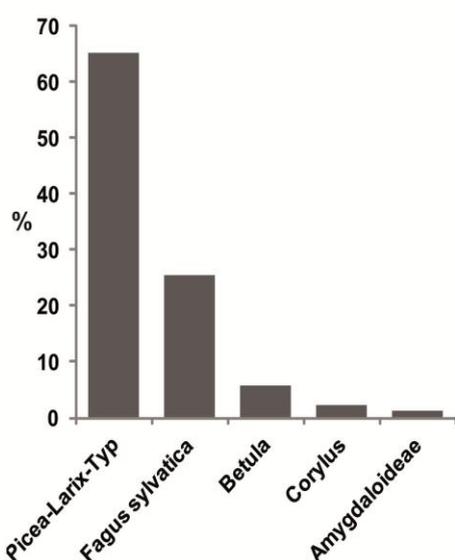


Abb. 48: Prozentualer Anteil der Holzkohlestücke nach Gehölztaxa des Fundplatzes Rabental, basierend auf 86 untersuchten Holzkohlestücken.

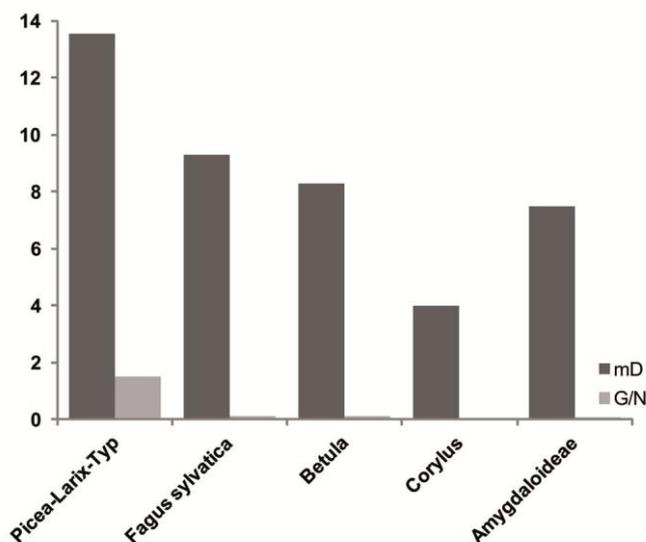
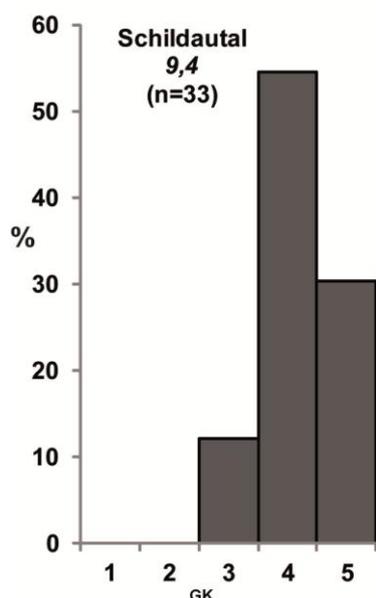


Abb. 49: mD-Werte und mittleres Stückgewicht für die unterschiedlichen Gehölztaxa des Fundplatzes Rabental (n = 86).

7.5 Schildautal



Aus dem Fundplatz Schildautal wurden 33 Holzkohlestücke holzanatomisch bestimmt. Im Material konnte einzig die Gattung *Fagus* nachgewiesen werden. Der mD-Wert liegt bei 10 cm und die Mehrzahl der Holzkohlestücke konnten den GK 4 und 5 zugeordnet werden. (Abb. 50).

Abb. 50: Fundplatz Schildautal. Prozentuale Verteilung der Holzkohlestücke aus Gehölztaxa und Durchmesserklassen. In Kursiv der mittlere Durchmesser in cm und in Klammern die Datenbasis.

8 Ergebnisse archäobotanischer Untersuchungen

In 187 von 502 auf botanische Großreste untersuchten Bodenproben konnten 1708 Samen und Früchte identifiziert werden. Hierbei wurden 84 Arten, Gattungen und Familien unterschieden (Tab. 33). Das Fundspektrum wird durch Sammelfrüchte, Wildkräuter und Kulturpflanzen dominiert (Abb. 51).

Tab. 33: Übersicht über die in den Bodenproben (n=502) gefundenen botanische Makroreste (n=1708).

Sammelfrüchte	Wildkräuter		Ackerunkräuter	Kulturpflanzen	Umgebungsvegetation
<i>Corylus avellana</i>	<i>Achillea millefolium</i> agg.	<i>Polygonum aviculare</i> agg.	<i>Agrostemma githago</i>	<i>Avena fatua</i>	<i>Betula spec.</i>
<i>Fagus sylvatica</i>	Asteraceae	<i>Polygonum convolvulus/aviculare</i>	<i>Brassica nigra</i>	<i>Avena spec.</i>	<i>Betula pendula/pubescens</i>
<i>Malus spec.</i>	Brassicaceae	<i>Polygonum spec.</i>	<i>Brassica spec.</i>	Cerealia	<i>Fagus sylvatica</i>
<i>Pyrus communis</i>	<i>Carduus spec.</i>	<i>Prunella cf. vulgaris</i>	<i>Bromus secalinus</i> -Typ	cf. <i>Lens culinaris</i>	<i>Picea abies</i>
<i>Rosa spec.</i>	<i>Carex spec.</i>	<i>Ranunculus repens</i>	<i>Centaurea cyanus</i>	<i>Hordeum spec.</i>	<i>Salix spec.</i>
<i>Rubus fruticosus</i> agg.	Caryophyllaceae	<i>Ranunculus sceleratus</i>	<i>Chenopodium album</i>	<i>Hordeum vulgare</i>	<i>Ulmus spec.</i>
<i>Rubus idaeus</i>	<i>Centaurea cyanus</i>	<i>Raphanus raphanistrum</i>	<i>Galium aparine/spurium</i>	<i>Hordeum vulgare</i> ssp. <i>nudum</i>	
<i>Rubus spec.</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Rumex acetosa</i>	<i>Lolium spec.</i>	<i>Lens culinaris</i>	
<i>Sambucus ebulus</i>	Cyperaceae	<i>Rumex crispus</i>	<i>Lolium temulentum</i>	<i>Linum usitatissimum</i>	
<i>Sambucus nigra</i>	<i>Filipendula ulmaria</i>	<i>Rumex spec.</i>	<i>Polygonum lapathifolium</i> agg.	<i>Pisum sativum</i>	
<i>Sambucus racemosa</i>	<i>Galium spurium</i>	<i>Scirpus spec.</i>	<i>Polygonum persicaria</i>	<i>Secale</i>	
<i>Sambucus spec.</i>	Lamiaceae	<i>Senecio vulgaris</i>	<i>Rumex acetosella</i> agg.	<i>Secale cereale</i>	
	<i>Linum catharticum</i>	<i>Sisymbrium spec.</i>	<i>Rumex crispus</i>	<i>Triticum aestivum</i>	
	<i>Papaver rhoeas</i>	<i>Solanum dulcamara</i>	<i>Scleranthus perennis</i>	<i>Triticum cf. dicoccum</i>	
	<i>Papaver somniferum</i>	<i>Stachys arvensis</i>	<i>Trifolium dubium</i>		
	<i>Phleum pratense</i>	<i>Trifolium dubium</i>	<i>Vicia spec.</i>		
	<i>Poa annua</i>	<i>Urtica dioica</i>			
	Poaceae	<i>Urtica urens</i>			

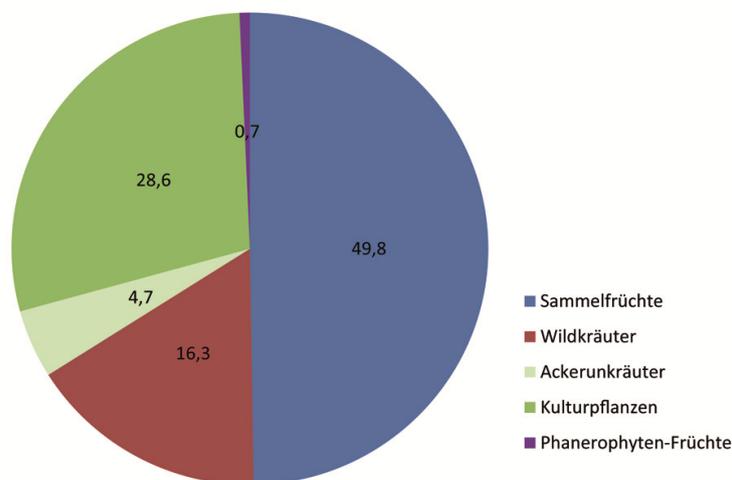


Abb. 51: Übersicht der in den Bodenproben der archäologischen Stätten gefundenen botanischen Makroreste aufgeteilt nach Kulturpflanzen, Sammelfrüchten, Wild- und Ackerunkräutern und Phanerophyten-Früchten basierend auf 502 untersuchten Bodenproben und 1708 identifizierten botanischen Makroresten.

8.1 Johanneser Kurhaus

In 34 von 156 Proben fanden sich 70 identifizierbare botanische Makroreste. Mit 30 und 34 % stellen die Sammelpflanzen und Wildkräuter den größten Anteil dar, gefolgt von den Kulturpflanzen mit 23 % und den Ackerunkräutern mit 13 % (Abb. 52). Bei den Kulturpflanzen fanden sich schlecht erhalten und verkohlt *Secale* und *Hordeum spec.* Zudem ließen sich *Pisum sativum* und *Avena fatua* nachweisen (Tab. 34) Bei den Wildkräutern fanden sich mit höheren Anteilen *Polygonum aviculare* agg. (13 %),

Urtica dioica und *Stachys arvensis* mit je 4 %. Innerhalb der Sammelfrüchte dominieren *Rubus idaeus* (7 %), *Sambucus spec.* (7 %) und *Sambucus ebulus* (6 %) und *Rubus fruticosus* agg. (4 %).

Tab. 34: Ergebnisse der archäobotanischen Untersuchung des Fundplatzes Johanneser Kurhaus (n=70). Mit Angaben zur Häufigkeit, den Sammelrubriken, der Erhaltungsform und Art der Makroreste.

Johanneser Kurhaus				
Rubrik	Taxon	Fundtyp	Anzahl [n]	Anteil [%]
Sammelfrüchte	<i>Corylus avellana</i>	Fruchtfragment	2	2,9
	<i>Rubus fruticosus</i> agg.	Samen	2	2,9
	<i>Rubus fruticosus</i> agg. - verkohlt	Samen	1	1,4
	<i>Rubus idaeus</i>	Samen	1	1,4
	<i>Rubus idaeus</i> - verkohlt	Samen	4	5,7
	<i>Rubus spec.</i> - verkohlt	Samen	1	1,4
	<i>Sambucus ebulus</i>	Samen	4	5,7
	<i>Sambucus spec.</i>	Samen	5	7,1
Wildkräuter	Asteraceae	Archäne	1	1,4
	<i>Brassica spec.</i>	Samen	1	1,4
	<i>Bromus secalinus</i> -Typ - verkohlt	Karyopse	2	2,9
	<i>Carduus spec.</i>	Samen	1	1,4
	<i>Chenopodium album</i>	Samen	1	1,4
	Cyperaceae	Samen	1	1,4
	<i>Filipendula ulmaria</i>	Samen	2	2,9
	<i>Polygonum aviculare</i> agg. - verkohlt	Samen	9	12,9
	<i>Polygonum lapathifolium</i> - verkohlt	Samen	1	1,4
	<i>Polygonum spec.</i>	Samen	1	1,4
	<i>Ranunculus repens</i>	Samen	1	1,4
	<i>Rumex acetosa</i>	Samen	1	1,4
	<i>Rumex crispus</i>	Samen	1	1,4
	<i>Rumex crispus</i> - verkohlt	Samen	4	5,7
	<i>Stachys arvensis</i> - verkohlt	Samen	3	4,3
<i>Urtica dioica</i>	Samen	3	4,3	
Umgebungsvegetation	<i>Picea</i> - unverkohlt	Blatt	25	
	<i>Picea</i> - verkohlt	Blatt	36	
	<i>Fagus sylvatica</i>	Frucht	1	
Kulturpflanzen	<i>Avena fatua</i> - verkohlt	Karyopse	1	1,4
	Cerealia - verkohlt	Karyopse	6	8,6
	<i>Hordeum spec.</i> - verkohlt	Karyopse	7	10,0
	<i>Pisum sativum</i> - verkohlt	Karyopse	1	1,4
	<i>Secale</i> - verkohlt	Karyopse	1	1,4

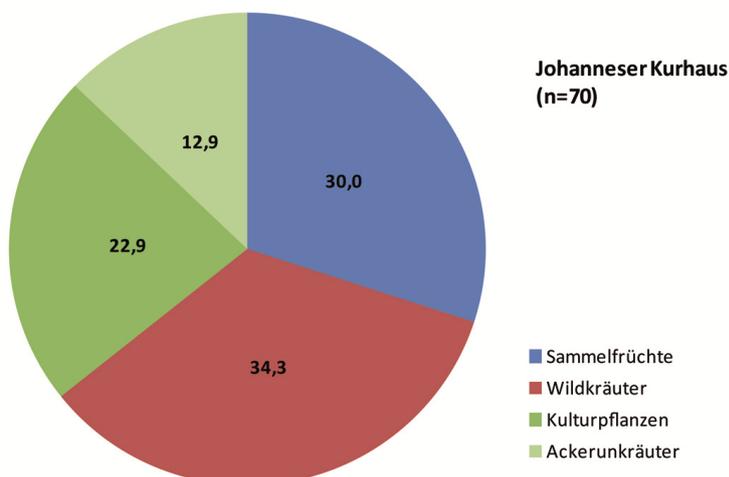


Abb. 52: Verteilung der gefundenen botanischen Makroreste der Fundstätte Johanneser Kurhaus auf die Kategorien Kulturpflanzen, Sammelfrüchte, Wild- und Ackerunkräuter (n=70).

8.2 Huneberg

In 122 von 158 Proben fanden sich 742 botanische Makroreste. Die Funddichte liegt bei 0,4 Makroresten pro Liter. Das gefundene Artenspektrum setzt sich zu 85 % aus Sammelfrüchten und zu 14 % aus Wildkräutern zusammen (Abb. 53). Unter den Kulturpflanzen (0,5 %) fanden sich ein unbestimmbares Getreidekorn (*Cerealia* indet), zwei *Lens culinaris* und einmal *Avena fatua* (Tab. 35). Unter den Sammelfrüchten dominieren *Rubus idaeus*, *Sambucus spec.* und *Corylus avellana* während bei den Wildkräutern Cyperaceae und *Ranunculus repens* mit höheren Prozentwerten dominieren. Weiter fanden sich *Agrostemma githago*, *Centaurea cyanus* und *Galium spurium*.

Tab. 35: Ergebnisse der archäobotanischen Untersuchung des Fundplatzes Huneberg (n=742). Mit Angaben zur Häufigkeit, den Sammelrubriken, der Erhaltungsform und der Art der Makroreste.

Huneberg				
Rubrik	Taxon	Fundtyp	Anzahl [n]	Anteil [%]
Sammelfrüchte	<i>Corylus avellana</i>	Fruchtfragment	50	6,7
	<i>Fagus sylvatica</i>	Frucht	1	0,1
	<i>Rosa spec.</i>	Samen	4	0,5
	<i>Rubus fruticosus</i> agg. - unverkohlt	Samen	13	1,8
	<i>Rubus fruticosus</i> agg. - verkohlt	Samen	2	0,3
	<i>Rubus idaeus</i>	Samen	402	54,2
	<i>Rubus idaeus</i> - verkohlt	Samen	7	0,9
	<i>Rubus spec.</i>	Samen	2	0,3
	<i>Sambucus cf. racemosa</i>	Samen	32	4,3
	<i>Sambucus nigra</i>	Samen	6	0,8
	<i>Sambucus racemosa</i>	Samen	4	0,5
	<i>Sambucus spec.</i>	Samen	108	14,6
	Ackerunkräuter	<i>Agrostemma githago</i>	Samen	2
Asteraceae		Archäne	1	0,1
<i>Carex spec.</i>		Samen	3	0,4
<i>Centaurea cyanus</i>		Archäne	1	0,1
Cyperaceae		Samen	21	2,8
<i>Galium spurium</i>		Samen	1	0,1
Lamiaceae		Samen	2	0,3
Poaceae - unverkohlt		Karyopse	1	0,1
Poaceae - verkohlt		Karyopse	2	0,3
<i>Polygonum convolvulus/aviculare</i>		Samen	2	0,3
<i>Ranunculus repens</i>		Samen	63	8,5
<i>Rumex acetosa</i>		Samen	2	0,3
<i>Rumex crispus</i>		Samen	1	0,1
<i>Scirpus spec.</i>		Samen	1	0,1
<i>Urtica dioica</i>		Samen	2	0,3
<i>Urtica urens</i>	Samen	2	0,3	
Umgebungsvegetation	<i>Picea</i> - unverkohlt	Blatt	551	
	<i>Picea</i> - verkohlt	Blatt	176	
Kulturpflanzen	<i>Avena spec.</i> - verkohlt	Karyopse	1	0,1
	Cerealia - verkohlt	Karyopse	1	0,1
	cf. <i>Lens culinaris</i> - verkohlt	Karyopse	2	0,3

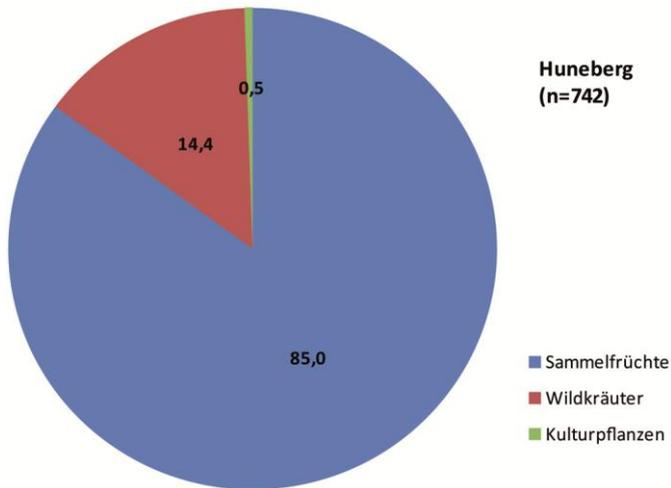


Abb. 53: Verteilung der gefundenen botanischen Makroreste der Fundstätte Huneberg auf die Kategorien Kulturpflanzen, Sammelfrüchte und Wildkräuter (n=742).

8.3 Schnapsweg

In zwölf von 79 Bodenproben fanden sich 202 botanische Makroreste. Das Fundspektrum wird durch die Sammelfrüchte dominiert (92 %), gefolgt von Wildkräutern mit 4 % und Ackerunkräutern mit 2 % (Abb. 54). Kulturpflanzen fanden sich nur in Form eines nicht näher bestimmbareren Getreidekornes (Tab. 36). Innerhalb der Sammelfrüchte erreicht *Corylus avellana* die höchsten Anteile und dominiert mit 98 %. Die Sammelkategorie Ackerunkräuter beinhaltet die Taxa *Centaurea cyanus*, *Agrostemma githago*, den *Bromus secalinus*-Typ und *Scleranthus perennis*.

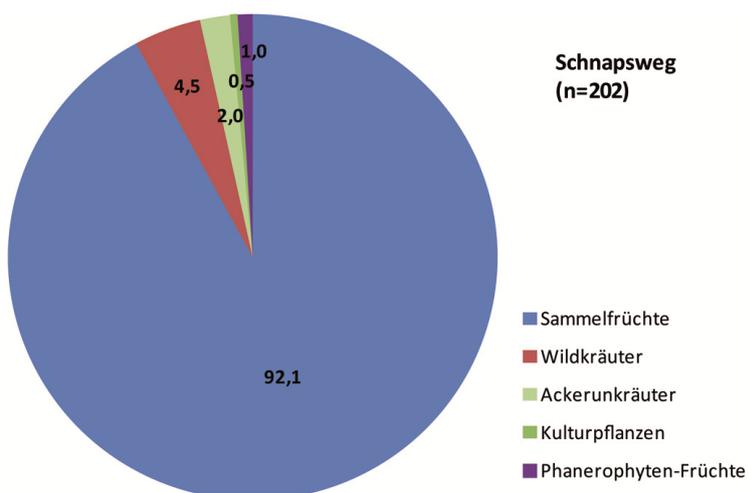


Abb. 54: Verteilung der gefundenen botanischen Makroreste der Fundstätte Schnapsweg auf die Kategorien Kulturpflanzen, Sammelfrüchte, Wild- und Ackerunkräuter und Phanerophyten-Früchte (n=202).

Tab. 36: Ergebnisse der archäobotanischen Untersuchung des Fundplatzes Schnapsweg (n=202). Mit Angaben zur Häufigkeit, den Sammelrubriken, der Erhaltungsform und der Art der Makroreste.

Schnapsweg				
Rubrik	Taxon	Fundtyp	Anzahl [n]	Anteil [%]
Sammelfrüchte	<i>Corylus avellana</i> - unverkohlt	Fruchtfragment	167	82,7
	<i>Corylus avellana</i> - verkohlt	Fruchtfragment	15	7,4
	<i>Pyrus communis</i> - verkohlt	Samen	1	0,5
	<i>Rosa spec.</i>	Samen	2	1,0
	<i>Rubus spec.</i>	Samen	1	0,5
Wildkräuter	<i>Achillea millefolium</i> agg.	Archäne	1	0,5
	Asteraceae	Archäne	1	0,5
	Caryophyllaceae	Samen	3	1,5
	<i>Linum catharticum</i>	Samen	1	0,5
	<i>Prunella cf. vulgaris</i>	Samen	1	0,5
	<i>Ranunculus repens</i>	Samen	1	0,5
	<i>Senecio vulgaris</i>	Archäne	1	0,5
Ackerunkräuter	<i>Agrostemma githago</i>	Samen	1	0,5
	<i>Bromus secalinus</i> -Typ - verkohlt	Karyopse	1	0,5
	<i>Centaurea cyanus</i>	Archäne	1	0,5
	<i>Scleranthus perennis</i>	Samen	1	0,5
Umgebungsvegetation	<i>Betula</i>	Frucht	1	0,5
	<i>Picea</i> - unverkohlt	Blatt	4	
	<i>Picea</i> - verkohlt	Blatt	8	
	<i>Ulmus spec.</i>	Frucht	1	0,5
Kulturpflanzen	Cerealia - verkohlt	Karyopse	1	0,5

8.4 Kötental

In fünf von elf Bodenproben des Schmelzplatzes Kötental fanden sich 90 botanische Makroreste. Mit 82 % dominieren die Wildkräuter im Fundspektrum, die einzig Samen von Caryophyllaceae beinhalten (Abb. 55). Bei den wenigen Sammel Früchten fand sich neben *Rubus idaeus*, *Rubus fruticosus* agg. und *Sambucus spec.* ein *Malus*-Kern (Tab. 37).

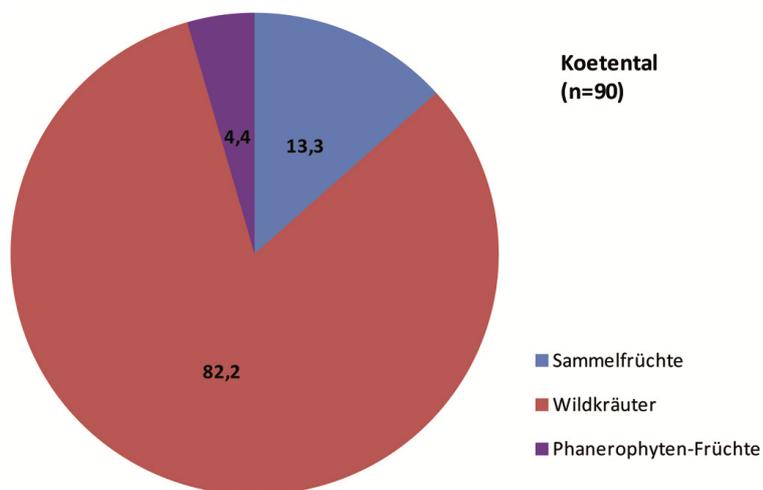


Abb. 55: Verteilung der gefundenen botanischen Makroreste der Fundstätte Kötental auf die Kategorien Sammel Früchte, Wildkräuter und Phanerophyten-Früchte (n=90).

Tab. 37: Ergebnisse der archäobotanischen Untersuchung des Fundplatzes Kötental (n=90). Mit Angaben zur Häufigkeit, den Sammelrubriken, der Erhaltungsform und der Art der Makroreste.

Kötental				
Rubrik	Taxon	Fundtyp	Anzahl [n]	Anteil [%]
Sammelfrüchte	<i>Rosa spec.</i>	Samen	3	3,3
	<i>Rubus fruticosus</i> agg.	Samen	3	3,3
	<i>Rubus idaeus</i>	Samen	3	3,3
	<i>Sambucus spec.</i>	Samen	2	2,2
	<i>Malus spec.</i>	Samen	1	1,1
Wildkräuter	Caryophyllaceae		74	82,2
Umgebungsvegetation	<i>Betula pendula/pubescens</i>	Samen	1	1,1
	<i>Salix spec.</i>	Samen	3	3,3
	<i>Fagus sylvatica</i>	Blatt	12	
	<i>Picea</i>	Blatt	119	

8.5 Düna

In 79 von 98 Bodenproben der Siedlung Düna fanden sich 604 botanische Makroreste. Die Funddichte beträgt 0,9 Makroreste pro Liter Bodenprobe. Im Fundspektrum dominieren Reste von Kulturpflanzen und Ackerunkräutern mit 77 % und 11 %. Sammelfrüchte und Wildkräuter erreichen zusammen einen Anteil von 9 % im Gesamtmaterial (Abb. 56). Bei den Kulturpflanzen stellt *Secale cereale* mit 60 % den höchsten Anteil, gefolgt von *Hordeum vulgare* (9 %), *Triticum aestivum* (8 %) und *Avena fatua* (7 %). Weiter fanden sich *Linum usitatissimum*, *Triticum cf. dicoccum*, *Pisum sativum*, *Lens culinaris* und *Hordeum vulgare ssp. nudum* (Tab. 38). Innerhalb der Ackerunkräuter überwiegen der *Bromus secalinus*-Typ (42 %), *Chenopodium album* (17 %) und *Polygonum lapathifolium* agg. (10 %). Mit nur wenigen Samen ließen sich *Brassica nigra*, *Lolium temulentum*, *Polygonum persicaria*, *Rumex crispus* und *Rumex acetosella* nachweisen.

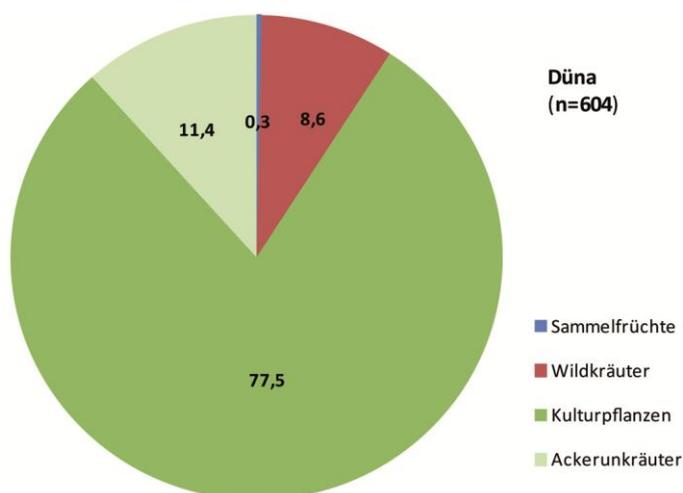


Abb. 56: Verteilung der gefundenen botanischen Makroreste der Fundstätte Düna auf die Kategorien Kulturpflanzen, Sammelfrüchte, Wild- und Ackerunkräuter (n=604).

Tab. 38: Ergebnisse der archäobotanischen Untersuchung des Fundplatzes Dūna (n=604). Mit Angaben zur Häufigkeit, den Sammelrubriken, der Erhaltungsform und der Art der Makroreste.

Dūna				
Rubrik	Taxon	Fundtyp	Anzahl [n]	Anteil [%]
Sammelfruchte	<i>Pyrus communis</i>	Samen	1	0,2
	<i>Rubus idaeus</i>	Samen	1	0,2
Wildkräuter	Caryophyllaceae	Samen	7	1,2
	<i>Convolvulus arvensis</i>	Samen	2	0,3
	<i>Papaver rhoeas</i>	Samen	19	3,1
	<i>Papaver somniferum</i>	Samen	5	0,8
	<i>Phleum pratense</i>	Karyopse	1	0,2
	<i>Poa annua</i>	Karyopse	1	0,2
	Poaceae	Karyopse	1	0,2
	<i>Ranunculus sceleratus</i>	Samen	5	0,8
	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Samen	1	0,2
	<i>Rumex acetosa</i>	Samen	2	0,3
	<i>Rumex spec.</i>	Samen	1	0,2
	<i>Sisymbrium spec.</i>	Samen	1	0,2
	<i>Solanum dulcamara</i>	Samen	12	2,0
	<i>Trifolium dubium</i>	Samen	1	0,2
	Brassicaceae	Samen	6	1,0
Ackerunkruter	<i>Brassica nigra</i>	Samen	1	0,2
	<i>Bromus secalinus</i> -Typ	Karyopse	29	4,8
	<i>Chenopodium album</i>	Samen	12	2,0
	<i>Galium aparine/spurium</i>	Samen	1	0,2
	<i>Lolium spec.</i>	Karyopse	1	0,2
	<i>Lolium temulentum</i>	Karyopse	1	0,2
	<i>Polygonum lapathifolium</i> agg.	Samen	7	1,2
	<i>Polygonum persicaria</i>	Samen	3	0,5
	<i>Rumex acetosella</i> agg.	Samen	3	0,5
	<i>Rumex crispus</i>	Samen	4	0,7
	<i>Trifolium dubium</i>	Samen	1	0,2
	<i>Vicia spec.</i>	Samen	6	1,0
Kulturpflanzen	<i>Avena fatua</i>	Karyopse	35	5,8
	<i>Cerealia</i>	Karyopse	33	5,5
	<i>Hordeum spec.</i>	Karyopse	19	3,1
	<i>Hordeum vulgare</i>	Karyopse	43	7,1
	<i>Hordeum vulgare</i> ssp. <i>nudum</i>	Karyopse	8	1,3
	<i>Lens culinaris</i>	Samen	3	0,5
	<i>Linum usitatissimum</i>	Samen	1	0,2
	<i>Pisum sativum</i>	Samen	3	0,5
	<i>Secale cereale</i>	Karyopse	282	46,7
	<i>Triticum aestivum</i>	Karyopse	39	6,5
<i>Triticum cf. dicoccum</i>	Karyopse	2	0,3	

9 Zusammenfassende Diskussion und Interpretation

Im Folgenden werden die verschiedenen Archive im Kontext der Bergbaugeschichte des Harzes diskutiert und anhand der gewonnenen Daten versucht, ein genaueres Bild über die lokale Zusammensetzung der Wälder zu rekonstruieren.

9.1 Umweltrekonstruktion durch Köhlereirelikte

Der anthrakologische Befund aus den Meilerplätzen deutet auf das Vorhandensein eines *Calamagrostio-villosae* Piceetums mit wechselnden Anteilen an *Fagus sylvatica*, *Sorbus aucuparia*, *Betula pendula* und *Acer pseudoplatanus* hin. Das Holzartenspektrum spiegelt somit grob die lokalen Gegebenheiten und die ökologischen Rahmenbedingungen des Untersuchungsgebietes wider.

9.1.1 Zeitliche Einordnung der Meilerplätze

Aufgrund ihres Artenspektrums und der Größe der Verebnungsflächen lassen sich die untersuchten Meiler höchstwahrscheinlich in die 2. Bergbauperiode oder die späte Neuzeit einordnen. Von den elf AMS-Radiokarbondatierungen an Meilerplätzen entfallen nur drei in das 16. Jahrhundert (BTM 8, HO 3 und HO 5; Tab. 6), die restlichen Meilerplätze datieren in die späte Neuzeit nach dem 17. Jahrhundert und kein einziger Meilerplatz ließ sich dem Mittelalter zuordnen. Dies steht im Einklang mit vielen anthrakologischen Untersuchungen an Meilerplätzen in Mitteleuropa (Nelle, 2001, 2003; Nölken, 2005). Auch Ludemann (2010) konnte anhand von 899 untersuchten Meilerplätzen mit 268 Radiokarbondatierungen zeigen, dass die Hauptphase der Holzkohleproduktion in der Neuzeit stattfand. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit an Radiokarbondatierungen entwickelten Ludemann und Nelle (2002) eine ergänzende Meilerplatztypologie zur unterstützenden Altersbestimmung der untersuchten Plätze. Hierzu berücksichtigten die Autoren, neben relativen und absoluten Altersdatierungen die Größe der Meilerplätze, deren Erhaltung und Ausprägung sowie die Holzartenzusammensetzung und Art des genutzten Holzes zur Klassifizierung von drei Meilerplatztypen (Tab. 39). Eine mittlere Fläche von 80 m² fand auch Nölken (2005) für Meilerplätze aus der Neuzeit in den Vogesen. Ähnliche Größen sind aus weiteren Untersuchungen in Zentraleuropa bekannt (Wullschlegel, 1979; Hillebrecht, 1982; Schlinkert, 1987; Denzer, 1996; Krause, 1997; Hildebrandt et al., 2001). Die untersuchten Meilerplätze im Hochharz zeichnen sich durch eine mittlere Fläche von 115 m² aus und lassen sich auch aufgrund ihrer fast reinen

Fichtenspektren somit in die Neuzeit datieren. All dies deutet darauf hin, dass die untersuchten Meilerplätze erst in der Neuzeit betrieben wurden. Diese Vermutung wird durch den archäologischen Befund unterstützt. Bei frühen Meilerplätzen handelt es sich um sogenannte Grubenmeiler. Erst im Laufe des späten Mittelalters erfolgte die Umstellung auf größere Platzmeiler, wie sie auch im Hochharz gefunden wurden. Zudem finden sich keine archäologischen Hinweise für langanhaltende menschliche Aktivität im Hochharz vor dem späten Mittelalter (Klappauf et al., 2008; Klappauf, 2011b). Ein Unterschied zwischen der Größe der Meilerplätze und dem mittleren Stückgewicht konnte nicht festgestellt werden. Nelle (2003) fand im Bayrischen Wald Indizien dafür, dass Holzkohlen aus älteren Meilerplätzen kleiner und stärker fragmentiert sind als Holzkohlen aus neuzeitlichen Meilerplätzen. Dies ist bei den untersuchten Meilerplätzen des Harzes nicht der Fall. Das mittlere Stückgewicht der analysierten Holzkohlen aus neuzeitlichen Meilerplätzen ist sehr gering und liegt bei 0,12 g. Damit weicht das mittlere Stückgewicht deutlich von den g/n-Werten aus dem Schwarzwald, den Vogesen und dem Bayrischem Wald ab. (Nelle, 2003; Ludemann, 2007). Die parallel untersuchten Holzkohlen aus mittelalterlichen Verhüttungsplätzen im Oberharz weisen ebenfalls einen höheren g/n-Wert auf (Tab. 18; g/n = 0,25 bis 1).

Tab. 39: Meilerplatztypologie nach Ludemann und Nelle (2002). mD = Mittlerer Durchmesser; g/n = Mittleres Stückgewicht.

Meilerplatz	Alter	Größe[m ²]	Erhaltung	mD	g/n-Werte	Größe der Holzkohle
klein	Mittelalter	< 20	schlecht	klein	niedrig	kleinere Stücke
mittel	dazwischen	20 - 50	dazwischen	dazwischen	dazwischen	dazwischen
groß	Späte Neuzeit	> 50	gut	groß	niedrig	größere Stücke

9.1.2 Transekt Brocken – Königsberg

Die Dominanz von *Picea abies* im Holzkohlespektrum ist auf nord- bis ost-exponierten Hängen mit nährstoffarmen Granitzersatzböden und Rohhumusauflage ab 800 m ü. NN zu erwarten. So waren vermutlich um den Brocken noch im 16. Jahrhundert Berg-Urwälder weit verbreitet (Stöcker, 1997) und sowohl die Heinrichshöhe als auch der Königsberg gelten als klassisches Fichtengebiet. Die dort stockenden Berg-Fichtenwälder wurden noch lange strukturell als Plenterwald angesehen (Stöcker, 1997). Dass es sich hierbei nicht um reine Fichten-Urwälder gehandelt hat, zeigen die Holzkohleuntersuchungen der Meiler aus den Transekten Brocken und Königsberg. Zwar dominiert im Transekt Brocken die Fichte im Holzkohlebefund, jedoch mit niedrigen mD-Werten, was auf die Nutzung von Schwach-

holz mit nicht mehr als 10 cm Durchmesser deutet (Nelle, 2002). Das Vorkommen von *Fagus*-Holzkohlen in Meiler BR 2 signalisiert, dass *Fagus sylvatica* vor Ort wuchs. Deutlicher wird dies bei der Betrachtung der zwei Holzkohleschichten des Meilers BR 1. Die Probe des Meilers BR 1 besteht zu 100 % aus *Picea*-Holzkohlen. Schicht 2 (BR 1 S2, Abb. 21) zeichnet sich hingegen durch einen hohen Anteil an Magnoliopsida-Holzkohlen aus. *Picea* erreicht nur noch einen Anteil von 39 %. Die hohen Prozentwerte von *Fagus*-, *Acer*- und *Alnus*-Holzkohlen in Schicht 2 zeugen davon, dass noch nach der 2. Bergbauperiode (siehe Abb. 21) die Rot-Buche auf geeigneten Standorten eine wichtige Rolle beim Aufbau des Waldes zwischen Königsberg und Heinrichshöhe gespielt haben muss. Die niedrigen mD-Werten von unter 7 cm deuten entweder darauf hin, dass der Wald bereits früher genutzt wurde (2. Bergbauperiode?) oder kein Stammholz für die Holzkohleherstellung verwendet wurde. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Betrachtung des sich anschließenden Transektes Königsberg. Auch hier finden sich immer wieder *Fagus*-Holzkohlen in den Meilern. Besonders deutlich wird dies beim Meilerplatz KB 5, der durch vier Holzkohleschichten gekennzeichnet ist (Abb. 19). Zu Beginn konnten die Köhler noch auf einen mehr oder weniger intakten Fichten-Buchen-Mischwald zurückgreifen (Schicht H, mit 39 % *Fagus*), während in Schicht F der Anteil der Rot-Buche am Waldbild schon deutlich zurückgegangen ist (19 % *Fagus*). In der darauffolgenden Schicht D ließ sich nur noch ein Holzkohlestück von *Fagus* finden und das Holzkohlespektrum der Meilerplatte besteht zu 100 % aus Fichte mit geringen mD-Werten, was auf die Nutzung von Schwachholz aus Niederwaldbeständen deuten kann. Meiler KB 5 zeigt daher in aller Deutlichkeit die anthropogene Übernutzung der naturnahen Wälder und die Transformation eines Fichten-Buchenwaldes zu einem monotonen Fichtenforst.

9.1.3 Transekt Hohneklippen und Drei-Annen-Hohne

Bei den Transekten Hohneklippen und Drei-Annen-Hohne handelt es sich auch überwiegend um flachgründige und nährstoffarme Granitzersatzböden (Karste und Schubert, 1997) mit hohem Blockreichtum, was ein natürliches Vorkommen von *Picea abies* zulassen würde. Da die Bereiche jedoch in der montanen Stufe liegen, ist von einem Fichten-Buchen-Mischwald auszugehen. Im Holzkohlebefund der untersuchten Meilerplätze im Transekt Drei-Annen-Hohne wurden jedoch keine Holzkohlen von *Fagus sylvatica* gefunden. Die Fichtenholzkohlen dürften wohl aus dem 18./19. Jahrhundert stammen, als die Gebiete um Schierke und Elbingerode mit

Fichten aufgeforstet wurden, um den enormen Brennstoffbedarf der umliegenden Eisenhütten zu decken. So wurden allein im Jahre 1849 im Elbingeroder Oberforst 25.000 m³ Fichtenholzkohle produziert (von Kortzfleisch, 2008). Neben der absoluten Dominanz der Fichtenholzkohle in den DA-Meiler deutet auch der mD-Wert des Transektes von 5 cm auf die Nutzung von Fichtenforsten hin. Diese wurden häufig mit kurzen Umtriebszeiten in Form von Aushiebswirtschaft und anschließend durch Kahlschlagswirtschaft genutzt. Der sich nord-östlich in Richtung Wernigerode angrenzende Bereich des Transektes Hohneklippen grenzt sich gegenüber dem DA-Gebiet durch den höheren Anteil an Magnoliopsida im Holzkohlespektrum ab (Abb. 23). Meilerplatz H0 5 datiert auf 1450 – 1630 AD und fällt somit in die zweite Bergbauperiode vor dem 30-jährigen Krieg. Der Meilerplatz zeichnet sich durch das Vorhandensein von *Fagus sylvatica* und *Acer spec.* aus. Ähnliches dürfte für die Meiler H0 6 und H0 7 gelten, in deren Holzkohlespektren ebenfalls *Fagus sylvatica* vorkommt. Der mittlere Durchmesser der untersuchten Holzkohlen liegt bei 10 cm (Tab. 13) und deutet somit auf die Nutzung von Stämmen mittlerer Größe aus Beständen mittleren Alters hin (Nelle, 2002). Da die Fichte im 15./16. Jahrhundert noch nicht gezielt anthropogen verbreitet wurde, könnte es sich bei den gefundenen Fichten-Holzkohlen um ein natürliches Vorkommen der Fichte auf den blockreichen Standorten entlang des Hohnekammes handeln. Die Anteile von *Fagus*- und *Acer*-Holzkohlen sind jedoch für ein *Calamagrostio villosae*-Piceetum oder – Fagetum sehr gering. Möglicherweise wurden die vorhandenen Rot-Buchen bereits im Vorfeld genutzt und die erfassten Meilerplätze wurden erst gegen Ende der 2. Bergbauperiode betrieben.

9.1.4 Transekt Blumentopfmoor

Auch im Übergangsbereich vom montanen zum hochmontanen Bereich ist anzunehmen, dass aufgrund der Geländesituation (Exposition, Relief, Bodenbeschaffenheit) die Fichte von ihren ursprünglichen Lagen in der hochmontanen Stufe verstärkt in den montanen Bereich vorgedrungen ist, wie dies u.a. schon von Wegener und Kison (2002) vermutet wird. Dies ist speziell für das Transekt BTM der Fall, dessen Meilerplätze zwischen 700 und 900 m ü. NN. liegen. Der anthrakologische Befund des BTM-Gebietes deutet auf die Existenz eines *Calamagrostio-villosae* Piceetums mit Einschaltungen von *Sorbus*, *Betula* und *Acer* hin, wie es auch auf Grund der Standortbedingungen und der Pflanzensoziologie des Gebietes zu erwarten ist.

Fagus und *Acer* erreichen Anteile von 8 und 4 % mit Maximalwerten von 30 % (BTM 8) und 36 % (BTM 10; Abb. 26). *Fagus sylvatica* wurde in allen Meilerplätzen bis auf BTM 1 gefunden. Dieser Meilerplatz befindet sich am Rand des Blumentopfmoores und die dortigen Standortbedingungen können zu einer Schwächung der interspezifischen Konkurrenzstärke von *Fagus sylvatica* gegenüber *Picea abies* geführt haben und somit zur Entwicklung eines Bazzanio-Piceetums. Bemerkenswert ist auch das lokale Vordringen von *Acer spec.* in das heutige Fichtengebiet. Dies ist ein weiteres Indiz für die kleinflächige Verzahnung von Piceetum und Fagetum. Auch das Auftreten von *Sorbus aucuparia* kann durch die lokalen Standortbedingungen und die Pflanzensoziologie des Renneckenberges erklärt werden. Von großer Bedeutung für die vegetationsökologische Differenzierung der Bergwälder im Harz sind u.a. der Feinerde-Anteil und die Verwitterungstiefe der Granitzersatzböden. Beides hat maßgeblichen Einfluss auf die Infiltrationskapazität und Feldkapazität der nährstoffarmen Böden und daher auch Auswirkungen auf die Standortfeuchtigkeit (siehe hierzu u.a. Stöcker, 1997). Von Wichtigkeit sind weiter der Blockreichtum und das Mikroklima des Renneckenberges. Das Vorkommen von *Sorbus aucuparia* reflektiert somit lokale Übergänge zwischen dem Fichtenwald und dem Piceo-Sorbetum *aucupariae*. Die Assoziation Piceo-Sorbetum *aucupariae* ist charakteristisch für blockreiche und lichtere Standortbedingungen, wie sie in Folge von Auflichtungen im Fichtenwald auftreten. Darüber hinaus markiert sie im Harz den Übergang vom Piceetum zur Baumgrenze.

9.1.5 Transekt Torfhaus

Die Meilerplätze des Torfhaus-Gebietes liegen im Einzugsgebiet der Radau und des Torfhausmoores. Aufgrund der fast reinen Fichtenspektren mit geringem mittleren Durchmesser und wegen der Größe der Meilerplätze handelt es sich höchstwahrscheinlich um neuzeitliche Meilerplätze, in denen Holz aus Fichtenforsten vermeilert wurde. Die Annahme neuzeitlicher Verkohlung wird auch durch eine AMS-Radiokarbondatierung (1667 – 1955 AD, Tab. 6) unterstützt. Im Bereich des Transektes Brockenbettmoor wurden drei Meilerplätze untersucht. BBM 3 wird aufgrund seines Holzkohlespektrums und der untypischen Ausprägung nicht mit in die Interpretation einbezogen. Wahrscheinlich handelt es sich bei BBM 3 nicht um einen Meilerplatz, sondern um spätneuzeitliche Holzkohleanhäufungen anthropogenen Ursprungs, im Bereich des Brockens und in direkter Nähe zu Gebäuderesten. Die beiden übrigen

Meilerplätze liegen zwischen Heinrichshöhe, dem Quellgebiet der Ilse und dem Renneckenberg. Die Heinrichshöhe zählt zu den Kernzonen des Nationalparks mit noch ursprünglichen Fichten-Urwäldern. Dies spiegelt sich auch im Holzkohlebefund der Meiler wider.

9.1.6 Transekt Sieber und Märchenwald

Das Transekt Sieber liegt ähnlich den Meilern der Exklaven abseits des Brockens und der oben beschriebenen Haupttransekte. Der Bereich Sieber ist heutzutage geprägt durch Fichtenforste. Der Holzkohlebefund zeigt jedoch, dass auch dort noch während der 2. und eventuell der 3. Bergbauperiode *Fagus sylvatica* häufig vorkam (Abb. 28).

Der Märchenwald bei Bad Harzburg liegt zwischen 350 und 500 m ü. NN. Der Holzkohlebefund zeigt einen ehemals heterogenen Aufbau des Waldes. *Fagus sylvatica* stellt als dominanter Laubbaum des Klimaxwaldes den höchsten Anteil, als Nebenbaumarten fanden sich weiter *Quercus*, *Acer* und *Carpinus*. Eine Nutzung des Märchenwaldes zeigt sich im Vorkommen von Pioniergehölzen, wie *Corylus*, *Betula* und des *Salix-Populus*-Types und in einer hohen Beimengung an *Picea abies* im Waldbild (Abb. 29). Die hohen *Picea*-Anteile von 16 % im Holzkohlespektrum lassen sich nicht durch standörtliche Modifikationen im Märchenwald erklären. Der Märchenwald ist, im Vergleich zu den übrigen Transekten mit ihren nährstoffarmen Böden und ihrem Blockreichtum, ein typischer Buchenstandort. Die Inklination ist mäßig, die nährstoffreicheren Böden sind tiefgründiger und ohne Blockschutthalden oder mit sehr geringem Blockreichtum. Dies spiegelt sich auch im Vorkommen von *Quercus* und *Carpinus* wider. Heutzutage stocken im Märchenwald Rot-Buchen ohne Einschaltungen von *Picea abies*, sodass der hohe *Picea*-Anteil in den Holzkohlen wahrscheinlich auf den Menschen zurückzuführen ist.

9.1.7 Zusammenfassung anthrakologische Umweltrekonstruktion

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass zur Deckung des Energiebedarfes die am häufigsten vorkommenden Baumarten genutzt wurden, wie dies für den Unter- und Oberharz auch schon von Hillebrecht (1982) postuliert wurde. Eine Selektion auf bestimmte Holztaxa, wie sie z.B. auf Laubholz im Schwarzwald von Ludemann (1996) festgestellt wurde, konnte im Harz nicht gefunden werden. Es finden sich auch keine Hinweise darauf, dass menschliche Aktivität zu einer Anreicherung oder selektiven Erhaltung von Holzkohlen führte, wie dies von Théry-Parisot et al. (2010)

als mögliche Fehlerquelle bei der Interpretation von Holzkohlen aus archäologischen Befunden aufgeführt wird („human filter“ oder „human bias“). Bei der Artenzusammensetzung der Meilerplätze sind regionale und standörtliche Unterschiede des Waldes von Bedeutung und nicht die Eignung des Holzes für die Holzkohleherstellung. Dies steht im Gegensatz zu den Untersuchungen an den Holzkohlen aus archäologischen Fundstätten. Hier fanden sich Hinweise auf die Selektion von Rotbuche im Kontext der Verhüttung von Rammelsberger Erzen auf Kupfer und von Fichte bei der Gewinnung von Blei und Silber aus Oberharzener Gangerzen. Die Holznutzung durch die Köhlerei war somit an das unmittelbare Vorkommen der unterschiedlichen Baumarten gebunden, wie dies aus weiten Teilen Deutschlands bekannt ist (Ludemann, 1996, 2003, 2006a, 2007, 2010; Ludemann and Nelle, 2002; Nelle, 2002, 2003; Ludemann et al., 2004; Nelle et al., 2010). Die untersuchten Meilerplätze spiegeln somit die menschliche Nutzung des Ober- und Hochharzes wider und erlauben die kleinflächige Rekonstruktion der genutzten Waldbestände im Umkreis der Meilerplätze.

9.2 Umweltrekonstruktion durch die Pollenanalyse

9.2.1 Allgemeine Betrachtung und Einordnung der Moore

Die Vegetationsgeschichte der untersuchten Moore Sonnenberger Moor, Brockenbettmoor und Blumentopfmoor fügt sich mit wenigen Abweichungen in die Palynoflora des Harzes ein (Willutzki, 1962; Chen, 1982; Urban, 1984; Bartens, 1990; Henrion, 1990; Ulmann, 1997; Beug et al., 1999; Begemann, 2003; Voigt, 2006; Voigt et al., 2008). Auffallend sind vor allem die niedrigen *Carpinus*-Werte in den Diagrammen. Untersuchungen von Preidel (1980) zeigten jedoch auch innerhalb eines Moores (Odersprungmoor) deutliche Unterschiede von 7,5 bis 14 % bei den *Carpinus*-Anteilen zwischen verschiedenen Kernen. Die Abweichungen resultieren mehrheitlich aus den sehr unterschiedlichen Gegebenheiten der Moore und deren topografischer Lage. Besonders in den Hochlagen des Harzes spielt die Umgebung und die Art der Moore eine entscheidende Rolle für die Pollenzusammensetzung. Mit steigender Höhe über Normalnull nimmt die Fläche der lokalen Pollenproduktion stetig ab. Der Anteil von Pollen aus Tieflagen und der Pollenfernflug gewinnt eine immer größere Bedeutung (Beug et al., 1999). So fanden die Autoren im Umfeld des Brockens *Linum usitatissimum* und *Zea mays* in der Pollenzone X. Da es sich bei beiden Arten um schwache Pollenproduzenten handelt, deren Pollen zudem über

keine guten Transporteigenschaften verfügen, muss der Anteil regionaler Pollenkörner in den untersuchten Archiven immens sein. Ein hoher Anteil von „Fernflugpollen“ wird in den Profilen Sonnenberger Moor, Brockenbettmoor und Blumentopfmoor vor allem durch die Funde von *Abies*-Pollen deutlich.

Für die Zusammensetzung der lokalen Pollenkomponente sind auch im Hochharz die Größe und Art des Pollenarchives, periodisch-rhythmische Schwankungen in der Pollenproduktion einzelner Taxa (Straka, 1975) und Pollenmenge in Abhängigkeit von der Struktur der Phytozoenosen wichtig (Tauber, 1965, 1977; Andersen, 1970, 1979; Faegri und Iversen, 1989; Kubitz, 2000). Besonders eine Auflichtung im Umkreis der Pollenarchive führt seit dem späten Mittelalter zu einer weiteren Abnahme des lokalen und regionalen Polleneintrags und zu einer Steigerung der Fernflugkomponente. Der Holzeinschlag durch die Köhlerei und somit die Freistellung von Laubbäumen, hat zudem zur Folge, dass diese mit einer erhöhten Pollenproduktion reagieren und das Abbild der Palynoflora verzerren. Die Moore des Harzes zeichnen sich darüber hinaus durch lokale und schnelle Wechsel in ihren Zuwachsraten aus, was speziell eine Korrelation von Torfprofilen, auch innerhalb eines Moores, sehr erschwert (Bartens, 1990; Ulmann, 1997; Beug et al., 1999). Dass die Vegetationsentwicklung nicht immer synchron verläuft, zeigen auch Untersuchungen von Brinkmann (1994) am Goethemoor. Dort fallen die im Vergleich zu den Standarddiagrammen (Bruchbergmoor, Auf dem Acker; Beug et al., 1999) sehr hohen *Corylus*- und *Ulmus*-Werte in den Pollenzonen VIIIb bis Xa auf. Die Anteile von *Picea* liegen hier weit hinter denen von *Fagus*. Trotz der geringen prozentualen Abweichungen verschiedener Taxa, entsprechen die untersuchten Pollenprofile der bekannten Vegetationsdynamik seit dem Präboreal.

9.2.2 Blumentopfmoor

In den 150 cm des Profils Blumentopf spiegeln sich 11.000 Jahre Vegetationsgeschichte wider (Abb. 10). Der Beginn des Moorwachstums lässt sich auf 11592 – 11218 cal. BP (9643 – 9269 cal. BC) datieren. Die Vegetationsentwicklung entspricht wieder in weiten Teilen dem bekannten Bild aus dem Hochharz (Beug et al., 1999). Im Präboreal dominieren *Pinus-Betula*-Mischwälder das Landschaftsbild, während sich im Boreal *Corylus* im Untersuchungsgebiet ausbreitet und im Atlantikum schließlich Eichen-Mischwälder (nach Firbas, 1949) vorherrschen. Im Subboreal und Subatlantikum breiten sich schließlich *Fagus* und *Picea* im Umkreis des

Blumentopfmoores aus. Der menschliche Einfluss im Subboreal und Subatlantikum ist durchgehend schwach. Nur vereinzelt finden sich Getreidepollenkörner oder sekundäre Siedlungszeiger im untersuchten Profil. In der späten Vorrömischen Eisenzeit steigt langsam der Anteil der Holzkohlepartikel im Pollendiagramm an. Die neuzeitliche Köhlerei wird anhand hoher Holzkohlepartikel-Werte im Pollendiagramm deutlich fassbar. Aufgrund der isolierten Lage des Moores signalisiert das Auftreten von Kulturzeigern im Pollendiagramm Blumentopfmoor während des Mittelalters eine ausgeprägte menschliche Siedlungsaktivität im Umland des Harzes, wie sie auch durch pollenanalytische Untersuchungen von Begemann (2003) und Voigt (2006) aufgezeigt wurde.

Im Unterschied zu den Ergebnissen von Beug et al. (1999) erfolgt die Ausbreitung von *Picea* und *Fagus* sehr spät im Umkreis des Blumentopfmoores. Ein möglicher Grund hierfür könnte die topographische Lage des Moores und dessen menschliche Nutzung in der späten Neuzeit sein. Während des 20. Jahrhunderts erfolgte eine stete Entwässerung des Moores und anschließend eine geregelte Fichtenwirtschaft auf den entwässerten Moorbereichen, in deren Folge das Moornwachstum fast komplett zum Stillstand kam. Aufgrund der Entwässerung sind die oberen Bereiche des Torfkörpers wahrscheinlich stark kompaktiert und mineralisiert. Dies spiegelt sich auch in der schlechten Pollenerhaltung und der geringen Pollenkonzentration in den oberen Proben wider. Das Blumentopfmoor liegt auf etwa 660 m ü. NN und ist umgeben vom Renneckenberg im Westen, den Öhren- und Zeterklippen im Norden und den Hohneklippen im Süden. Nur im Osten zwischen Öhren- und Hohneklippen befindet sich eine etwa 800 m breite Öffnung zum kleinen Talkessel des Moores. Aufgrund dieser Lage und den vorherrschenden Westwinden ist anzunehmen, dass das Blumentopfmoor primär die lokale Waldzusammensetzung im Bereich des Renneckenberges widerspiegelt. Dies zeigt sich auch im geringen Anteil des regionalen und des durch Fernflug eingetragenen Pollen (Abb. 10). Zudem deuten die durchgehend hohen Anteile an *Alnus* und *Ulmus* und das stete Vorkommen von *Salix* darauf hin, dass diese auf geeigneten Standorten im und am Moor vorkamen und dieses zusätzlich gegenüber den ferntransportierten Pollen abschirmten. Laut Lang (1994) spricht zwar erst ein *Pinus*-Anteil von 20 bis 30 % für eine lokale Anwesenheit der Gattung im Untersuchungsgebiet, während nach Birks (1994) für *Betula* Werte von über 15 % erreicht werden müssen, um eine Anwesenheit im Gebiet annehmen zu können. Ein Stocken dieser Gehölze im Umkreis des Moores

ist jedoch denkbar, da auch aus höher gelegenen Hochmooren Holzfunde von *Salix*, *Betula* und *Pinus* vorliegen (Willutzki, 1962).

Erst mit Beginn der Römischen Kaiserzeit (ab 32 cm unter GOK) finden sich Anzeichen auf einen Anstieg der regionalen Pollenkomponente parallel zu steigenden Einlagerungen von Holzkohlepartikeln. Auffallend ist ein weiterer Holzkohlepartikelgipfel bei 106 cm unter GOK, der aufgrund seiner Höhe mit dem der Neuzeit vergleichbar ist. Das frühe und mittlere Holozän weist eine ausgeprägte Klimadynamik auf und ist durch mehrere deutliche Klimaveränderungen charakterisiert (Alley et al., 2003; Mayewski et al., 2004; Kotthoff, 2008). Im Präboreal findet sich in vielen europäischen Klimaarchiven und in grönländischen Eiskernen ein kurzfristiger Klimarückschlag, die sogenannte präboreale Oszillation (Rasmussen et al., 2007; Hoek und Bos, 2007). Man vermutet als deren mögliche Ursachen verschiedene Schmelzwasserimpulse und eine verringerte solare Aktivität (Magny et al., 2007). Auch die Zeit zwischen 9500 und 8000 cal. BP (~ 7750 – 6050 cal. BC) ist durch mehrere deutliche Klimaereignisse geprägt, die in verschiedenen Archiven gefunden wurden und in Zusammenhang mit Änderungen der atlantischen meridionalen Umwälzzirkulation (Atlantic Meridional Overturning Circulation; AMOC) stehen (Prasad et al., 2007; Hou et al., 2011). Der gefundene Holzkohlepartikelgipfel kann zeitlich mit einem Klimarückschlag zwischen 9.300 und 9.200 cal. BP (~7350 – 7250 cal. BC) übereinstimmen und deutet auf ein Brandereignis hin, als die lichten *Betula-Pinus-Corylus*-Wälder langsam durch den Eichenmischwald verdrängt wurden (Knapp et al., 2012).

Sowohl Untersuchungen an stabilen Isotopen in Eiskernen (Vinther et al., 2006; Severinghaus et al., 2009) und Seesedimenten (von Grafenstein et al., 1999; Hou et al., 2011) als auch Untersuchungen an Jahrringen von Bäumen (Spurk et al., 2002) deuten auf ein globales 9.2-ka-Ereignis hin (Fleitmann et al., 2008). Aufgrund von Unsicherheiten bei den Datierungen kann der Holzkohlegipfel zeitlich auch mit der 9.5-ka-Oszillation korrelieren (Bond et al., 1997).

9.2.3 Brockenbettmoor

In den 245 cm des Profils Brockenbettmoor wird die Vegetationsentwicklung seit der Pollenzone VIIb mit der *Fagus*-Expansion im Untersuchungsgebiet erfasst (Abb. 9). Auch sie folgt in weiten Teilen den für den Hochharz beschriebenen Abläufen (Beug et al., 1999). Das Moor liegt auf etwa 900 m ü. NN. in direkter Nähe zur Heinrichshöhe,

die heute zu den Kernzonen des Nationalparks zählt. Bei den dort stockenden Wäldern handelt es sich um Reste von hochmontanen Fichtenurwäldern, in denen sich noch Reliktvorkommen der autochthonen Harzfichte finden. Dies spiegelt sich in den hohen Anteilen von *Picea* im Pollendiagramm wider. Die ebenfalls hohen Rot-Buchen-Werte deuten jedoch darauf hin, dass sich das Moor im Übergangsbereich zwischen Buchenwald und Bergfichtenwald befindet. Auf vernässten Standorten wuchsen wahrscheinlich *Alnus* und *Salix* im Umkreis des Moores und verschiedener Bäche. Der menschliche Einfluss ist in den Pollenzonen VIII und IXa sehr gering. Die Funde von *Plantago lanceolata* lassen sich auf Fernflug aus dem Harzvorland zurückführen. Dies gilt auch für *Carpinus* und *Quercus*, während für *Pinus* und *Betula* auch ein Wachstum vor Ort vorstellbar ist. Jedoch deuten die geringen Anteile der beiden Phanerophyten auf Fernflug hin, da bei direkter Anwesenheit im Gebiet die Werte deutlich höher sein müssten. Vereinzelt finden sich in der Vorrömischen Eisenzeit und der Römischen Kaiserzeit Kulturzeiger aus dem Harzvorland im Brockenbettmoor. Mit Beginn des Älteren Subatlantikums machen sich der Bergbau und die Holzkohleproduktion im Ober- und anschließend im Hochharz deutlich im Pollendiagramm bemerkbar. Mit Verlagerung der Hütten im 7. und 8. Jahrhundert in den Harz und der damit einhergehenden intensiven Nutzung der Buchenwälder, sinken die Werte der Rot-Buche im Pollendiagramm kontinuierlich ab. Im 12. und 13. Jahrhundert geht die Bedeutung von *Fagus* am Aufbau der Wälder immer weiter zurück, zeitgleich steigen die Werte der Poaceae und von *Calluna vulgaris* rapide an. Mit Beginn des Jüngeren Subatlantikums spiegelt sich die anthropogen und klimatisch geförderte Verbreitung der Fichte im Profil wider. Die Wälder im Umkreis des Brockenbettmoores wandelten sich von Buchen-Fichtenwäldern hin zu reinen Fichtenwäldern und mit Beginn des 18. / 19. Jahrhunderts zu Fichtenforsten.

Die Holzkohlepartikel und die Lithologie des Profils zeigen, dass das Moorwachstum auf ein Feuerereignis folgte, wie dies auch von Robin et al. (2012) vermutet wird. Bei 245 cm unter GOK findet sich im Profil über dem mineralischen Horizont eine dunkle Lage mit Holzkohlen und im Anschluss die ersten Cyperaceen-*Sphagnum*-Torfe. Untersuchungen von Robin et al. (2012) und Knapp et al. (2012) zeigten weiter, dass es im Laufe der Bronzezeit und der Vorrömischen Eisenzeit zu mehreren Feuerereignissen und Kolluvienbildungen im Bereich der Heinrichshöhe und des Renneckenberges kam. Der Anstieg von *Calluna vulgaris* und der Poaceae in den Teufen 212 und 196 könnte mit den von den Autoren gefundenen Ereignissen

korrelieren, jedoch finden sich hierfür keine Indizien in der Menge der Holzkohlepartikel oder Änderungen in der Baumpollenzusammensetzung des Profils BBM1. Der deutliche Anstieg des NBP bei 220 cm (~ 2800 cal. BC) könnte hingegen auf ein Brandereignis zurückgeführt werden. Zeitgleich zum Rückgang der Baumpollen finden sich vermehrt Holzkohlepartikel im Profil und die als Fernflugkomponente eingestuft Taxa *Corylus*, *Plantago lanceolata* und *Artemisia* steigen sichtbar an. Dies deutet auf eine zeitweilige Öffnung der Baumbedeckung hin. Zeitgleich zu diesen Änderungen in der Palynoflora finden sich Hinweise auf die Bildung von Kolluvien und von Holzkohlen im Gebiet Heinrichshöhe-Renneckenberg (Knapp et al., 2012; Robin et al., 2012). In den folgenden Jahrhunderten bis ins das 3. vorchristliche Jahrhundert finden sich kaum Hinweise im Pollendiagramm auf Brände oder menschlicher Aktivität. Mit Beginn des Frühen Mittelalters zeigen sich im Zuge der steigenden Siedlungs- und Verhüttungstätigkeit wieder Holzkohlepartikel im Profil BBM1. Da während des Hochmittelalters keine dauerhafte menschliche Tätigkeit im Hochharz belegt ist, stammen die gefundenen Holzkohlepartikel wohl aus dem Oberharz. Mit Beginn der 2. Bergbauperiode und dem Vordringen des Menschen in den Hochharz steigt der Gehalt an Holzkohlepartikel sprunghaft an. Dieser Anstieg der Holzkohlepartikel erfolgt parallel zum Einsetzen der Holzkohleproduktion im Hochharz. Ab dem 15. / 16. Jahrhundert deuten unzählige Meilerplätze auf die Nutzung der Wälder für die Holzkohleproduktion im Hochharz hin (Beug et al., 1999; von Kortzfleisch, 2008; Knapp et al., 2012).

9.2.4 Sonnenberger Moor

Im Sonnenberger Moor lässt sich die Vegetations- und Bergbaugeschichte des Subatlantikums im Harz hochauflösend untersuchen. Während die Standarddiagramme im Hochharz oft nur geringe Torfmächtigkeiten für die Pollenzonen VIII bis X aufweisen (Beug et al., 1999), ist im untersuchten Profil des Sonnenberger Moores das Ältere Subatlantikum mit annähernd 2 m und das Jüngere Subatlantikum mit 50 cm erschlossen (Abb. 8). Als zeitliche Auflösung werden somit 0,1 cm pro Jahr erreicht.

Während des Subatlantikums ist *Fagus sylvatica* die dominierende Baumart und prägt maßgeblich das Waldbild bis ins frühe Mittelalter hinein. Ab 800 AD verliert die Rot-Buche durch die steigende Holzkohleherstellung kontinuierlich an Bedeutung beim Aufbau der Wälder. Im Harz ist ab dem 12. Jahrhundert ein massiver Rückgang

der Rot-Buchen-Anteile im PD Sonnenberger Moor sichtbar. Neben der mittelalterlichen Nutzung der Rot-Buche wird auch die Fichte verstärkt zur Deckung des Energiebedarfes im Bergbau genutzt (Bergbau des Alten Mannes, siehe Kap. 2.6). Infolgedessen gehen auch die Anteile der Fichte im Pollendiagramm deutlich zurück. Die parallele Nutzung der Fichte mag im Zusammenhang mit der Gewinnung von Blei und Silber aus Oberharzer Gangerzen stehen (vgl. Knapp, im Druck). Durch die Rodungen kommt es parallel zu einer Förderung von *Corylus* und *Betula*, deren Pollen aus dem Vorland und dem Oberharz in die Pollenarchive des Hochharzes eingetragen wurden. Im späten Mittelalter wird auch die Eiche anthropogen gefördert (Begemann, 2003). Im Sonnenberger Moor ist dies durch einen leichten Anstieg der *Quercus*-Kurve sichtbar. Begemann (2003) stellt den Anstieg der *Quercus*-Kurve in Zusammenhang mit sich ausbreitenden Eichenhudewäldern im Harzvorland. Vage Indizien hierfür fanden sich auch im Holzkohlebefund der Montansiedlung Johanneser Kurhaus (Knapp, im Druck). Das Sonnenberger Moor liegt auf etwa 750 m ü. NN und die Kurven von *Quercus*, *Carpinus* und von Pioniergehölzen, wie *Betula* und *Corylus* repräsentieren mehrheitlich den Polleneintrag aus den niederen Lagen des Harzes. Im 14. bis 16. Jahrhundert steigen die Rot-Buchen-Werte im Sonnenberger Moor wieder leicht an und signalisieren eine zeitweilige Erholung der Rot-Buchenbestände wegen eines Bevölkerungsrückganges infolge u.a. der gravierenden Pestepidemien dieser Zeit.

Ab 900 AD wird der steigende menschliche Einfluss auf die Landschaft durch den mittelalterlichen Landesausbau zudem durch die hohen Getreide-Werte im Pollenprofil sichtbar. Die Cerealia-Kurve besteht hier hauptsächlich aus dem allogamen *Secale cereale*. Die autogamen/kleistogamen Arten *Hordeum*, *Triticum* und *Avena* finden sich nur mit wenigen Pollenkörnern im PD. Zwar erreichen die Cerealia-Werte nicht die Ausmaße, die im Harzvorland anzutreffen sind (Chen, 1982; Beug, 1992; Begemann, 2003), jedoch deuten die Werte von rund 2,5 % auf ausgedehnte landwirtschaftliche Flächen im Harzvorland hin. Nach Behre und Kučan (1986) wird ein Großteil des Getreide-Pollen in unmittelbarer Nähe des Wuchsortes abgelagert. Ein Anbau von Getreide im Oberharz ist aufgrund der klimatischen und edaphischen Bedingungen nicht anzunehmen (Willerding, 1986, 2000b; Beug et al., 1999). Der Getreide-Pollen wird vermutlich aus dem Vorland in die Moore des Hochharzes gelangt sein. Die Besiedlung der Haupttrumpfflächen und der Andreasberger Rumpffläche mit dem Ausbau der Bergstädte zeichnet sich durch

steigende NBP-Werte und einem Anstieg der Grünlandzeiger, wie *Plantago lanceolata*-Typ, *Rumex acetosa*-Typ, Apiaceae, Asteraceae und Cichorioideae ab. Jüngste Isotopenanalysen an archäologischen Artefakten aus der Lichtensteinhöhle (Lehmann, 2012) deuten auf einen spätbronzezeitlichen Bergbau hin und sowohl Knapp et al. (2012) als auch Robin et al., (2012) fanden im Gebiet zwischen Heinrichshöhe und Renneckenberg Beweise für bronze- bis eisenzeitliche Brandereignisse und Kolluvienbildungen. Als mögliche Auslösemechanismen können hier sowohl menschliche Aktivität, als auch das Klima fungieren (Knapp et al., 2012). Menschliche Aktivität im Harz während der Bronzezeit und der frühen Vorrömischen Eisenzeit ist jedoch denkbar. Auch im Profil Sonnenberger Moor lassen sich aus der Vorrömischen Eisenzeit Hinweise auf menschliche Aktivitäten finden. Zwischen 410 und 228 BC (262 – 230 cm unter GOK) und 112 BC – 44 AD (200 – 154 cm unter GOK) signalisieren die deutlich erhöhten Kurven des *Plantago lanceolata*-Typs, von *Artemisia*, der Poaceae sowie das regelmäßige Auftreten von Chenopodiaceae, Asteraceae und vom *Rumex acetosa*-Typ menschliche Aktivität. Ab 271 bis 73 BC finden sich auch erstmalig kontinuierlich Getreide-Pollenkörner im Profil. Hinweise auf frühe Verhüttung zeigen sich auch durch das fast durchgängige Auftreten von Holzkohlepartikeln von der Vorrömischen Eisenzeit bis zum Ende der Römischen Kaiserzeit (410 BC bis 200 AD). Archäologisch ist die Verhüttung seit der Römischen Kaiserzeit belegt (Klappauf und Linke, 1990; Brockner, 2000; Klappauf, 2009; Begemann, 2003). In der nachfolgenden Völkerwanderungszeit finden sich nur wenige Anzeichen auf menschliche Aktivität im Harz und auch der Gehalt an Holzkohlepartikeln sinkt deutlich ab. Nach 650 AD steigen die Holzkohlepartikel-Werte langsam wieder an und zeugen von der Verlegung der Hüttenbetriebe und der Holzkohleproduktion ins Gebirge. Mit dem Beginn des Bergbaues des Alten Mannes bzw. der massiven Förderung von Harzer Erzen ab 968 (Bartels et al., 2007) steigt auch der Gehalt an Holzkohlepartikeln im Pollenprofil sprunghaft an und bleibt, mit gewissen Schwankungen, das ganze Mittelalter hindurch auf hohem Niveau. Dies spricht gegen ein komplettes Aussetzen des Bergbaues während der ersten großen Krise im 14. Jahrhundert, wie dies auch schon von Hillebrecht (1982) vermutet wurde. Nach Einsetzen der 2. Bergbauperiode im 16. Jahrhundert kam es parallel auch zur Ausweitung der Holzkohleproduktion im Hochharz. Dies zeigt sich wiederum in einer Steigerung der Holzkohlepartikel im Profil SO. Die Werte der

Holzkohlepartikel verbleiben nun bis zum 18. und 19. Jahrhundert auf sehr hohem Niveau und sinken erst mit der Einführung der Steinkohle wieder ab.

Im hochauflösenden Profil Sonnenberger Moor lässt sich darüber hinaus deutlich die Bedeutung der Fichte für die Zusammensetzung der Wälder ablesen. Beginnend mit dem Hochmittelalter spielt die Fichte eine immer größere Rolle in den Oberharzer Wäldern. Mit dem Übergang vom Spätmittelalter in die Neuzeit steigt der Anteil der Fichte sprunghaft an. Zurückzuführen ist dies einerseits auf die anthropogene Förderung der Fichte, andererseits auf sich ändernde klimatische Bedingungen. Der Jahrhunderte andauernde Raubbau an den Wäldern des Harzes hat wohl indirekt zu einer Förderung der Fichte geführt (Hillebrecht, 1982; Beug et al., 1999). Mit Ende des mittelalterlichen Klimaoptimums und mit dem Übergang zum Wolf- und Spörer-Minimum setzte ein Periode mit kühleren und feuchteren Klimabedingungen ein (Casty et al., 2005; Pauling et al., 2006; Raible et al., 2007; Schulte et al., 2009; Magny et al., 2010, 2011). Dies führte zu einer zusätzlichen Förderung der Fichte gegenüber der Rot-Buche. Im Profil SO lässt sich das erste Fichtenmaximum im 17. und 18. Jahrhundert mit dem Beginn der Fichtenaufforstungen im Harz zusammenbringen, während im Anschluss im 18. und 19. Jahrhundert die Wiederaufnahme und Intensivierung des Bergbaues zu einem drastischen Raubbau an den Fichtenwäldern führte. Neben der intensiven Nutzung der Fichte zur Deckung des Energiebedarfes des Montanwesens (z.B. Verhüttung, Bergbau und Siedlungstätigkeit), führten Stürme und Borkenkäferkalamitäten in den Forsten zu einem weiteren Rückgang der Fichte (Beug et al., 1999). Das letzte Fichtenmaximum repräsentiert die letzte Aufforstungsperiode im 19. und 20. Jahrhundert.

9.3 Ernährung und Pflanzennutzung

Die untersuchten Bodenproben aus den Grabungen Düna, Huneberg, Johanneser Kurhaus, Kötental und Schnapsweg zeichnen sich durch sehr geringe Mengen an Diasporen aus und lassen keine Rückschlüsse auf die Pflanzengesellschaften und deren Physiognomie in der Umgebung der Plätze zu, wie dies u.a. von Willerding (1986) und Andrae (1990) für die Plätze Düna und Schnapsweg aufgezeigt wurde.

Die untersuchten Bodenproben stammen mehrheitlich aus anthropogenen Trockenablagerungen. Unter normalen Umweltbedingungen, wenn keine optimalen Erhaltungsbedingungen, wie extreme Trockenheit oder Kälte vorliegen (van der Veen 1996; Rösch et al., 1994, Long et al., 1994), werden die organischen Reste in

solchen Trockenböden schnell abgebaut. Jedoch kann es auch unter optimalen Erhaltungsbedingungen zu einer Erhaltungsselektion kommen (Firbas, 1949; Jacomet et al., 1989), die durch wechselnde klimatische Einflüsse noch verstärkt wird (Jacomet und Kreuz, 1999). In den untersuchten Verhüttungsplätzen spielt die Zersetzungsauslese jedoch eine untergeordnete Rolle, da aufgrund der hohen Schwermetallbelastung der mikrobielle Abbau gehemmt ist. So ergaben Messungen mit einem mobilen XRF-Gerät an Holzkohlen des Huneberges noch folgende Metallgehalte: Cu 6 %, Zn 4,3 %, Pb 3,8 % und Ca 0,9 %. Besonders die hohen Kupferanteile hemmen den biologischen Abbau organischer Substanzen. Aufgrund dieser Schwermetallbelastung ähneln die Erhaltungsbedingungen denen im Feuchtboden, mit dem Resultat, dass neben verkohlten auch viele unverkohlte Diasporen vorkommen. Die unverkohlten Diasporen wurden daher bei den Verhüttungsplätzen als Bestandteil der anthropogenen Thanatozönose gewertet. In den Diagrammen wird verkohltes und unverkohltes Material zusammengefasst, da die Makroreste beider Erhaltungsformen auf menschliche Aktivität im Mittelalter zurückzuführen sind und beide somit die anthropogene Thanatozönose bilden. Bei dem verkohlten Material handelt es sich überwiegend um Nutzpflanzen, die in den Tabellen gesondert gekennzeichnet sind. Zwar muss auch hier immer von einer menschlichen Einflussnahme auf die Thanatozönose ausgegangen werden (van der Veen, 2007; Schiffer, 2010), jedoch spiegeln die archäobotanischen Funde aus Siedlungsschichten menschliche Kulturpflanzennutzung, wie Nahrungsaufbereitung und Ernährung wider (Kirleis et al., 2012).

Von einer Verunreinigung mit rezentem Material ist nicht auszugehen. Die verkohlten Kulturpflanzen und viele der unverkohlten Arten kommen heute nicht im Ober- und Hochharz vor. Zudem ist es unwahrscheinlich, dass die Diasporen von Arten, die rezent noch im Oberharz vorkommen, in der vorgefundenen Artenzusammensetzung und mit solcher Häufigkeit in den mittelalterlichen Schichten auftreten (Willerding, 2000b). Sollte es zu einer Verunreinigung mit rezenten Diasporen gekommen sein, müsste aufgrund der Lage der archäologischen Fundstätten der Anteil an Arten der Fichtenwälder und -forste, feuchter Schluchtwälder oder Arten der Schwermetall- und Trittfuren weitaus höher sein. Zudem ist nur von geringen Störungen der Ablagerungen durch Erosion und Umlagerung auszugehen, da in den höheren Lagen des Oberharzes keine Landwirtschaft betrieben wurde und die Bodeneingriffe des Menschen weit weniger intensiv waren als dies im Harzvorland der Fall ist.

Deutlich unterscheiden sich die Fundspektren der reinen Verhüttungsplätze von denen der beiden Siedlungen (Düna und Johanneser Kurhaus; Tab. 38 und 34). In den Verhüttungsplätzen Schnapsweg und Huneberg konnten nur vereinzelt Kulturpflanzen nachgewiesen werden (Abb. 53 und 54 + Tab. 35 und 36). Die Spektren werden durch die Sammelfrüchte dominiert. Unter den Sammelfrüchten fällt der hohe Anteil an unverkohnten *Rubus* und *Sambucus* auf. Neben den aus dem Umland importierten Getreide und Hülsenfrüchten, haben Wildfrüchte offenbar für die Ernährung der Hüttenleute eine große Rolle gespielt (siehe auch Willerding, 1986, 2000b). Diese waren meist leicht verfügbar und kamen als Arten der Schlagfluren und Auflichtungen verstärkt im Umkreis der Hüttenplätze vor. Das Vorkommen von Ruderalstandorten bedingt auch die hohen Anteile von *Urtica* im Fundspektrum. Der hohe Anteil unverkohlter Samen der Sammelfrüchte kann zwar taphonomische Ursachen haben, die Funde von verkohlten Sammelfrüchten deuten jedoch auf die Nutzung als Nahrung hin. Abhängig vom archäologischen Kontext können hohe Anteile von Sammelfrüchten in Kombination mit geringen Anteilen an Kulturpflanzen anzeigen, dass Nahrungsproduktion und –verarbeitung in funktionellen Stätten von geringer Bedeutung ist (Kirleis et al., 2012). Kulturpflanzen wurden in den untersuchten Fundplätzen im Harz nur in sehr geringen Mengen gefunden. Die Kulturpflanzen sind durchweg verkohlt. Der hohe Anteil an verkohlten Getreidekörnern ist nicht überraschend, da diese bei der Nahrungsaufbereitung erhitzt werden und somit einer höheren Wahrscheinlichkeit unterliegen zu verkohlen (Kirleis et al., 2012). Der Schmelzplatz Johanneser Kurhaus, der sich im 12./13. Jahrhundert zu einer dauerhaften Montansiedlung entwickelte, fällt durch das häufige Auftreten von Kulturpflanzen auf. Er gleicht dadurch der Siedlung Düna im Harzvorland. Beide stehen den Sammelfrüchten und Wildkräuter dominierten Verhüttungsplätzen gegenüber. Die Fundspektren von Düna und Johanneser Kurhaus (Abb. 56 und Abb. 52) ähneln den Untersuchungen von Willerding (1986; Düna) und Andrae (2003; Johanneser Kurhaus). Die von Andrae (1999) untersuchten Feuchtbodenproben des Bachbettes lassen als Thanathozönose mit lediglich vereinzelt schlecht erhaltenen Getreide-Funden nur bedingt Einblicke in die Ernährung der früheren Bewohner der Siedlung Düna zu. Es handelt sich um sogenannte offene Fundkomplexe, deren Artenspektrum weiter gestreut ist und die viele Taxa der Umgebung enthalten (Jacomet et al., 1989). Die neu untersuchten Bodenproben verteilen sich hingegen auf das Siedlungsareal und die mit Siedlungs-

aktivität zusammenhängenden anthropogenen Ablagerungen. Die dort vorkommenden Arten wurden hauptsächlich direkt oder indirekt anthropogen eingetragen (Jacomet und Kreuz, 1999). Zudem handelt es sich um Trockenböden mit schlechten Erhaltungsbedingungen für organische Reste (Willerding, 1972), sodass fast nur verkohltes Material überdauert. Dies ermöglicht einen detaillierteren Einblick in die Ernährungsgewohnheiten der ehemaligen Bewohner. So fanden sich in den untersuchten Bodenproben mehrheitlich *Secale cereale* (46 %) und *Hordeum* (Tab. 38). Weitaus seltener wurden *Avena* und *Triticum* genutzt. Wobei Willerding (1986) bei *Avena* von einer Nutzung für die Tier- bzw. Pferdezucht ausgeht.

Im Oberharz nutzten die Hüttenleute zur Nahrungszubereitung ebenfalls meist *Hordeum vulgare*, *Secale cereale* und *Avena fatua*. Die neuen Funde von verkohlten Getreidekörnern unterstützen die Aussage von Willerding (1986), dass die Hüttenleute ihre Nahrung teilweise vor Ort zubereiteten. Neben Getreide fanden sich auch *Malus* und *Pyrus* in den mittelalterlichen Fundschichten und zeugen von Import von Kulturobst aus den tieferen Lagen des Harzes. Trotz der Untersuchung von hunderten Bodenproben konnten keine Belege für die Nutzung von *Triticum* im Oberharz gefunden werden. Das neue Fundspektrum aus Düna und die Untersuchungen von Willerding (1986) zeigen jedoch, dass *Triticum* im Vorland eine wichtige Rolle spielte. Dies mag wohl mit dem im Oberharz und den angrenzenden Gebieten vorherrschenden klimatischen und edaphischen Bedingungen zusammenhängen. Ein Anbau des standörtlich anspruchsvolleren Weizens ist nur in den entfernteren Löss-Gebieten des Harzvorlandes möglich. Bei der alltäglichen Ernährung wurde im Frühmittelalter jedoch meist nur das in der unmittelbaren Umgebung Produzierte genutzt. Einen Handel mit alltäglichen Nahrungsmitteln über mittelbare oder entfernte Distanzen gab es eher nicht (Behre, 1981), sodass wohl hauptsächlich Feldfrüchte aus den nächstgelegenen Anbauflächen von den Hüttenleuten genutzt wurden. Die geringen Anteile an verkohlten Kulturpflanzen legen auch den Schluss nahe, dass eventuell ein Großteil des Getreides bereits im Vorland und den dortigen Siedlungen verarbeitet wurde. Dies spiegelt sich auch in den hohen Anteilen an verkohltem Getreide in den Siedlungsbefunden wider.

Funde von *Pisum* und *Lens* sind generell in mittelalterlichen Siedlungen Südniedersachsens selten (Willerding, 1986). In den Bodenproben aus Düna finden sie sich nur in geringer Anzahl. Mit den Funden aus dem Huneberg und dem Johanneser

Kurhaus gelang jedoch erstmalig der Nachweis für die Nutzung von Fabaceae im Oberharz (Tab. 34 und 35).

9.4 Holznutzung und Raubbau durch Bergbau- und Siedlungswesen

9.4.1 Kupfer-Schmelzplätze des 10. Jahrhunderts

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 Rot-Buche dominiert. Lediglich im Kötental treten mit geringen Anteilen weitere Taxa auf (Abb. 47 und Tab. 31). Auch die Verteilung 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 Rot-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 mit 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 daraus resultierende J-förmige Verteilung der Holzkohlestücke auf die Durchmesserklassen (Abb. 46, 47 und 50) zeigt, dass primär Stämme mittlerer Größe mit Astholz verkohlt (Nelle, 2002) und anschließend zur Verhüttung genutzt wurden. Da der Anteil der Rot-Buche zwischen 96 und 99 % liegt, ist von einer Selektion auf Rot-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 Gehölzen 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 im jenen Meilern stattgefunden haben.

9.4.2 Silber-Schmelzplatz des 10. Jahrhunderts

Ein völlig anderes Bild ergibt sich bei der Betrachtung des Hüttenplatzes Rabental (Abb. 48 und 49). 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 g und einem mittleren Durchmesser von 13,5 cm. Dies spricht für die Nutzung von großen Fichtenstämmen. Das Auftreten von Pioniergehölzen spricht für lichtere 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 Rot-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). So war es wirtschaftlicher das Erz zur Holzkohle zu bringen, da für 1 Karren Roherz etwa 6 – 8 Karren Holzkohle (~ 63 Festmeter Holz) benötigt wurden (Hillebrecht, 1982). Geht man von einer Förderung von jährlich 75 T Rammelsberger Erz im 11. und 12. Jahrhundert aus, liegt der Holzbedarf bei etwa 3000 Festmeter im Jahr. Bei einem extrem hohen Anteil von

etwa 10 % Cu im Rammelsberger Erz und einer Produktion von insgesamt 1000 Zentner Kupfer, wurde so etwa 30.000 Festmeter Holz alleine für den Rammelsberg benötigt (Bartel et al., 2007). Da die Holzkohle zudem durch den Transport leicht fragmentiert und dadurch an Qualität verliert, war es günstiger die kleineren Mengen Erz zum Energieträger Holzkohle zu transportieren. Auch im archäobotanischen und anthrakologischen Befund des Hochharzes (Kernareale der Fichte) lassen sich keine Anzeichen für eine beginnende Degradation der Klimaxgesellschaft und somit einer Nutzung der dortigen Waldbestände finden.

Zudem finden sich für das frühe Mittelalter weder archäologische Hinweise auf menschliche Nutzung des Hochharzes noch Meilerplätze in den Kernarealen der Fichte (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.

9.4.3 Kupfer-Schmelzplatz des 12. Jahrhunderts

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 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 und Linke, 2004). Zudem erfolgte die Gewinnung der Metalle nun in mehrstufigen Hochtemperaturprozessen in sogenannten Rammelsbergöfen (Bartels et al., 2007). Im Huneberg wurde zur Verhüttung bevorzugt Rot-Buche genutzt, die noch in ausreichenden Mengen im Umkreis vorhanden gewesen sein muss. Neben Rot-Buche finden sich hier auch alle Hauptbaumarten sowie ein Großteil der natürlich vorkommenden Nebenbaumarten und Sträucher (Tab. 27). 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 worden waren.

Zur Verhüttung am Schmelzplatz Huneberg wurde überwiegend mittelstarkes Holz genutzt (Abb. 43). 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. 42 und 44). Mit Anteilen von 10 und 8 % entsprechen die Werte der Feuchtezeiger und der Gymnospermen den naturnahen Gegebenheiten eines Klimaxwaldes mit lokalen standörtlichen Modifikationen. So liegen die Moore des Torfhäuser Hügellandes und die Quelle der Radau nur wenige Kilometer entfernt. Genutzt wurde bei den Feuchtezeigern und Gymnospermen überwiegend Schwachholz, das wohl kaum einen Durchmesser von über 10 cm besaß. Eine Selektion bestimmter Holzarten für unterschiedliche Tätigkeiten im Rahmen der Verhüttung konnte im untersuchten Material nicht festgestellt werden.

Die archäologische Untersuchung und Auswertung des Fundplatzes ist noch nicht abgeschlossen. Möglicherweise kann hier die Anthrakologie einen Beitrag zur chronologischen Differenzierung der Fundstelle liefern.

Auffallend ist hier bei differenzierter Betrachtung des Holzkohlespektrums nämlich eine Gruppierung der Fundnummern hinsichtlich der identifizierten Holzkohlestücke. So fallen deutlich Funde und Befunde auf, deren Holzkohle aus nur einer Gattung oder Holzart besteht. Zudem lassen sich die Fundnummern in zwei größere Gruppen

unterteilen. Die erste Gruppe ist durch Klimaxgattungen (primär *Fagus*, *Acer* und *Picea*) 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 ab: In der ersten wurden Starkholz und Stammholz der vorhandenen Klimaxgattungen genutzt. In der zweiten Phase konnte zur Verhüttung von Rammelsberger Erzen zwar immer noch *Fagus*, *Acer* und *Picea* genutzt werden, jedoch standen diese wohl nicht mehr in ausreichender Menge im Umkreis zur Verfügung oder wurden anderweitig verwendet, sodass verstärkt auf minderwertiges Pioniergehölz mit niedrigem mD-Werten zurückgegriffen wurde (Tab. 28 und 29). Auffällig ist 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. Gerade im Fall des Huneberges ist dies von besonderem Interesse, da sich im Laufe des 12. und 13. Jahrhunderts langsam der Wandel von saisonal genutzten Schmelzplätzen zu mehrfach genutzten Plätzen vollzog (Bartels et al., 2007).

9.4.4 Silber-Schmelzplatz und Siedlung des 12. und 13. Jahrhunderts

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 verschiedener Holztaxa und grenzt sich hinsichtlich der Artenzusammensetzung deutlich von den bisher beschriebenen Schmelzplätzen ab. Zwar dominiert auch am Johanneser Kurhaus die Rot-Buche, jedoch wurden auch häufig Fichte, Birke, Ahorn und Hasel genutzt (Abb. 31). 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 ü. 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 mit den mit der Verhüttung und Siedlungsaktivität in Zusammenhang stehenden Befunden (s. Kap. 7.1.3) ergab keine Anzeichen für eine Selektion von bestimmten Holztaxa für verschiedene Arbeitsbereiche (Tab. 19 bis 26). 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 Rot-Buche, Hainbuche und Eiche an (Tab. 20). 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 Rot-Buche, Hainbuche und Eiche genutzt (Tab. 21). Bei den Abraumhalden ergibt sich ein ähnliches Bild. Besonders deutlich ist hier die Nutzung von Schwachholz (Tab. 24) sowie von Pioniergehölzen in der Phase 1. Da die Waldzusammensetzung während der Phase 1 noch deutlich einem Klimaxwald ohne hohe Beimengung von Pioniergehölzen ähnelt (Hillebrecht, 1989; Alper, 2003; Tab. 20 bis 26 und Abb. 57), liegt es nahe, dass der Anteil der Pioniergehölze in den Halden auf menschliche Selektion zurückgeht. Die wertvolleren Hölzer wie Rot-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 Rot-Buchen- und Ahornstämme mittlerer Größe zur Verhüttung verwendet. Pioniergehölze fehlen hier 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 wurden Pioniergehölze während der Phase 3a verkoht. 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. 20 bis 26 und Abb. 57).

In Phase 1 spiegelt das Holzkohlespektrum einen Ahorn-Buchen-Wald mit Fichte als Nebenbaumart wider. Im Umfeld des Johanneser Kurhauses wurden in den 80iger und 90iger 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. C14-datiert und weisen laut Hillebrecht (1982) auf eine frühmittelalterliche Waldnutzung hin. Anzeichen für solch eine frühe Waldnutzung konnten im Waldnutzungshorizont der Phase 1 nicht gefunden werden. Der frühe Eingriff des Menschen durch 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 Rot-Buche und Ahorn verkohlt (Gruben 1, 14, 15, 17, 19) während die zweite Gruppe durch Verwendung von Pioniergehölzen und Gehölzen feuchter Standorte 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 Rot-Buche und Ahorn. In den von Hillebrecht (1982) 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 Andrae (2003) untersuchten Bodenproben des Waldhorizontes (Befund 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. 57). Wie oben bereits erwähnt, wurden in der Phase 1 hauptsächlich Rot-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 Rot-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 Rot-Buche im Holzkohlespektrum auf. Während der Phase 3c sinken diese Werte abermals, während die Hainbuche ihr Maximum erreicht und die Pioniergehölze deutlich ansteigen.

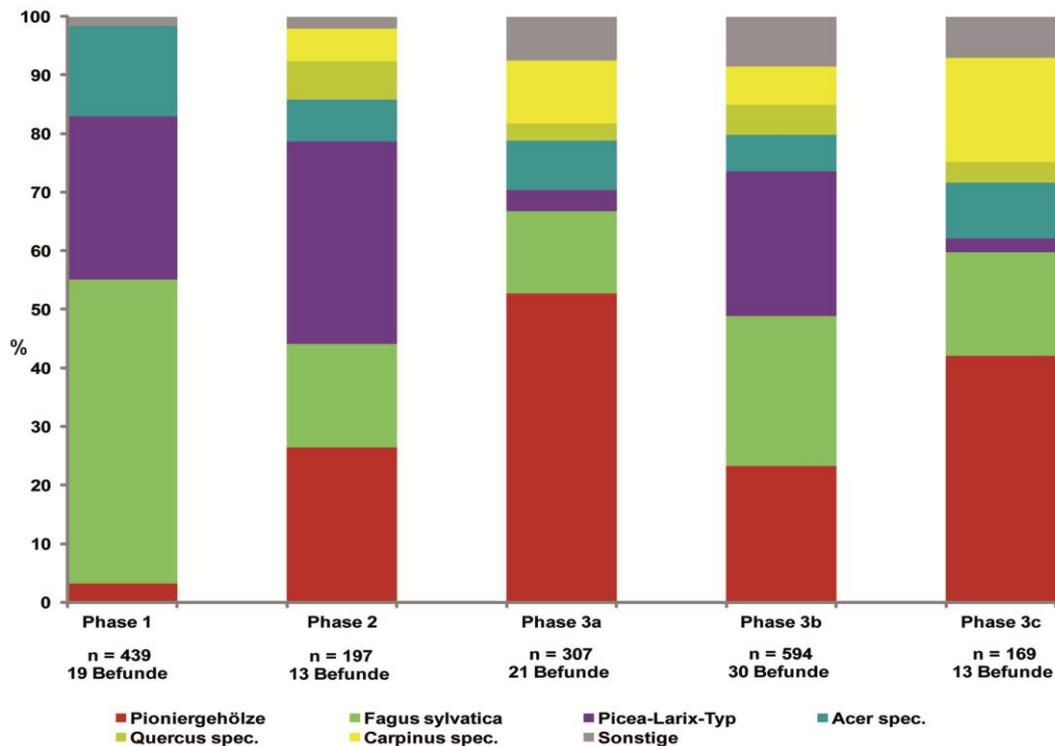


Abb. 57: Prozentualer Anteil der Holztaxa in den verschiedenen Phasen des Johanneser Kurhauses.

So lässt sich feststellen, dass im 10. – 11. Jahrhundert (Phase 1) überwiegend Rot-Buche, Ahorn und Fichte mit Starkholz genutzt wurden (Abb. 57). Während des 11. und 12. Jahrhunderts macht sich der Raubbau an den Wäldern deutlich im Holzkohlespektrum bemerkbar. In der Phase 2 geht die Nutzung von Schattenwaldarten (*Fagus*, *Acer*) 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 AD wird der Eingriff des Menschen in den Wald spürbar intensiver. Zwar stehen Rot-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 montangewerbliche 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 Rot-Buchen- und Fichtenholz für die Metallurgie. Im Laufe der Phase 3c und gegen Ende der Siedlungsaktivität scheinen die Rot-Buchen- und Fichtenbestände wieder weitgehend ausgebeutet zu sein und es muss erneut auf minderwertiges Pionierholz (Schwachholz) und die Hainbuche zurückgegriffen werden (Abb. 57).

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; vgl. Kap. 9.4.4 und 2.6). 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 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 keine 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 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). Rot-Buchen- und Ahornholzkohlen von Stämmen oder 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 (Davasse, 2000; Bonhote et al., 2002; Ludemann und Nelle, 2002; Nelle 2002; Nölken, 2005). Die Hainbuche kommt in der submontanen Stufe vor, im Harz bis max. 500 m (vgl. Rubner, 1953; Mayer, 1992). 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 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 Rot-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). 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 handelte, 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 wiederum 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.

9.4.5 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 Rot-Buchen- und Ahornbäume zur Verfügung, sodass es im Gegensatz zu den Meilerplätzen zu einer Bevorzugung der Rot-Buche bei der Kupferverhüttung kam. Die Rot-Buche stellt bei Untersuchungen im Rothaargebirge (Speier, 1994), dem Schweizer Jura (Pelet, 1993) und in Frankreich (vgl. Dunikowski und 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 auch (vgl. Ludemann, 1996, 1999; Ludemann und 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 wird hierbei die einfachere Aufbereitung, der leichtere Transport und die größere Oberfläche genannt. 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 Zwecke 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 Laubhölzer feststellen. Diese Phase der Holznutzung im Sulzbachtal während des 10. – 12. Jahrhunderts zeichnet sich durch die Nutzung von Holz mit kleinen Durchmessern 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 und Britsch, 1997; Nelle, 2001, 2003; Ludemann und 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 und Oegg, 2008), konnte aufgrund fehlender Proben aus dem direkten Umfeld von Stollen nicht nachgegangen werden. In den Halden fanden sich hierauf keine Hinweise.

10 Vergleich der Archive

Die Pollendiagramme SO, BBM1 und BTM1 unterscheiden sich in der Zusammensetzung der Palynoflora. Dies gilt besonders für die Anteile der Siedlungszeiger und von *Picea* und *Fagus* und reflektiert die unterschiedliche topographische Lage der Moore. Das Sonnenberger Moor liegt auf 758-862 m ü. NN und weist aufgrund der Nähe zum Harzvorland und den seit dem Mittelalter besiedelten Rumpfflächen des Harzes einen höheren Anteil an Siedlungs- und Grünlandzeigern auf als das Brockenbettmoor, das auf 895 bis 902 m ü. NN liegt. Das Blumentopfmoor liegt zwar mit 655 bis 680 m ü. NN im Vergleich zu den Hochmooren des Hochharzes sehr niedrig, jedoch ist der Anteil der Siedlungszeiger durch die geschützte Lage des Moores sehr gering. Das Profil BBM1 zeigt bis zum Hochmittelalter einen sehr geringen menschlichen Einfluss. Die hohen Fichtenanteile im PD deuten auf die Nähe zu den Fichtenkernzonen hin. Demgegenüber liegt das Sonnenberger Moor abseits der Fichtenareale des Hochharzes. Untersuchungen von Hillebrecht (1982) und Knapp (im Druck) zeigen für das Früh- und Hochmittelalter ein Vorkommen und eine Nutzung der Fichte im Oberharz. Im 11. bis 13. Jahrhundert deutet sich diese Nutzung der Fichte im Profil SO durch ein drastisches Absinken der Fichtenkurve an. Fichtenholz wurde wahrscheinlich zur Verhüttung von Gangerzen auf Blei und Silber im Oberharz genutzt (Knapp, im Druck). Die frühmittelalterliche Nutzung der Fichte lässt sich im Pollendiagramm BBM1 nicht feststellen. Dort fällt die Fichtenkurve erst im Hoch- und Spätmittelalter ab. Im Profil Sonnenberger Moor hingegen sinken die Anteile von *Picea* bereits im 9. Jahrhundert deutlich und zeigen somit wahrscheinlich die frühe lokale Nutzung von *Picea abies* im Oberharz.

In den drei untersuchten Pollenarchiven zeichnen sich darüber hinaus die Meilernutzung und die unterschiedlichen Phasen des Bergbaues im Harz besonders durch die Holzkohlepartikel ab. Auch hier dürften die Unterschiede auf die topographische Lage zurückzuführen sein. Das Profil SO reflektiert die Verhüttungstätigkeit und Holzkohleherstellung seit der Vorrömischen Kaiserzeit. Deutlich steigen die Anteile der Holzkohlepartikel im Diagramm mit Beginn der Verlagerung der Holzkohle-

produktion und Verhüttung ins Gebirge. Der Beginn der ersten Blütezeit findet sich genauso im Diagramm wieder, wie die Intensivierung der Holzkohleproduktion in stehenden Platzmeilern in der Neuzeit. Demgegenüber sind die Wälder im Umkreis des Brockenbettmoores bis zur 2. Bergbauperiode wahrscheinlich weitgehend unbeeinflusst von der Köhlerei. Erst mit Beginn der 2. und 3. Bergbauperiode und der Nutzung der Wälder im Hochharz durch die Köhler steigt auch der Gehalt an Holzkohlepartikel sprunghaft an.

Aufgrund des riesigen Energiebedarfes des Montanwesens sind seit der späten Neuzeit die Wälder des Harzes stark durch menschliche Fichtenaufforstung geprägt (Kison und Wernecke, 2004). So fehlt die Rot-Buche in weiten Bereichen der Buchen- und Bergmischwaldzone ab 500 m ü. NN weitgehend und *Picea abies* stockt auf etwa 80 % der Nationalparkfläche. Die Potenzielle Natürliche Vegetation kann daher nicht mehr durch die aktuelle Flora rekonstruiert werden. Neben der Rolle der Rot-Buche beim Aufbau der Bergmischwälder ist auch die Verbreitung des Ahorns im Harz wenig bekannt. So gilt *Acer pseudoplatanus* als typische Baumart buchengeprägter Wälder des Berglandes (Mayer, 1992) und kann dort auf skelettreichen und blockreichen Hangstandorten stärker hervortreten. *Acer* ist insektenbestäubt und ein geringer Pollenproduzent, dessen Pollen aufgrund seiner dünnen Exine in Pollenarchiven oft schlecht erhalten ist. Die Gattung ist deswegen in Pollendiagrammen häufig unterrepräsentiert und in den Diagrammen SO, BBM1 und BTM1 nur selten vertreten (Abb. 8 bis 10).

Das Vorkommen von *Acer*-Holzkohlen in fünf Meilerplätzen bis zu einer Höhe von 808 m ü. NN im Transekt Blumentopfmoor (Abb. 26) verdeutlicht das kleinräumige Vordringen der Gattung in ein Gebiet, das natürlicherweise von einem Buchen-Fichten-Bergwald bedeckt war. Im Brockenbettmoor finden sich keine Hinweise auf das Vorkommen von *Acer* im Hochharz während der PZ X. Dass die Gattung jedoch auch noch während der 2. und 3. Bergbauperiode im Bereich zwischen Königsberg und Heinrichshöhe vorkam, belegen die Ergebnisse der Holzkohleanalysen der beiden Transekte KB und BR (Abb. 17 und 20). Dort ließ sich *Acer* noch auf einer Höhe von 847 m (BR 1) und 828 m ü. NN (KB 8) nachweisen. Ferner unterstützen die ergänzenden anthrakologischen Untersuchungen am Renneckenberg die Vermutungen, dass *Salix*, *Alnus* und *Betula* im Umkreis des Blumentopfmoores wuchsen. Aufgrund der niedrigen Prozentwerte dieser Taxa im Pollenprofil BTM1 ist ein lokales Vorkommen fraglich. Die Funde von *Salix*, *Alnus* und *Betula* im Holzkohlebefund der

Meilerplätze beweist daher deutlich deren Existenz am Renneckenberg (Knapp et al., 2012). Auch *Betula* und *Alnus* könnten aufgrund der niedrigen Prozentwerte im Pollendiagramm BBM als regionaler Fernflug aus den Rodungsgebieten des Oberharzes betrachtet werden. Die Untersuchungen an Meilerholzkohlen zeigen auch hier, dass die beiden Arten in der Neuzeit noch regelmäßig auf feuchteren Bereichen wuchsen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass im Holzkohlebefund der Meilerplätze alle aufgrund der unterschiedlichen Standortbedingungen zu erwartenden Taxa gefunden wurden. Darüber hinaus ergänzen sich Pollen- und Holzkohleanalyse. So unterstützt der Holzkohlebefund die Vegetationsrekonstruktion anhand der Palynoflora und liefert wichtige Zusatzinformationen über das lokale Auftreten von Gehölztaxa, die in den Pollendiagrammen schwer zu fassen oder aufgrund der hohen Pollenproduktion und der guten Transporteigenschaft des Pollen nicht der unmittelbaren Umgebung der Archive zugerechnet werden können. Die Kombination und der Vergleich der beiden Analysemethoden birgt die Möglichkeit, deren Nachteile zu ausgleichen und erlaubt eine bessere Interpretation der Vegetationsdynamik und der Interaktion des Menschen mit seiner Umwelt.

11 Ausblick

Zur weiteren Klärung der Frage nach einem vermuteten bronzezeitlichen Bergbau im Harz sind im Gebiet zwischen Wernigerode und Elbingerode und im Umkreis des Rammelsberges weitere Untersuchungen wünschenswert. Der Elbingeroder Komplex und auch der Bergbaudistrikt Hasserode (Wernigerode) sind hierfür besonders geeignet. In beiden Gebieten gibt es aus archäologischer Sicht Anzeichen für menschliche Aktivität in der Bronzezeit (Schneider, 1982; Alper, 2008). Hämatit aus dem Elbingeroder Komplex wurde in mehreren Siedlungen der römischen Kaiserzeit im Harzvorland gefunden (Alper, 2008). Neben weiteren Analysen und Untersuchungen, wie sie schon Robin et al. (2012) und Knapp et al. (2012) durchgeführt haben, sind für diese Gebiet besonders chemische und isotopenanalytische Verfahren von Interesse. Hierzu sind jedoch Prospektionen nach geeigneten Sedimentfallen notwendig, die hochauflösende Paläo-Umweltrekonstruktionen der letzten 2000 bis 3000 Jahre ermöglichen. Im Harz sind dies überwiegend Hoch- und Niedermoore. Diese ermöglichen neben der paläobotanischen

Rekonstruktion der Umwelt parallel auch deren geochemische Untersuchung. Hochmoore können als geeignete Archive für atmosphärische Aerosole genutzt werden (Görres, 1991; Kempfer, 1996; Kempfer et al., 1997), wobei dem Eintrag von atmosphärischem Blei (Pb) und Quecksilber (Hg) eine besondere Rolle zur Untersuchung der Bergbaugeschichte zukommt (Shotyk et al., 1997; Kempfer und Frenzel, 2000; Clou et al., 2005; Mighall et al., 2009,). Wichtig ist bei der Untersuchung des Blei-Isotopen-Verhältnisses der Torfproben ($^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) diese mit paläobotanischen Analysen zu kombinieren (Monna et al., 2004a,b; Jouffroy-Bapicot et al., 2007; Breitenlechner et al., 2010) und neben Pb und Hg kann u.a. Titan als ein Indikator für Rodungen und steigende Bodenerosion genutzt werden (Görres und Frenzel, 1993). Breitenlechner et al. (2010) und Shotyk et al. (2000) zeigten, dass neben Hochmooren für diese geochemischen Analysen auch Niedermoore geeignet sind.

Die Kombination von Pollenanalyse und geochemischen Analysen bieten somit eine gute Möglichkeit, frühere Bergbauaktivitäten und ihren Einfluss auf die Paläoökologie des Harzes zu untersuchen, wie dies u.a. von Breitenlechner et al. (2010) für die Alpen getan wurde.

In den Mooren und Sedimentfallen lassen sich ehemalige Bergbauaktivitäten lediglich indirekt nachweisen. Zudem lassen sich kaum Aussagen über das Alltagsleben und die Ressourcennutzung (Holz, Holzkohle) der Hütten- und Bergleute treffen. Hierfür sind paläobotanische Untersuchungen an Relikten des Montanwesens (z. B. Siedlungsbefunde, Verhüttungsplätze oder Stollen und Hinterlassenschaften des Tagebaues) notwendig. Im Bereich des Rammelsberges (Westharz, bei Goslar) und des dortigen „Alten Lager“ bietet sich aktuell die einmalige Gelegenheit den frühen Bergbau im Harz paläobotanisch in situ zu untersuchen. In den erwarteten Ablagerungen mit einer Mächtigkeit von rund 5 m lässt sich wahrscheinlich das Alltagsleben der Berg- und Hüttenleute bis zum Beginn des Bergbaues am Rammelsberg erforschen. Hierzu ist es allerdings notwendig, systematisch und nach standardisierten Verfahren Bodenproben für die archäobotanische und anthrakologische Untersuchungen zu entnehmen. Neben den archäobotanischen Untersuchungen sind auch hier wiederum geochemische Analysen zur Klärung des frühen Bergbaues und der Mensch-Umwelt-Beziehung unabdingbar und sollten parallel durchgeführt werden.

Neben Fragen zur frühen Landnutzung und dem Bergbau im Harz sind ergänzende Untersuchungen in Hinblick auf die Differenzierung zwischen menschlichen und klimatischen Vegetationsänderungen bzw. der Unterscheidung zwischen Klimasignalen und anthropogenen Signalen von besonderem Interesse. Zum besseren Verständnis der Wechselbeziehung zwischen Mensch, Klima und Vegetation eignen sich Klima-Transferfunktionen (u.a. pdf-Methode und MAT), da Pollenvergesellschaftungen neben qualitativen Angaben über Paläoökosysteme und über menschliche Einflüsse auf die Phytocoenosen auch quantitative paläoklimatische Aussagen erlauben. Zur Validierung der verschiedenen quantitativen Rekonstruktionsmethoden ist es jedoch notwendig, diese parallel an einem hochauflösenden Datensatz anzuwenden. Speziell die Frage, inwieweit die Methoden robust gegenüber nicht klimatisch induzierten Änderungen in der Physionomie und Artenzusammensetzung der Pflanzengesellschaften sind ist von Interesse. Auch muss weiter untersucht werden, wie sensibel diese gegenüber den Vegetationsänderungen im Holozän sind, wobei besonders räumliche und zeitliche Unterschiede zwischen Klima (über-regional) und den subfossilen Pollenspektren (lokal bis regional) zu beachten sind. Hierzu ist es notwendig, neben den pollenbasierten Paläoklima- und Paläoumweltrekonstruktionen auch nicht-botanische Proxies mit einzubeziehen. Dies ist gerade im Hinblick auf die Frage wichtig, inwieweit der menschliche Einfluss anstelle des Klimas Auswirkungen auf die quantitativen Rekonstruktionsmethoden hat. Speziell im mittleren bis späten Holozän ist der Mensch hier eine große potenzielle Fehlerquelle. Da die Klimaschwankungen zudem nur von geringer Intensität sind (Davis et al., 2003; Davis und Brewer, 2009; Kühl et al., 2010), kann der menschliche Einfluss leicht die Klimasignale überdecken (Magny et al., 2009). Zusätzlich ist es mit den steigenden menschlichen Eingriffen in die Natur immer schwieriger, zwischen klima- und menshinduzierten Vegetationsänderungen zu unterscheiden (vgl. Guiot et al., 2005; Corona et al., 2008; Kühl et al., 2010, 2011).

Zur Klärung dieser Unsicherheiten bieten besonders Isotopenuntersuchungen an Torfmoosen (*Sphagnum* L.) einen guten Ansatz (u.a. Moschen et al., 2009, 2010; 2011; Kühl et al., 2010; Kühl und Moschen, 2011). Wie sich zeigte, spielen hierbei Untersuchungen von $\delta^{13}\text{C}_{\text{cellulose}}$ und $\delta^{18}\text{O}_{\text{cellulose}}$ eine große Rolle, da diese Isotopenverhältnisse ein hohes Potenzial zur quantitativen Rekonstruktion der Paläo-Temperatur und Paläo-Hydrologie an der Mooroberfläche besitzen (u.a. Pendall et al., 2001; Skrzypek et al., 2007; Hong et al., 2009; Loisel et al., 2010; Tillman et al.,

2010). Sinnvoll ist es daher, diese nicht-botanischen Proxies am gleichen Torfprofil anzuwenden und mit den paläobotanischen Ergebnissen zu vergleichen. Die Kombination zwischen den unterschiedlichen Archiven (Archäologische Fundstätte, Torfprofile, Kolluvien) und Methoden (Geochemie, Makrorest- und Holzkohleanalyse, Pollenanalyse, und Isotopengeochemie) ermöglicht somit eine detailliertere Rekonstruktion der Interaktion zwischen Mensch, Vegetation und Klima und der Wechselwirkung zwischen diesen.

13 Literaturverzeichnis

- Aalbersberg, G., Litt, T., 1998. Multiproxy climate reconstructions for the Eemian and Early Weichselian. *Journal of Quaternary Science* 13, 367–390.
- Atkinson, T.C., Briffa, K.R., Coope, G. R., 1987. Seasonal temperatures in Britain during the past 22.000 years, reconstructed using beetle remains. *Nature* 325, 587–592.
- Alley, R.B., Marotzke, J., Nordhaus, W.D., Overpeck, J.T., Peteet, D.M., Pielke Jr., R.A., Pierrhumbert, R.T., Rhines, P.B., Stocker, T.F., Talley, L.D., Wallace, J.M., 2003. Abrupt Climate Change. *Science* 299, 2005–2010.
- Alper, G., 1998. Mittelalterliche Blei- und Silberverhüttung beim Johanneser Kurhaus, Clausthal-Zellerfeld (Harz). *Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte* 67, 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 den Deutschen Bergbau-Museum Bochum* 161, 467–488.
- Andersen, S.T., 1970. The relative pollen productivity and pollen representation of North European trees, and correction factors for tree pollen spectra determined by surface pollen analyses from forests. *Danmarks geologiske Undersøgelse II*, 96, 1–99.
- Andersen, S.T., 1979. The relative pollen productivity of the common forest trees in the early Holocene in Denmark. *Danmarks geologiske Undersøgelse, Arbog*, 5–19.
- Andrea, C., 1990. Paläoethnobotanische Untersuchungen pflanzlicher Makroreste aus dem Bachbett. In: L., Klappauf, F.-A., Linke (Hrsg.), *Düna I. Das Bachbett vor Errichtung des repräsentativen Steingebäudes Grundlagen zur Siedlungsgeschichte. Materialhefte zur Ur- und Frühgeschichte Niedersachsens* 22. August Lax, Hildesheim, 153–199.
- 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, 407–412.
- Bartels, C., 2003. Die Entwicklung des Bergbaus im nordwestlichen Harz bis zum Beginn der Industrialisierung: Bergbau – eine Großveranstaltung? *Siedlungsforschung – Archäologie – Geschichte – Geografie* 21, 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, 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. In: C. Bartels, K. H. Kaufhold, R. Slotta (Hrsg.), *Montanregion Harz 8*, Bochum.
- Bartens, H., 1990. Untersuchungen über die Vegetationsgeschichte des Bruchberges im Oberharz. Diplomarbeit, Universität zu Göttingen.
- Baumann, K., 1999. Vegetation, Verbreitung und Gefährdung basenreich-nährstoffarmer Sümpfe im sachsen-anhaltinischen Harz. *Mitteilungen zur floristischen Kartierung in Sachsen-Anhalt* 4, 31–44.
- Baumann, K., 2009. Entwicklung der Moorvegetation im Nationalpark Harz. *Schriftenreihe aus dem Nationalpark Harz* 4, 1–244.
- Begemann, I., 2003. Palynologische Untersuchungen zur Geschichte von Umwelt und Besiedlung im südwestlichen Harzvorland (unter Einbeziehung geochemischer Befunde). Dissertation, Universität zu Göttingen.
- Behre, K.-E., 1981. Zur Nahrungsgüterwirtschaft der Wikingerzeit im nördlichen Mitteleuropa. *Zeitschrift für Archäologie* 15, 25–40.
- Behre, K.-E., Kučan, D., 1986. Die Reflektion archäologisch bekannter Siedlungen in Pollendiagrammen verschiedener Entfernung - Beispiele aus der Siedlungskammer Flögelin, Nordwestdeutschland. In: K.-E. Behre (Hrsg.), *Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams*, Rotterdam, Boston, 95–114.
- 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, 261–339.
- Beug, H.J., 2004. *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*. Pfeil, München.
- Beug, H.J., Henrion, I., Schmäser, A., 1999. *Landschaftsgeschichte im Hochharz*. Gesellschaft zur Förderung des Nationalparks Harz e.V., Goslar.
- Birks, H.H., 1994. Late-glacial vegetational ecotones and climatic patterns in Western Norway. *Vegetation History and Archaeobotany* 3, 107–119.

-
- Blaich, C. M., 2005. Montanarchäologische Untersuchungen im Pandelbach bei Münchehof/Seesen – durch Zisterzienser geprägte Kulturlandschaft. *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 25, 49–51.
- Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., deMenocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I., Bonani, G., 1997. A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and Glacial climates. *Science* 278, 1257–1266.
- Bonhote, J., Davasse, B., Dubois, C., Izard, V., Métaillé, J.P., 2002. Charcoal kilns and environmental history in the eastern Pyrenees (France). A methodological approach. In: S. Thiébaud (Hrsg.), *Charcoal analysis. Methodological approaches, palaeoecological results and wood uses.* British Archaeological Reports 1063, Oxford, 219–228.
- Brinkmann, A., 1994. Untersuchungen über die Vegetations- und Landschaftsgeschichte in höheren Lagen des Nationalparks Harz (Sachsen-Anhalt). Diplomarbeit, Universität zu Göttingen.
- Breitenlechner, E., Hilber, M., Lutz, J., Kathrein, Y., Unterkircher, A., Oeggel, K., 2010. The impact of mining activities on the environment reflected by pollen, charcoal and geochemical analyses. *Journal of Archaeological Science* 37, 1458–1467.
- 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.* Niemeyer, Hameln, 39–41.
- Brockner, W., Klemens, D., Leveque, J., Haack, U., 1999. Archäometrische Untersuchungen metallischer Funde aus Mittelbronze- bis Kaiser-zeitlichen Grabhügeln nahe Müllingen, Landkreis Hannover. *Neue Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen* 22, 143–157.
- Bronk Ramsey, C., 2001. Development of the radiocarbon calibration program OxCal. *Radiocarbon*, 43(2A), 355–363.
- Cappers, J.T.R., Bekker, M.R., Jans, A.E.J., 2006. *Digitale zadenatlas van Nederland – Digital Seed Atlas of the Netherlands.* Groningen Archaeological Studies 4. Barkhuis Publishing, Eelde.
- Chen, S.-H., 1982. Neue Untersuchungen über die Spät- und Postglaziale Vegetationsgeschichte im Gebiet zwischen Harz und Leine. Dissertation, Universität zu Göttingen.
- Cloy, J.M., Farmer, J.G., Graham, M.C., Mackenzie, A.B., Cook, G.T., 2005. A comparison of antimony and lead profiles over the past 2500 years in Flanders Moss ombrotrophic peat bog, Scotland. *Journal of Environmental Monitoring* 7, 1137–1147.
- Conedera, M., Tinner, W., Neff, C., Meurer, M., Dickens, F.A., Krebs, F., 2009. Reconstructing past fire regimes: methods, applications, and relevance to firemanagement and conservation. *Quaternary Science Reviews* 28, 555–576.
-

-
- 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. Martin Galunder, Nümbrecht-Elsenroth.
- Corona, C., Guiot, J., Edouard, J.L., Chalié, F., Buntgen, U., Nola P., Urbinati, C., 2008. Millennium-long summer temperature variations in the European Alps as reconstructed from tree rings. *Climate of the Past Discussions* 4, 1159–1201.
- 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. Geode, Toulouse.
- Davis, B., Brewer, S., 2009. Orbital forcing and role of the latitudinal insolation/temperature gradient. *Climate Dynamics* 32, 143–165.
- Davis, B.A.S., Brewer, S., Stevenson, A.C., Guiot, J., 2003. The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data. *Quaternary Science Reviews* 22, 1701–1716.
- Deicke, M., 2000. Geologie und Lagerstätten des Harzes. In: C. Segers-Glocke (Hrsg.), Auf den Spuren einer frühen Industrielandschaft. Naturraum – Mensch – Umwelt im Harz. Niemeyer, Hameln, 42–46.
- Deicke, M., 2003. Erdfallablagerungen des südlichen Harzvorlandes - Archive der Umweltgeschichte der letzten Jahrtausende. Dissertation, Universität zu Göttingen.
- Denzer, V., 1996. Relikte und persistente Elemente einer ländlich geprägten Kulturlandschaft mit Vorschlägen zur Erhaltung und methodisch-didaktischen Aufbereitung am Beispiel von Waldhufensiedlungen im Südwest-Spessart. *Mainzer Geographische Studien* 43.
- Drachenfels, O., 1990. Naturraum Harz – Grundlagen für ein Biotopschutzprogramm. *Naturschutz, Landschaftspflege Niedersachsen* 19, 1–100.
- Dunikowski, C., Cabbol, S., 1996. La sidérurgie chez les Sénons: Les ateliers celtiques et gallo-romains des Clérimois (Yonne). *DOC. D'archéologie Française* 51, Paris.
- Ellenberg, H., 1996. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Ulmer, Stuttgart.
- Ellwanger, G., 1995. Die Vegetation der Moore des Brockens. Diplomarbeit, Universität zu Göttingen.
- Elias, S.A., 2000. Late Pleistocene climates of Beringia, based on analysis of fossil beetles. *Quaternary Research* 53, 229–235.
- Emmerich, A., Schmidt, W., 1997. Zur Naturnähe der Wälder im Nationalpark Harz. Untersuchungen im Bereich des Naturwaldreservates „Sonnenkopf“. *Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover* 139, 75–88.

-
- Faegri, K., Iversen, J., 1989. Textbook of Pollen Analysis. John Wiley & Sons, Chichester.
- Firbas, F., 1949. Allgemeine Waldgeschichte - Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte nördlich der Alpen. Fischer, Jena.
- Firbas, F., 1952. Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen: Waldgeschichte der einzelnen Landschaften. Fischer, Jena.
- Fleitmann, D., Mudelsee, M., Burns, S., Bradley, R., Kramers, J., Matter, A., 2008. Evidence for a widespread climatic anomaly at around 9.2 ka before present. *Paleoceanography* 23, 1–6.
- Franzke, H.J., Voigt, T., v. Eynatten, H., Brix, M.R., Burmester, G., 2004. Geometrie und Kinematik der Harznordrandstörung, erläutert an Profilen aus dem Gebiet von Blankenburg. *Geowissenschaftliche Mitteilungen von Thüringen* 11, 39–62.
- Glässer, R., 1994. Das Klima im Harz. Dr. Kovač, Hamburg.
- Görres, M., 1991. Über den Eintrag anorganischer Nährstoffe in ombrogene Moore als Indikator der ehemaligen Aerosolbelastung. *Dissertationes Botanicae* 181. Cramer, Berlin – Stuttgart.
- Görres, M., Frenzel, B., 1993. The Pb, Br, and Ti content in peat bogs as indicators for recent and past depositions. *Naturwissenschaften* 80, 333–335.
- Grichuk, V. P., 1969. An attempt to reconstruct certain elements of the climate of the Northern Hemisphere in the Atlantic Period of the Holocene. In: M. I. Neishtadt (Hrsg.), *The Holocene* Izd-vo Nauka, Moskow, 41–57.
- Greger, O., 1991. Erfassung von Relikten des autochthonen Fichtenvorkommens im Hochharz. Dissertation, Universität zu Göttingen.
- Guiot, J., 1990. Methodology of the last climatic cycle reconstruction in France from pollen data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 80, 49–69.
- Guiot, J., Pons, A., de Beaulieu, J.-L., and Reille, M., 1989. A 140.000-year climatic reconstruction from two European pollen records. *Nature* 338, 309–313.
- Guiot, J., Nicault, A., Rathgeber, C., Edouard, J.L., Guibal, F., Pichard, G., Till, C., 2005. Last-millennium summer-temperature variations in western Europe based on proxy data. *The Holocene* 15, 489–500.
- Haase, H., 1954. Das neue Bild der Niederschlagsverteilung im Harz. *Roemeriana* 1, 145–154.
- 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. Hahn, Hannover, 11–20.
- Heiss, G.A., Oeggl, 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, 211–221.
- Henrion, I., 1990. Neue Pollendiagramme aus dem Frühpostglazial des Oberharzes. *Tuexenia* 10, 513–522.
- Hettwer, K., 1999. Stoffbestand und Schwermetall – Anomalien eines Moorprofiles der Erdfallsenke "Silberhohl" bei Seesen (Westharz). Diplomarbeit, Universität zu Göttingen.
- Hettwer, K., Deicke, M., Ruppert, H., 2003. Fens in karst sinkholes – archives for long lasting immission chronologies. *Water, Air and Soil Pollution* 149, 364–384.
- Hillebrecht, L.M., 1982. Die Relikte der Holzkohlewirtschaft als Indikatoren für Waldnutzung und Waldentwicklung – Untersuchungen an Beispielen aus Südniedersachsen. *Göttinger geographische Abhandlungen* 79.
- Hillebrecht, L.M., 1989. Energiegewinnung auf Kosten der Umwelt. *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 9, 80–85.
- Hoek, W.Z., Bos, J.A.A., 2007. Early Holocene climate oscillations – causes and consequences. *Quaternary Science Reviews* 26, 1901–1906.
- Hong, Y.T., Hong, B., Lin, Q.H., Shibata, Y., Zhu, Y.X., Leng, X.T., Wang, Y., 2009. Synchronous climate anomalies in the western North Pacific and North Atlantic regions during the last 14.000 years. *Quaternary Science Reviews* 28, 840–849.
- Hou, J., Huang, Y., Shuman, N.B., Wyatt, W.O., Foster, R.D., 2011. Abrupt cooling repeatedly punctuated early-Holocene climate in eastern North America. *The Holocene*, Online first, doi:10.1177/0959683611427329.
- Hövermann, J., 1963. Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 99 Göttingen. *Geographische Landesaufnahme 1:200000. Naturräumliche Gliederung Deutschlands*.
- Hildebrandt, H., Heuser-Hildebrandt, B., Stumböck, M., 2001. Bestandesgeschichtliche und kulturlandschaftsgenetische Untersuchungen im Naturwaldreservat Stelzenbach, Forstamt Nassau, Revier Winden. *Pollenanalyse aus Geländemulden und Auswertung von Holzkohlenspektren historischer Meilerplätze. Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv* 25, 1–83.
- Hildebrandt, H., Heuser-Hildebrandt, B., Wolters, S., 2007. Kulturlandschaftsgenetische und Bestandesgeschichtliche Untersuchungen anhand von Kohlholzspektren aus historischen Meilerplätzen, Pollendiagrammen und archivalischen Quellen im Naturpark Pfälzerwald. *Forstamt Johanniskreuz, Mainz*.
- Iversen, J., 1944. *Viscum*, *Hedera* and *Ilex* as climate indicators. *Geologiska Foereningens i Stockholm foerhandlingar* 66, 463–483.

-
- Jacomet, S., Brombacher, C., Dick, M., 1989. Archäobotanik am Zürichsee. Ackerbau, Sammelwirtschaft und Umwelt von neolithischen und bronzezeitlichen Seeufersiedlungen im Raum Zürich. Zürcher Denkmalpflege, Monographien 7. Orell Füssli, Zürich.
- Jacomet, S., Kreuz, A., 1999. Archäobotanik: Aufgaben, Methoden und Ergebnisse vegetations- und agrargeschichtlicher Forschung. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Jensen, U., 1987. Die Moore des Hochharzes – Allgemeiner Teil. Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen 15.
- Jensen, U., 1990. Die Moore des Hochharzes – Spezieller Teil. Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen 23.
- Jeschke, L., 2001. Strukturuntersuchungen in den Mooren des Nationalparks Hochharz. Nationalpark Hochharz.
- Jouffroy-Bapicot, I., Pulido, M., Baron, S., Galop, D., Monna, F., Lavoie, M., Ploquin, A., Petit, Ch., de Beaulieu, J.-L., Richard, H., 2007. Environmental impact of early palaeometallurgy: pollen and geochemical analyses. *Vegetation History and Archaeobotany* 16, 251–258.
- Juggins, S., 2007. C2 Version 1.5 User guide. Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualisation, Newcastle upon Tyne, Newcastle.
- Karste, G., Schubert, R., 1997. Sukzessionsuntersuchungen zur Renaturierung subalpiner Mattenvegetation auf der Brockenkuppe (Nationalpark Hochharz). *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung* 39, 103–138.
- Karste, G., Schubert, R., Kison, H.-U., Wegener, U., 2005. Strukturerofassung in ausgewählten Waldgesellschaften im Nationalpark Harz (Sachsen-Anhalt). *Mitteilung zur floristischen Kartierung in Sachsen-Anhalt* 10, 3–28.
- Karste, G., Schubert, R., Kison, H.-U., Wegener, U., 2006. Die Pflanzengesellschaften des Nationalparks Harz (Sachsen-Anhalt) – Eine kommentierte Vegetationskarte. *Forschungsberichte aus dem Wissenschaftsbereich des Nationalparks, Wernigerode*.
- Kempton, H., 1996. Der Verlauf des anthropogenen Elementeintrags in Regenwassermoore Mitteleuropas während des jüngeren Holozäns. *Paläoklimaforschung* 26, 1–309.
- Kempton, H., Görres, M., Frenzel, B., 1997. Ti and Pb concentrations in rainwater-fed bogs in Europe as indicators of past anthropogenic activities. *Water, Air and Soil Pollution* 100, 367–377.
- Kempton, H., Frenzel, B., 2000. The impact of early mining and smelting on the local tropospheric aerosol detected in ombrothrophic peat bogs in the Harz, Germany. *Water, Air and Soil Pollution* 105, 55–70.
- Kirleis, W., Kloß, S., Kroll, H., Müller, J., 2012. Crop growing and gathering in the northern German Neolithic: a review supplemented by new results. *Vegetation History and Archaeobotany* 21,
-

-
- 221–242.
- Kison, H.-U., Wernecke, J., 2004. Die Farn und Blütenpflanzen des Nationalparks Hochharz. Forschungsbericht, Wernigerode.
- Klappauf, L., 1985. Ausgrabungen des frühmittelalterlichen Herrensitzes von Düna/Osterode. In: K., Wilhelmi (Hrsg.), Ausgrabungen in Niedersachsen, Archäologische Denkmalpflege 1979–1984. Hannover, 222–230.
- Klappauf, L., 1986. Archäologische Prospektion, Befunde und Funde des frühmittelalterlichen Herrensitzes zu Düna. Arbeitshefte zur Demkmalpflege in Niedersachsen, 47–59.
- 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. Niemeyer, Hameln, 19–27.
- Klappauf, L., 2002. Montanarchäologie erforscht altes Montanrevier. Metall 4/56, 602–606.
- 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 16, Bochum, 227–235.
- Klappauf, L., 2009. Frühe Industrielandschaft Harz – Ein Bodenarchiv ersten Ranges. Die Kunde 60, 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 Dippoldiswalde 9. bis 11. September 2010. Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege, Beiheft 22. Dresden, 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, 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, 65–76.
- Klappauf, L., Kammer, C., 2002. Montanarchäologen erforschen altes Montanrevier. Metall 4/56, 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.
- 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, 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 Landkreis Goslar. Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 18, 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 1. Mainz, 417–426.
- Knapp, H., im Druck. 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?. Nachrichten aus Niedersachsen Ur- und Frühgeschichte, 2012.
- Knapp, H., Robin, V., Kirleis, W., Nelle, O., 2012. Woodland history in the upper Harz Mountains revealed by kiln site, soil sediment and peat charcoal analyses. Quaternary International 1–13, im Druck.
- König, W., 2008. Zeitliche und genetische Einordnung von tertiären Sedimentvorkommen im Mittelharz und im Harzvorland – Ein Beitrag zur Reliefentwicklung und Karstmorphogenese im Harz. Dissertation, Universität Halle-Wittenberg.
- Kotthoff, U., 2008. Reaktion terrestrischer und mariner Primärproduzenten auf abrupte Klimaänderungen im Spätglazial und Holozän des nordöstlichen Mittelmeerraums: ein palynologischer Ansatz. Dissertation, Universität Frankfurt.
- Kotthoff, U., Pross, J., Müller, U.C., Peyron, O., Schmiedl, G., Schulz, H., Bordon, A., 2008. Climate dynamics in the borderlands of the Aegean Sea during deposition of Sapropel S1 deduced from a marine pollen record. Quaternary Science Reviews 27, 832–845.
- Kotthoff, U., Koutsodendris, A., Pross, J., Schmiedel, G., Bornemann, A., Kaul, C., Marino, G., Peyron, O., Schiebel, R., 2011. Impact of Lateglacial cold events on the northern Aegean region reconstructed from marine and terrestrial proxy data. Journal of Quaternary Science 26, 86–96.
-

-
- Krause, A., 1997. Der Meilerplatz als indirektes Forstarchiv. *Forst und Holz* 52, 683–684.
- 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, 47–49.
- Kubitz, B., 2000. Die holozäne Vegetations- und Siedlungsgeschichte in der Westeifel am Beispiel eines hochauflösenden Pollendiagrammes aus dem Meerfelder Maar. *Dissertationes Botanicae* 339, Cramer, Berlin – Stuttgart.
- Kühl, N., 2003. Die Bestimmung botanisch-klimatologischer Transferfunktionen und die Rekonstruktion des bodennahen Klimazustandes in Europa während der Eem-Warmzeit. *Dissertationes Botanicae* 375. Cramer, Berlin.
- Kühl, N., Moschen, R., 2011. A combined pollen and $\delta^{18}\text{O}$ *Sphagnum* record of mid-Holocene climate variability from Dürres Maar (Eifel, Germany). *The Holocene*, online first, DOI: 10.1177/0959683612441838.
- Kühl, N., Gebhardt, C., Litt, T., Hense, A., 2002. Probability Density Functions as Botanical-Climatological Transfer Functions for Climate Reconstruction. *Quaternary Research* 58, 381–392.
- Kühl, N., Litt, T., 2003. Quantitativ time series reconstruction of Emian temperature at three European sites using pollen data. *Vegetation History and Archaeobotany* 12, 205–214.
- Kühl, N., Moschen, R., Wagner, S., Brewer, S., Peyron, O., 2010. A multiproxy record of late Holocene natural and anthropogenic environmental change from the *Sphagnum* peat bog Dürres Maar, Germany: implications for quantitative climate reconstructions based on pollen. *Journal of Quaternary Science* 25, 675–688.
- Lang, G., 1994. *Quartäre Vegetationsgeschichte Europas: Methoden und Ergebnisse*. Fischer, Jena – Stuttgart – New York.
- Lehmann, R., 2011. *Archäometallurgie von mittelalterlichen deutschen Silberbarren und Münzen*. Dissertation, Universität Hannover.
- Liessmann, W., 2011. *Historischer Bergbau im Harz – Kurzführer*. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York.
- Linke, F.-A., 1998. Kupferschmelzofen. *Archäologie in Deutschland* 1, 42.
- Long, A., Sher, A., Vartanyan, S., 1994. Holocene mammoth dates. *Nature* 369, 364.
- Loisel, J., Garneau, M., Helie, J.-F., 2010. *Sphagnum* delta C-13 values as indicators of palaeohydrological changes in a peat bog. *The Holocene* 20, 285–291.
- 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, 87–118.
- Ludemann, T., 1999: Holzkohle – Energiequelle für den Bergbau, Informationsquelle für die Wissenschaft. Archäologische Information 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, 645–666.
- Ludemann, T., 2006a. Holzkohle als Archiv der Geschichte und Geobotanik – Ergebnisse und Potenzial anthrakologischer Forschungen im Mittelgebirgsraum Zentraleuropas. Habilitationsschrift Universität Freiburg.
- 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. Oxford, 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, 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, 147–127.
- Ludemann, T., 2010. Past fuel wood exploitation and natural forest vegetation in the Black Forest, the Vosges and neighbouring regions in western Central Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 291, 154–165.
- Ludemann, T., Britsch, T., 1997. Wald und Köhlerei im nördlichen Feldberggebiet/Südschwarzwald. *Mitteilung badischer Landesverein Naturkunde Naturschutz N.F.* 16, 487–526.
- Ludemann, T., Nelle, O., 2002. Die Wälder am Schauinsland und ihre Nutzung durch Bergbau und Köhlerei. *Freiburger Forstliche Forschung* 15, Freiburg.
- Ludemann, T., Michiels, G.H., Nölken, W., 2004. Spatial patterns of past wood exploration, natural wood supply and growth conditions: indications of natural tree species distribution by anthracological studies of charcoal-burning remains. *European Journal of Forest Research* 123, 283–292.
- Magny, M., Vannière, B., de Beaulieu, J.-L., Bégeot, C., Heiri, O., Millet, L., Peyron, O., Walter-Simonnet, A.-V., 2007. Early-Holocene climatic oscillations recorded by lake-level fluctuations in west-central Europe and in central Italy. *Quaternary Science Reviews* 26, 1951–1964.
- Magny, M., Peyron, O., Gauthier, E., Rouéche, H., Bordon, A., Billaud, Y., Chapron, E., Marguet, A.,
-

-
- Pétrequin, P., Vanni re, B., 2009. Quantitative reconstruction of climatic variations during the Bronze and early Iron ages based on pollen and lake-level data in the NW Alps, France. *Quaternary International* 200, 102–110.
- Magny, M., Arnaud, F., Holzhauser, H., Chapron, E., Debret, M., Desmet, M., Leroux, A., Millet, L., Revel, M., Vanni re, B., 2010. Solar and proxy-sensitivity imprints on palaeohydrological records for the last millennium in westcentral Europe. *Quaternary Research* 73, 173–179.
- Magny, M., Peyron, O., Gauthier, E., Vanni re, B., Millet, L., Vermot-Desroches, B., 2011. Quantitative estimation of temperature and precipitation changes over the last millennium from pollen and lake-level data at Lake Joux, Swiss Jura Mountains. *Quaternary Research* 75, 45–54.
- Maher, L.J., Jr., 1981. Statistics for microfossil concentration measurements employing samples spiked with marker grains. *Review of Palaeobotany and Palynology* 32, 153–191.
- Matschullat, J., Niehoff, N., P rtge, K.H., 1992. Bergbau- und Zivilisationsgeschichte am Beispiel eines Auenlehmprofils der Oker, Niedersachsen. *Neue Bergbautechnik* 22/8, 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, 105–114.
- Mayer, H., 1992. *Waldbau auf soziologisch- kologischer Grundlage*. Gustav-Fischer, Stuttgart-New York.
- Mayewski, P.A., Rohling, E.J., Stager, J.C., Karl n, W., Maasch, K.A., Meeker, L.D., Meyerson, E.A., Gasse, F., van Kreveland, S., Holmgren, K., Lee-Thorp, J., Rosqvist, G., Rack, F., Staubwasser, M., Schneider, R., Steig, E., 2004. Holocene climate variability. *Quaternary Research* 62, 243–255.
- Meusel, H., J ger, E., 1992. *Vergleichende Chorologie der zentraleurop ischen Flora, Band III*. Fischer, Jena.
- Mighall, T.M., Timberlake, S., Foster, I.D.L., Krupp, E., Singh, S., 2009. Ancient copper and lead pollution records from a raised bog complex in Central Wales, UK. *Journal of Archaeological Science* 36, 1504–1515.
- Mingram, J., Negendank, J.F.W., Brauer, A., Berger, D., Hendrich, A., K hler, M., Usinger, H., 2007. Long cores from small lakes – recovering up to 100 m-long lake sediment sequences with a high-precision rod-operated piston corer (Usinger-corer). *Journal of Paleolimnology* 37, 517–528.
- Mohr, K., 1993. *Geologie und Minerallagerst tten des Harzes*. E. Schweizerbart, Stuttgart.
- Moine, O., Rousseau, D.-D., Jolly, D., Vianey-Liaud, M., 2002. Paleoclimatic reconstruction using mutual climatic range on terrestrial molluscs. *Quaternary Research* 57, 162–172.

-
- Monna, F., Galop, D., Carozza, L., Tual, M., Beyrie, A., Marembert, F., Chateau, C., Dominik, J., Grousset, F., 2004a. Environmental impact of early Basque mining and smelting recorded in a high ash minerogenic peat deposit. *Science of the Total Environment* 327, 197–214.
- Monna, F., Petit, C., Guillaumet, J.-P., Jouffroy-Bapicot, I., Blanchot, C., Dominik, J., Losno, R., Richard, H., Lévêque, J., Château, C., 2004b. History and environmental impact of mining activity in Celtic Aeduan territory recorded in a peat-bog (Morvan – France). *Environmental Science and Technology* 38, 665–673.
- Moore, P.D., Webb, J.A., Collinson, M.E., 1991. *Pollen Analysis*. Wiley Blackwell, Oxford.
- Moschen, R., Köhl, N., Rehberger, I., Lücke, A., 2009. Stable carbon and oxygen isotopes in sub-fossil *Sphagnum*: assessment of their applicability for palaeoclimatology. *Chemical Geology* 259, 262–272.
- Moschen, R., Köhl, R., Peters, S., Vos, H., Lücke, A., 2010. Testing the sensitivity of stable carbon isotopes of sub-fossil *Sphagnum* cellulose to past climate variability: a two millennia high resolution stable carbon isotope time series from the peat deposit "Dürres Maar", Germany. *Geophysical Research Abstracts* 12, EGU, General Assembly 2010.
- Moschen, R., Köhl, N., Peters, S., Vos, H., Lücke, A., 2011. Temperature variability at Dürres Maar, Germany during the Migration Period and at High Medieval Times, inferred from stable carbon isotopes of *Sphagnum* cellulose. *Climate of the Past* 7, 1011–1026.
- Nelle, O., 2001. Der Wald vor zweihundert Jahren – Naturwissenschaftliche Untersuchungen von Köhlereirelikten bei Ringelai (Landkreis Freyung-Grafenau). *Ostbairische Grenzmarken* 43, 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, 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, 667–682.
- Nelle, O., 2008. Combining charcoal and pollen analysis: Holocene vegetation dynamics, tree species composition and woodland use in the Bavarian Forest. In: G. Fiorentino, D. Magri (Hrsg.), *Charcoal from the past: Cultural and Palaeoenvironmental Implications*. Proceedings of the Third International Meeting of Anthracology, Cavallino – Lecce (Italy), 183–191.
- Nelle, O., Dreibrodt, S., Dannath, Y., 2010. Combining pollen and charcoal: evaluating Holocene vegetation composition and dynamics. *Journal of Archaeological Science* 37, 2126–2135.
- Newman, C., O'Connell, M., Dillon, M., Molloy, K., 2007. Interpretation of charcoal and pollen data relating to a late Iron Age ritual site in eastern Ireland: a holistic approach. *Vegetation History and Archaeobotany* 16, 349–365.
-

-
- Niehoff, N., Matschullat, J., Pörtge, K., 1992. Bronzezeitlicher Bergbau im Harz? Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 92, 12–14.
- Niemann, H.-W., 1991. Die Geschichte des Bergbaus in St. Andreasberg. Pieper, Clausthal-Zellerfeld.
- Nölken, W., 2005. Holzkohleanalytische Untersuchungen zur Waldgeschichte der Vogesen. Dissertation, Universität Freiburg.
- Oberdorfer, E., 2001. Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. Ulmer, Stuttgart.
- Oelkers, J., 1959. Klimaansprüche der Baumarten und Klimazahlen der nordwestdeutschen Landkreise. In: R. Müller (Hrsg.), Grundlagen der Forstwirtschaft. Hannover 1959, 836–843.
- Pauling, A., Luterbacher, J., Casty, C., Wanner, H., 2006. Five hundred years of gridded high-resolution precipitation reconstructions over Europe and the connection to large-scale circulation. *Climate Dynamics* 26, 387–405.
- Pelet, P.-L., 1993. Une industrie reconnue: fer, charbon, acier dans le pays de Vaud. *Cahiers d'Archéologie Romande* 60, 1–142.
- Pendall, E., Markgraf, V., White, J.W.C., Dreier, M., Kenny, R., 2001. Multiproxy record of late Pleistocene-Holocene climate and vegetation changes from a peat bog in Patagonia. *Quaternary Research* 55, 168–178.
- Peyron, O., Goring, S., Dormoy, I., Kotthoff, U., Pross, J., de Beaulieu, L.-J., Drescher-Schneider, R., Vannièrè and B., Magny, M., 2011. Holocene seasonality changes in the central Mediterranean region reconstructed from the pollen sequences of Lake Accesa (Italy) and Tenaghi Philippon (Greece). *The Holocene* 21, 131–146.
- Pflume, S., 1997. Laubwaldgesellschaften im Harz und Bodentemperaturen in unterschiedlichen Waldbeständen. *Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover* 139, 63–73.
- Pflume, S., 1999. Laubwaldgesellschaften im Harz. *Archiv Naturwissenschaftliche Dissertationen* 9. Martina Galunder, Nümbrecht.
- Pleiner, C., 2000. *Iron in Archaeology: The European Bloomery Smelters*. Prag.
- Prasad, S., Brauer, A., Rein, B., Negendank, J.F.W., 2007. Rapid climate change during the early Holocene in Western Europe and Greenland. *The Holocene* 16, 153–158.
- Preidel, A., 1980. Moorkundliche Untersuchungen an Kolken und Schlenken im Oberharz. Diplomarbeit, Universität zu Göttingen.
- Pross, J., Klotz, S., Mosbrugger, V., 2000. Reconstructing palaeotemperatures for the Early and Middle Pleistocene using the mutual climatic range method based on plant fossils. *Quaternary Science Reviews* 19, 1785–1799.

-
- Pross, J., Kotthoff, U., Müller, U.C., Peyron, O., Dormoy, I., Schmiedl, G., Kalaitzidis, S., Smith, M.A., 2009. Massive perturbation in terrestrial ecosystems of the Eastern Mediterranean region associated with the 8.2 kyr climatic event. *Geology* 37, 887–890.
- Punt W., (Ed.), 1976. North west European pollen flora, Parts I–VI. Elsevier, Amsterdam.
- Pusch, A., 2008. Waldentwicklung im Nationalpark Harz. In: Nationalparkverwaltung Harz (Hrsg.), Tun und Lassen im Naturschutz. Tagungsberichte zur 7. Wissenschaftlichen Tagung im Nationalpark Harz, 19 – 23.
- Quack, M., 2004. Molekulargenetische Untersuchungen zur Variabilität der Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.) in Deutschland. Dissertation, Universität Trier.
- Raible, C.C., Yoshimori, M., Stocker, T.F., Casty, C., 2007. Extreme midlatitude cyclones and their implications for precipitation and wind speed extremes in simulations of the Maunder Minimum versus present day conditions. *Climate Dynamics* 28, 409–423.
- Rasmussen, S.O., Vinther, B.M., Clausen, H.B., Andersen, K.K., 2007. Early Holocene climate oscillations recorded in three Greenland ice cores. *Quaternary Science Reviews* 26, 1907–1914.
- Reille, M., 1992. Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du nord. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille.
- Reille, M., 1995. Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du nord. Supplement 1, Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille.
- Reille, M., 1998. Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du nord. Supplement 2, Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille.
- Reimer, P.J., Baillie, M. G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Burr, G.S., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., McCormac, F.G., Manning, S.W., Reimer, R.W., Richards, D.A., Southon, J.R., Talamo, S., Turney, C.S.M., van der Plicht, J., Weyhenmeyer, C.E., 2009. IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50.000 years cal BP. *Radiocarbon* 51(4), 1111–1150.
- Robin, V., Knapp, H., Bork, H.-R., Nelle, O., 2012. Complementary use of pedoanthracology and peat macro-charcoal analysis for fire history assessment: illustration from Central Germany. *Quaternary International*, 1–11, im Druck.
- Rösch, M., Karg, S., Sillmann, M., 1994. Vierhundert Jahre gelagert: Pflanzenreste in Decken und Wänden. Botanische Dokumente zu Ernährung. Landwirtschaft und Landschaft aus der Langen Strasse 49. In: A. Bedal, I. Fehle (Hrsg.), Hausgeschichten. Bauen und Wohnen im alten Hall und seiner Katharinenvorstadt. Kataloge des Hällisch-Fränkischen Museums Schwäbisch-Hall 8, 475–491.
-

-
- Rubner, K., 1953. Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaues. Radebeul-Berlin.
- Sánchez Goñi, M.F., Loutre, F.M., Crucifix, M., Peyron, O., Santos, L., Duprat, J., Malaize, B., Turon, L.-J., Peypouquet, P.-J., 2005. Increasing vegetation and climate gradient in Western Europe over the Last Glacial Inception (122–110 ka): data-model comparison. *Earth and Planetary Science Letters* 231, 111–130.
- Schiffer, M.B., 2010. Behavioral archaeology. Principles and practice. Equinox Publishing, London.
- Schläpfer, P., Brown, C. R., 1948. Über die Struktur der Holzkohlen. EMPA-Bericht (Eidgenössische Materialprüfungs- und Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe) 153, Zürich.
- Schlinkert, A., 1987. Die Holzverkohlungen im Sauerland. Grobbel, Fredeburg.
- Schneekloth, H., Jensen, U., Beug, H.-J. 1983. Die Moore in Niedersachsen. 8. Teil. Veröffentlichungen des Institutes für Landeskunde und Landesentwicklung der Universität Göttingen, NF, Reihe A I, 96.
- Schneck, T., 2006. Umweltrekonstruktion mit Hilfe der Palynologie – Eine Studie über bisher ungenutzte Potentiale. Dissertation, Universität Tübingen.
- Schneider, J., 1982. Die Erforschung der Ur- und Frühgeschichte des Mittelharzes. In: H. Kaufmann, (Hrsg.), Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte 2. Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin, 361–382.
- Schubert, R., Hilbig, W., Klotz, S., 2001. Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Deutschlands. Heidelberg, Berlin.
- Schweingruber, F.H., 1990a. Anatomie europäischer Hölzer. Haupt, Bern, Stuttgart.
- Schweingruber, F.H., 1990b. Mikroskopische Holzanatomie. Eidgenössische Anstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Birmensdorf.
- Schulte, L., Veit, H., Burjachs, F., Julià, R., 2009. Lutschine fan delta response to climate variability and land use in the Bernese Alps during the last 2400 years. *Geomorphology* 108, 107–121.
- Seidensticker, A., 1896. Rechts- und Wirtschaftsgeschichte norddeutscher Forsten besonders im Lande Hannover, 2. Dieterich, Göttingen.
- Severinghaus, J.P., Beaudette, R., Headly, M.A., Taylor, K.C., Brook, E.J., 2009. Oxygen-18 of O₂ records the impact of abrupt climate change on the terrestrial biosphere. *Science* 324, 1431–1434.
- Shotyk, W., Cheburkin, A.K., Appleby, P.G., Fankhauser, A., Kramers, J.D., 1997. Lead in three peat bog profiles, Jura Mountains, Switzerland: enrichment factors, isotopic composition, and chronology of atmospheric deposition. *Water, Air and Soil Pollution* 100, 297–310.
- Shotyk, W., Blaser, P., Grünig, A., Cheburkin, A.K., 2000. A new approach for quantifying cumulative,
-

-
- anthropogenic, atmospheric lead deposition using peat cores from bogs: Pb in eight Swiss peat bog profiles. *Science of the Total Environment* 249, 257–280.
- Sitte, P., Ziegler, H., Ehrendorfer, F., Bresinsky, A., 2002. „Strasburger“ – Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Spektrum, Stuttgart – Jena – Lübeck – Ulm.
- Skrzypek, G., Kaluzny, A., Wojtun, B., Jedrysek, M.-O., 2007. The carbon stable isotopic composition of mosses: A record of temperature variation. *Organic Geochemistry* 38, 1770–1781.
- Speier, M., 1994. Vegetationskundliche und paläoökologische Untersuchungen zur Rekonstruktion prähistorischer und historischer Landnutzung im südlichen Rothaargebirge. *Abhandlungen Westfälisches Museum für Naturkunde* 56, 1–174.
- Spönemann, J., 1970. Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 100 Halberstadt. *Geografische Landesaufnahme 1:200000. Naturräumliche Gliederung Deutschlands*.
- Spurk, M., Leuschner, H.H., Baillie, M.G.L., Briffa, K.R., Friedrich, M., 2002. Depositional frequency of German subfossil oaks: climatically and non-climatically induced fluctuations in the Holocene. *The Holocene* 12, 707–715.
- Sprengel, K., 1971. Theophrasts Naturgeschichte der Gewächse. Übersetzt und erläutert von K. Sprengel (1822, Nachdruck 1971) Band 1 Übersetzung, Band 2 Erläuterungen, Darmstadt.
- Steuer, H., 2000. Die Ursprünge des Silber-Bergbaus im Mittelalter: Wirtschaft und Münzgold. In: S. Segers-Glocke (Hrsg.), *Auf den Spuren einer frühen Industrielandschaft. Naturraum – Mensch – Umwelt im Harz. Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen*. Niemeyer, Hameln, 112–118.
- Stockmarr, J., 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores* 13, 615–621.
- Stöcker, G., 1990. Die Vegetationseinheiten der Höhenstufen des Harzes. In: Kraftzwerg e.V. (Hrsg.), *Tourismus und Nationalpark Harz. Clausthal-Zellerfeld*, 16–24.
- Stöcker, G., 1997. Struktur und Dynamik der Berg-Fichtenwälder im Hochharz. *Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover* 139, 31–61.
- Straka, H., 1975. *Pollen und Sporenkunde: Eine Einführung in die Palynologie. Grundbegriffe der modernen Biologie* 13. Fischer, Stuttgart.
- Tauber, H., 1965. Differential pollen dispersion and interpretation of pollen diagrams – with contribution to the interpretation of the elm fall. *Danmarks geologiske Undersøgelse II*, Nr. 89, Kopenhagen.
- Tauber, H., 1977. Investigation of aerial pollen transport in a forested area. *Dansk Botanisk Arkiv*. 32 (1), Kopenhagen.
-

-
- Théry-Parisot, I., Chabal, L., Chravzev, J., 2010. Anthracology and taphonomy, from wood gathering to charcoal analysis. A review of the taphonomic processes modifying charcoal assemblages, in archaeological contexts. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 291, 142–153.
- Tillman, K. P., Holzkämper, S., Kuhry, P., Sannel, K.B.A., Loader, J.N., Iain, R., 2010. Stable carbon and oxygen isotopes in *Sphagnum fuscum* peat from subarctic Canada: Implications for palaeoclimate studies. *Chemical Geology* 270, 216–226.
- Tinner, W., Lotter, A.F., 2001. Central European vegetation response to abrupt climate change at 8.2 ka. *Geology* 29, 551–554.
- 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, 1–87.
- Ulmann, M., 1997. Die Vegetationsgeschichte Oberharzer Hochmoore in der Siedlungszeit (Pollenzone X nach Firbas): Eine Untersuchung zur Entwicklung und Veränderung der Moorvegetation mit den dafür maßgeblichen ökologischen Bedingungen unter Verwendung eines durch Leithorizonte gegliederten Referenzpollendiagramms zur relativen Datierung von Torfprofilen aus der gleichen Region. Dissertation, Universität Bayreuth.
- Urban, B., 1984. Pollenanalytische Untersuchungen zur Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte des Bruchbergmoores/Oberharz. *Eiszeitalter und Gegenwart* 28, 189–194.
- Van der Veen, M., 1996. The plant remains from Mons Claudianus, a Roman quarry settlement in the eastern desert of Egypt – an interim report. *Vegetation History and Archaeobotany* 5, 137–141.
- Van der Veen, M., 2007. Formation processes of desiccated and carbonized plant remains—the identification of routine practice. *Journal of Archaeological Science* 34, 968–990.
- Vinther, B., Clausen, H., Johnsen, S., Rasmussen, S., Andersen, K., Buchardt, S., 2006. A synchronized dating of three Greenland ice cores throughout the Holocene. *Journal of Geophysical Research* 111, 1–11.
- 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), 97–105.
- Voigt, R., Grüger, E., Baier, J., Meischner, D., 2008. Seasonal variability of Holocene climate: a palaeolimnological study on varved sediments in Lake Jues (Harz Mountains, Germany). *Journal of Paleolimnology* 40, 1021–1052.
- von Grafenstein, U., Erlenkeuser, H., Brauer, A., Jouzel, J., Johnsen, S.J., 1999. A mid-European decadal isotope-climate record from 15.500 to 5000 years BP. *Science* 284, 1654–1657.

-
- von Kortzfleisch, A., 2008. Die Kunst der schwarzen Gesellen, Köhlerei im Harz. Papierflieger, Clausthal-Zellerfeld.
- Walter, H., 1986. Allgemeine Geobotanik. UTB, Stuttgart.
- Wegener, U., Kison, H.-U., 2002. Die Vegetation des Brockens im Nationalpark Hochharz. *Tuexenia* 22, 243–267.
- Wegener, U., 2007. Landschaftsgliederung und Waldtypen im Nationalpark Harz (Sachsen-Anhalt). In: Nationalparkverwaltung Harz (Hrsg.), *Walddynamik und Waldumbau in den Entwicklungszonen von Nationalparks – Tagungsbericht zum Wald-Workshop des Nationalparks Harz*. Wernigerode, 11–14.
- Willerding, U., 1972. Untersuchungen und Auswertungen aus prähistorischen Mineralboden-Siedlungen. *Informationsblatt Nachbarwissenschaften Ur- und Frühgeschichte* 3. Botanik 5, 1–18.
- Willerding, U., 1986. Erste paläo-ethnobotanische Ergebnisse über die mittelalterliche Siedlungsanlage Düna. *Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 6, 67–73.
- Willerding, U., 2000a. Die Landschaft Harz. In: C. Segers-Glocke (Hrsg.), *Auf den Spuren einer frühen Industrielandschaft. Naturraum – Mensch – Umwelt im Harz*. Niemeyer, Hameln, 47–54.
- Willerding, U., 2000b. Ernährung. In: C. Segers-Glocke (Hrsg.), *Auf den Spuren einer frühen Industrielandschaft. Naturraum – Mensch – Umwelt im Harz*. Niemeyer, Hameln, 66–70.
- Willutzki, H., 1962. Zur Waldgeschichte und Vermoorung sowie über Rekurrenzflächen im Oberharz. - *Nova Acta Leopoldina NF* 160, Band 25, 1–52.
- Wisskirschen, R., Haeupler, H., 1998. Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Wullschleger, E., 1979. Über frühere Waldnutzungen. Ein Beitrag zur aargauischen Forstgeschichte. Dargestellt am Beispiel des Gemeindewaldes Schafisheim und Teilen des Gemeindewaldes Gränichen. *Berichte der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen* 196, Birmensdorf.
- Zagwijn, H.W., 1996. An analysis of the Eemian climate in western and central Europe. *Quaternary Science Reviews* 15, 451–469.

14 Anhang

14.1 Pollendiagramm SO, BBM1 und BTM1 auf CD