

Nachhaltige Energiewirtschaft?

Brenn- und Kohlholznutzung in Schleswig-Holstein in Mittelalter und früher Neuzeit

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

Vorgelegt von Arne Paysen

Kiel 2009

Referent: Prof. Dr. Oliver Nelle
Koreferent: Prof. Dr. Ulrich Müller
Datum der mündlichen Prüfung: 01.02. 2010
Zum Druck genehmigt: Prof. Dr. Lutz Kipp, Dekan

Danksagung

Eine wissenschaftliche Arbeit wie diese wäre ohne die Hilfe, die Unterstützung und das Wohlwollen vieler Personen nicht möglich gewesen. Zuerst möchte ich meinen beiden Betreuern, Professor Ulrich Müller vom Institut für Ur- und Frühgeschichte und Professor Oliver Nelle vom Ökologiezentrum der Uni Kiel herzlich für die Vergabe dieses spannenden Themas sowie die vielen beratenden Gespräche, die damit in Verbindung standen, danken. Ich fühlte mich bei ihnen stets gut aufgehoben. Des Weiteren danke ich auch allen anderen Dozenten und Mitarbeitern der beiden genannten Institute für die vielfältigen kritischen Fragen, Literaturhinweise und Gespräche, die sich während der Kolloquien oder einfach zwischendurch ergaben.

Besonderen Dank verdient Dr. Volker Arnold vom Museum für Archäologie in Dithmarschen, der mir die ersten Hinweise zur Köhlerei in Schleswig-Holstein zugänglich machte und mir die Möglichkeit verschaffte, die Kunst des Köhlerns im Archäologisch-Ökologischen Zentrum Albersdorf zu erproben. Dr. Rüdiger Kelm sei an dieser Stelle für die Bereitstellung der Lokalität gedankt.

Des Weiteren möchte ich der Museumsleitung des Freilichtmuseums Molfsee danken, die mir die Durchführung diverser Experimente zur Köhlerei auf dem Museumsgelände gestattete, sowie den Bauhofmitarbeitern für die kurzfristige Hilfe mit Traktor und anderem Gerät.

Ebenso danke ich den Betreibern der Turmhügelburg in Lütjenburg für die Bereitstellung von Kohlholz und Meilerstelle sowie für die Errichtung einer eigenen Köhlerhütte.

Im Verlaufe der Arbeit wird deutlich, was für eine anstrengende und schlafarme Zeit ein Meilerbrand darstellt. Meinen Kommilitonen Ingo Petri, Johannes Gellersen und Christopher Zlotos, die bei fast jedem Meiler tatkräftig geholfen haben und mir so die eine oder andere wertvolle Stunde Schlaf ermöglichten, sei deshalb ebenfalls persönlich gedankt.

Auch die Studenten, die bei der Ausgrabung der Meilerstellen mitgeholfen haben, sollen an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, für die geomagnetischen Aufnahmen danke ich außerdem Moritz Mennenga, Arne Windler und Konrad Amelung. Weiteren Dank verdienen Hans-Joachim Kruse vom Kreismuseum Plön und Peter Besel. Sie gaben mir vielfache wertvolle Hinweise für die schleswig-holsteinischen Glashütten.

Für die sprachlichen und graphischen Korrekturen an der Arbeit danke ich meinem Vater Rolf Paysen sowie Stefan Ratzmann und Susanne Münchbach.

Selbstverständlich sei auch der Studienstiftung des deutschen Volkes für die großzügige finanzielle Unterstützung gedankt.

Zuletzt möchte ich mich noch bei den Mitarbeitern des Landesvermessungsamtes Schleswig-Holstein für die freundliche Unterstützung bei der Kartenarbeit sowie für die häufige und hilfsbereite Beratung bedanken.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
1.1	Fragestellung	10
1.2	Eingrenzung des Untersuchungsgebietes	11
1.2.1	Räumliche Eingrenzung und Beschreibung des Untersuchungsgebietes	11
1.2.2	Eingrenzung des untersuchten Zeitraumes	14
1.2.3	Sachliche Eingrenzung des Forschungsgegenstandes	14
1.3	Forschungsgeschichte	15
1.4	Quellen und Quellenkritik	17
1.4.1	Historische Quellen	17
1.4.2	Archäologische Quellen	21
1.4.3	Botanische Überreste	22
1.4.4	Experimentelle und ethnografische Vergleiche	24
2	Methodisches Vorgehen	27
2.1	Ermittlung von Waldflächen, Waldnutzung und Waldzustand	27
2.2	Rekonstruktion des Brennstoffverbrauchs früher Industriestandorte	29
2.3	Archäologische Prospektion	31
2.4	Methode und Aussagemöglichkeiten der Holzkohleanalyse	36
2.4.1	Forschungsgeschichte	37
2.4.2	Methodische Grundlagen der Holzkohleanalyse	39
3	Der Wald im Mittelalter	45
3.1	Rekonstruktion der mittelalterlichen Waldausdehnung	45
3.2	Bedeutung von Wald und Holz im späten Mittelalter	50
3.3	Nutzungsformen des mittelalterlichen Waldes	54
3.3.1	Niederwald	55
3.3.2	Hochwald	64
3.3.3	Mittelwald	70
3.3.4	Hudewald	72
4	Ergebnisse der Meilerexperimente	79
4.1	Versuch zum Schrumpfvverhalten des Holzes während der Verkohlung	80
4.2	Verkohlung von Erlen- und Birkenstammholz	81
4.3	Verkohlung von Hainbuchenstockholz und Knickholz unter 15 cm Durchmesser	83
4.4	Verkohlung von Hainbuchenstockholz und Knickholz über 15 cm Durchmesser	85
4.5	Verkohlung von Hainbuchenstammholz über 1 m Durchmesser	87
4.6	Verkohlung von Buchenkronenholz unter 15 cm Durchmesser	88
4.7	Verkohlung von Stockausschlägen und Astholz unter 15 cm Durchmesser	89
4.8	Verkohlung von Erlenstammholz über 20 cm Durchmesser	91
4.9	Verkohlung von angefaultem Holz mit Insektenfraßspuren	92
4.10	Zusammenfassende Ergebnisse der Meilerexperimente	92
5	Holzverbrauch in den Gewerken	95
5.1	Köhlerei	96
5.1.1	Produktionsabläufe unterschiedlicher Köhlereiverfahren	99
5.1.2	Archäologische Überlieferung von Meilerplätzen	106
5.1.3	Schriftquellen und Flurnamen	110
5.1.4	Experimente	114
5.1.5	Rekonstruierter Holzverbrauch	116
5.2	Eisenverarbeitung	119
5.2.1	Produktionsabläufe der Eisenverhüttung	120
5.2.2	Archäologische Überlieferung von Eisenverhüttungsplätzen	123
5.2.3	Schriftquellen	129

5.2.4	Experimente	133
5.2.5	Rekonstruierter Holzverbrauch.	140
5.3	Glashütten	147
5.3.1	Produktionsabläufe der Glasherstellung	148
5.3.2	Archäologische Überlieferung von Glashütten	156
5.3.3	Schriftquellen und Flurnamen	160
5.3.4	Experimente	168
5.3.5	Rekonstruierter Holzverbrauch.	169
5.4	Weitere Großverbraucher	174
6	Untersuchungen verschiedener Standorte der frühen Industrie	177
6.1	Meilerstellen im Holtdorfer Gehege (Kreis Rendsburg-Eckernförde)	178
6.1.1	Historische Überlieferungen	178
6.1.2	Archäologische Forschung	179
6.1.3	Holzkohleanalyse und naturwissenschaftliche Datierung	184
6.1.4	Interpretation der Befunde	189
6.2	Meilerstellen im Riesewohld (Kreis Dithmarschen)	195
6.2.1	Historische Überlieferungen	196
6.2.2	Archäologische Forschung	196
6.2.3	Holzkohleanalyse und naturwissenschaftliche Datierung	200
6.2.4	Interpretation der Befunde	203
6.3	Meilerstellen bei Ahrensbök (Kreis Ostholstein)	207
6.3.1	Historische Überlieferungen	207
6.3.2	Archäologische Forschung	213
6.3.3	Holzkohleanalyse und naturwissenschaftliche Datierung	216
6.3.4	Interpretation der Befunde	218
6.4	Meilerstelle im Schönberger Zuschlag (Kreis Lauenburg)	223
6.4.1	Historische Überlieferungen	223
6.4.2	Archäologische Forschung	223
6.4.3	Holzkohleanalyse und naturwissenschaftliche Datierung	224
6.4.4	Interpretation der Befunde	225
6.5	Löschehaufen im Kisdorfer Wohld (Segeberg)	227
6.5.1	Historische Überlieferungen	227
6.5.2	Archäologische Forschung	228
6.5.3	Holzkohleanalyse	229
6.5.4	Interpretation der Befunde	230
6.6	Eisenverhüttungsrevier Flensburg-Wassersleben	232
6.6.1	Historische Überlieferungen	232
6.6.2	Archäologische Forschung	232
6.6.3	Holzkohleanalyse und naturwissenschaftliche Datierung	237
6.6.4	Interpretation der Befunde	239
6.7	Glashütte im Holtdorfer Gehege (Kreis Rendsburg-Eckernförde)	242
6.7.1	Historische Überlieferungen und Flurnamen	242
6.7.2	Archäologische Forschung	242
6.7.3	Holzkohleanalyse und naturwissenschaftliche Datierung	244
6.7.4	Interpretation der Befunde	245
6.8	Glashütte Bollhusen 2 beim Gut Schierensee.	247
6.8.1	Historische Überlieferungen und Flurnamen	247
6.8.2	Archäologische Forschung	248
6.8.3	Holzkohleanalyse	249
6.8.4	Interpretation der Befunde	250

6.9	Holzkohle aus dem Mauerwerk des Klosters Bordesholm	253
7	Zusammenfassende Rückschlüsse auf die Nachhaltigkeit der Waldwirtschaft	257
8	Schlussbetrachtung, Ausblick	265
9	Zusammenfassung - Summary	269
10	Literatur	271
11	Anhang	287
11.1	Glossar	287
11.2	Umrechnungstabellen für Holz- und Gewichtsmaße	289
11.2.1	Alte Holzmaße und die Entsprechung in modernen Holzmaßen.	289
11.2.2	Alte Holzkohlenmaße und die Entsprechung in modernen Gewichtsmaßen sowie die benötigte Holzmenge in Raum- und Festmeter.	290
11.3	Schriftquellen.	291
11.3.1	Glücksburger Hochfürstliche Holzverordnung vom 25. 6. 1681	291
11.3.2	Fürstlich Schleswig-Holsteinische Holzordnung von 1695.	291
11.3.3	Allgemeine neue Forst- und Jagdverordnung vom 2. 7. 1784.	292
11.3.4	Pachtvertrag zur Errichtung einer Glashütte durch Marx Kunckel, 1642	293
11.3.5	Schriftquellen zu Waldflächen zwischen 786 und 1250	293
11.3.6	Schriftquellen zu Waldflächen zwischen 1250 und 1300	295
11.3.7	Schriftquellen zu Waldflächen zwischen 1301 und 1340.	298
11.3.8	Schriftquellen zu Waldflächen zwischen 1341 und 1375	301
11.3.9	Schriftquellen zu Waldflächen und Köhlerei zwischen 1376 und 1388	302
11.3.10	Köhlereiregister des Klosters Ahrensböök von 1455-1566	313
11.3.11	Schriftquellen zum Holzkohleverbrauch aus dem Urkundenbuch des Bistums Lübeck	333
11.3.12	Holzkohlelieferungen aus den fürstlichen Wäldern bei Bargstedt	334
12	Katalog der Fundstellen	335
12.1	Köhlereien im Holtendorfer Gehege	336
12.1.1	Meilerstelle BAR 4.	336
12.1.2	Köhlerei, Meilerstellen BAR 5 bis BAR 12	338
12.2	Meilerstellen im Riesewohld	342
12.2.1	Meilerstellen im Flurstück Kahlbüth.	342
12.2.2	Meilerstellen im Flurstück Höll.	346
12.3	Meilerstellen bei Ahrensböök	348
12.3.1	Meilerstelle im Waldstück Köhlen	348
12.3.2	Meilerstelle im Schwinkenrader Forst	350
12.4	Meilerstelle im Schönberger Zuschlag	352
12.5	Löschehaufen im Kisdorfer Wohld	354
12.6	Eisenverhüttungsrevier Flensburg-Wassersleben	356
12.6.1	Meilerstelle.	356
12.6.2	Schlackenhügel.	358
12.7	Glashütte im Holtendorfer Gehege	360
12.8	Glashütte Bollhusen 2 beim Gut Schierensee.	362
13	Holzkohleanalysen	363

1 Einleitung

Es soll der hocherleuchtete Rüstzeug Gottes Lutherus/ oder wie andere wollen/ dessen getreuster Beystand und Hertzens-Freund Melanchton propheceyet haben: Daß vorm jüngsten Tage drey mangelreiche Dinge/ als 1. ein großer Mangel guter und Auffrichtiger Freunde. 2. Tüchtiger und wichtiger Müntzel/ und 3. Wilder Holtzungen erscheinen würden.../ so vermercken wir... und sehen augenscheinlich, daß dieselbe Zeit gemacht und gemächlich heran nahen müsse, weil so wohl die von Cristo als auch von denen Heil. Männern verkündigten Zeichen uns anietzo mit Fingern gezeiget und gewiesen werden.

Johann Philipp BÜNTING, Sylva subterranea 1693, 7.

Der Wald muss in Mittelalter und früher Neuzeit als wichtigster Rohstofflieferant gelten. Nicht nur, dass Bauholz für ländliche und städtische Siedlungen sowie für den Schiff-, Geräte- und Deichbau aus den Wäldern entnommen wurde, auch die Landwirtschaft mit ihrem Bedarf an Zaunholz, Laubfutter und Baumfrüchten war in hohem Maße auf den Wald angewiesen. Ein wesentlicher Anteil des aus den Wäldern entnommenen Holzes diente in Form von Brennholz oder Holzkohle zur Energieversorgung für Haushalte und Gewerbebetriebe.

Im Laufe des Mittelalters bestand ein ständig steigender Bedarf an Metallen, Glas, Ziegeln, Holzkohle und Bauholz. Dieses führte zusammengenommen zu einem massiven Eingriff in die Wälder, bedeutete doch der Betrieb von Köhlereien oder Glas- Metall- und Ziegelhütten einen immensen Holzverbrauch. Als sogenannte Waldgewerke lagen diese Produktionsstätten meist direkt im oder am Wald, um einen langen Transportweg des Brenn- oder Kohlholzes zu vermeiden. Die Waldgewerke lieferten ihre Produkte oder Halbfabrikate an die meist städtischen Handwerker. Ebenso wurde, bedingt durch die wachsende Bevölkerungszahl, neues Ackerland durch Rodung erschlossen um die Menschen ernähren zu können. Die in die Wälder geführten Weidetiere taten ein Übriges, den verbliebenen Wald durch übermäßigen Verbiss aufzulichten. Während der negative Einfluss der Landwirtschaft schon in der Formulierung der Forstordnungen des 16. Jahrhunderts deutlich wird, bleiben die Auswirkungen des frühindustriellen Brennstoffbedarfs weitgehend unerwähnt. Schon bei oberflächlicher Betrachtung dieser hier nur kurz angerissenen Anforderungen an den Wald wird deutlich, dass es in der Nähe dauerhafter Ansiedlungen innerhalb von kurzen Zeiträumen zur Verringerung des Waldbestandes kommen musste, da weder der Holznachwuchs noch die genutzten Flächen ausreichten, alle Bedürfnisse zu befriedigen, und ein Holztransport über längere Strecken oft nicht möglich war. Die unabdingbare Konsequenz aus dem steigenden Holzbedarf war, dass eine Konkurrenz um das noch vorhandene Holz und die vorhandene Waldfläche entstand und die frühindustriellen Großverbraucher zusätzliche, siedlungsferne

Waldflächen in Nutzung nahmen. Diese fortschreitende Ausweitung des erschlossenen Gebietes führte in zweiter Konsequenz zu einer weiteren Ausdehnung der Siedlungsfläche, so dass sich das Problem der Holzverfügbarkeit stetig verlagerte.

Da diese Entwicklung in vielen Bereichen schon im Hochmittelalter bekannt war, regelten ab dieser Zeit in einzelnen Gebieten Waldweistümer und Forstordnungen die Nutzungsgewichtung der Waldungen, um plötzlicher Holzarmut vorzubeugen. Trotzdem ist die Verfügbarkeit von Holz bis zum Beginn der Industriellen Revolution der Regulator für die Entwicklungsgeschwindigkeit der frühen Industrie (RADKAU und SCHÄFER 1987, 95-99).

1.1 Fragestellung

Der grundsätzliche Nachhaltigkeitsgedanke, wie er von Hannß Carl von CARLOWITZ in der *Silvicultura oeconomica* (1713) für den frühindustriellen Bergbau in Sachsen formuliert wurde besteht darin, dass nur so viel Holz verbraucht wird, wie in derselben Zeit auf der zur Verfügung stehenden Fläche nachwächst. Ausgehend von diesem Grundsatz stellt sich die zentrale Frage, ob und wie dieser bis heute gültige Nachhaltigkeitsgedanke sich bereits bei hoch- und spätmittelalterlichen Großverbrauchern anhand des archäologischen und historischen Quellenmaterials nachweisen lässt. Die Definition der Nachhaltigkeit liefert aus sich selbst heraus weitere Fragen, die zur Bearbeitung des Themas anhand des vorhandenen Quellenmaterials zu beantworten sind.

- Wie groß war die genutzte Waldfläche?
- Wie hoch ist der Holzzuwachs auf den genutzten Flächen einzuschätzen?
- In welchem Zustand befand sich der Wald im Nutzungszeitraum?
- Welche Holzarten wurden als Brenn- und Kohlholz genutzt?
- Wie hoch ist der Brennholz- oder Holzkohleverbrauch der einzelnen Gewerke?
- Welche wirtschaftliche Bedeutung hatten die einzelnen Gewerke im Untersuchungszeitraum?
- In welchem Maße lassen sich Auswirkungen auf Wald, Landschaft und Umwelt nachweisen?

Die frühe Industrie als Direktverbraucher von Brennholz oder als Großverbraucher von Holzkohle ist jedoch bei Weitem nicht der einzige Faktor, der die Entwicklung und Ausprägung der Waldlandschaft beeinflusste. Die landwirtschaftlichen Nebennutzungen wie Waldweide, Laubschneitelung und das Schlagen von Zaunholz, der Holzeinschlag zum Haus- und Schiffbau sowie der Bedarf an Werk- und Brennholz im häuslichen Bereich beeinflussten den Wald ebenfalls in hohem Maße. Eine Betrachtung dieser nicht direkt mit dem Kernthema der Arbeit verbundenen Waldnutzungspraktiken ist daher ebenso notwendig, da die verschiedenen Waldnutzungen in

Wechselwirkung standen und zu den gebräuchlichen Kulturwaldformen führten, die letztendlich in industrieller Nutzung standen. Aus der Kombination der Nutzungspraktiken resultierten die verschiedenen Waldwirtschaftsformen, die wiederum zu unterschiedlichen Bestandsdichten, Holzvorräten und Zuwächsen der genutzten Waldflächen führten.

Obgleich es aus dem süd- und westdeutschen Raum sowie aus den vom Bergbau genutzten Mittelgebirgen umfangreichere Untersuchungen zur Frage der Waldnutzung durch frühe Industrien gibt, ist dieser Themenkomplex in Schleswig-Holstein nur wenig behandelt worden. Die Begründung hierfür mag in der vergleichsweise geringen Bedeutung der frühen Industrie und in der schlechten historischen und archäologischen Quellenlage bezüglich früher Industriebetriebe liegen. Nichtsdestotrotz hat in Schleswig-Holstein neben der Rodung der Wälder zur landwirtschaftlichen Erschließung der Flächen auch die massive Nutzung von Holz zu einem Schwinden der Waldgebiete geführt, so dass eine nachhaltige Nutzung der Wälder über längere Zeiträume zunächst unwahrscheinlich erscheint. Allerdings gibt es historische Hinweise aus der fürstlichen Gesetzgebung und den klösterlichen Archiven, dass eine nachhaltige Nutzung der Wälder durchaus angestrebt wurde. Wie sich die tatsächliche Waldwirtschaftspraxis in den archäologischen Befunden darstellt und inwiefern sich die Wirkung der auf Nachhaltigkeit ausgelegten Regularien auch in den Befunden nachweisen lassen, gibt letztendlich Aufschluss über die gestellte Frage der nachhaltigen Energiewirtschaft.

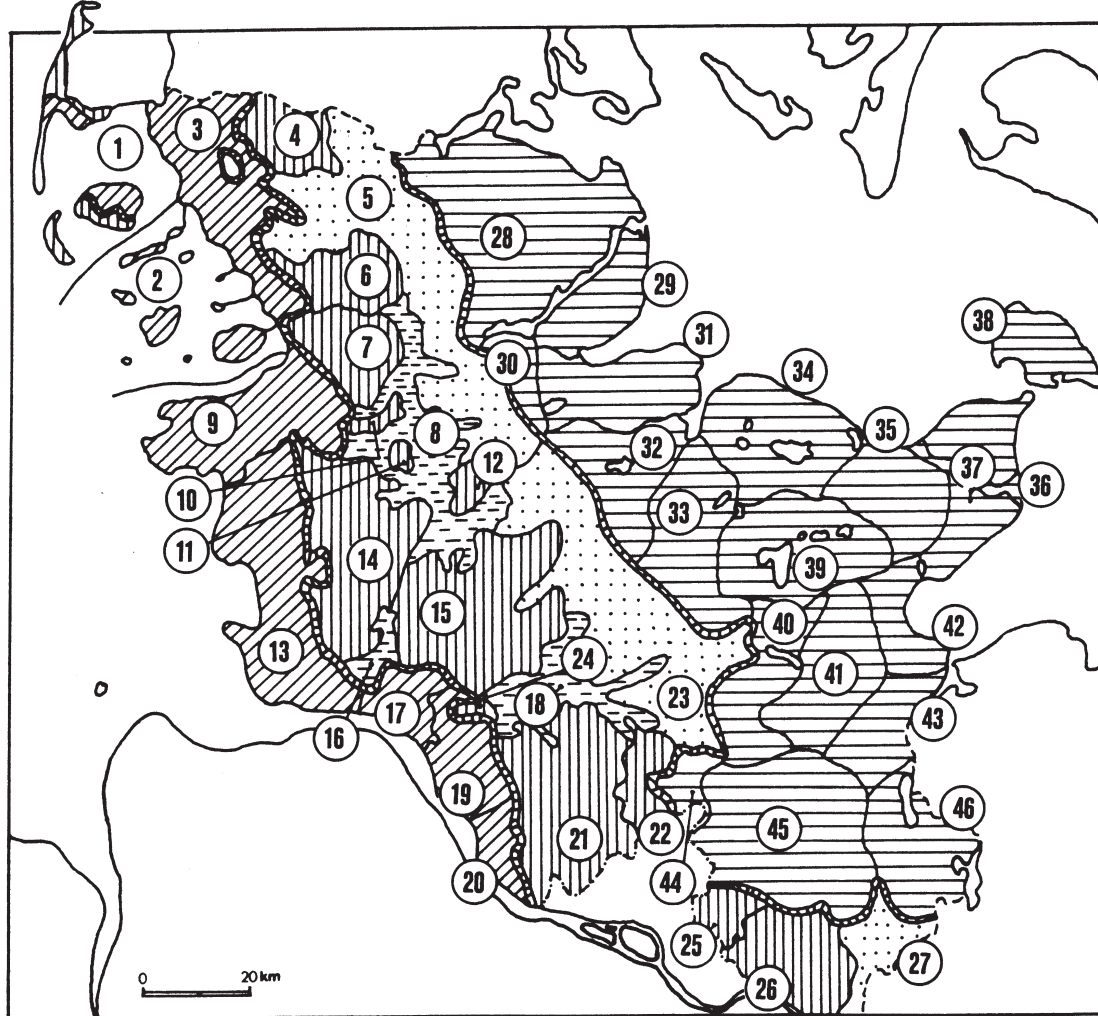
1.2 Eingrenzung des Untersuchungsgebietes

1.2.1 Räumliche Eingrenzung und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das hier behandelte Untersuchungsgebiet umfasst die Fläche des heutigen Bundeslandes Schleswig-Holstein; zu Vergleichen werden andere, möglichst benachbarte Gebiete in die Untersuchung mit einbezogen. Überregionale Vergleiche dieser Art werden stets als solche hervorgehoben und sind nicht Gegenstand eigener Materialforschung, sondern beziehen sich grundsätzlich auf die bereits publizierte Literatur.

Das Landschaftsbild Schleswig-Holsteins (Beschreibung nach HÄRDTLE 1995) gliedert sich geologisch in vier von Nord nach Süd verlaufende Streifen, die pleistozänen und holozänen Ursprungs sind. Ursache für diese Gliederung sind die Eisvorstöße der Weichsel- und Saaleeiszeit, die aus nördlicher oder nord-östlicher Richtung erfolgten. Der gesamte Osten des Landesteils Holstein, sowie die Halbinsel Schwansen, Angeln und der Dänische Wohld sind durch eine kuppige Moränenlandschaft geprägt, die während der Weichselvereisung entstand. Die höchsten Erhebungen erreichen sowohl in den Hüttener Bergen als auch im Bungsberggebiet Höhen über 100 m ü. NN, zwischen den Hügeln finden sich in großer Zahl glazial gebildete Seen und Toteislöcher. Vorrangige Bodenart des Östlichen Hügellandes sind Parabraunerden, die durch

zunehmende Entkalkung und Tonverlagerung aus den eiszeitlichen Sedimenten entstanden. Durch den stauenden Charakter des Tonanreicherungshorizontes kommt es in vielen Bereichen des Östlichen Hügellandes zur Pseudovergleyung. Podsole oder podsolige Parabraunerden sind selten. In grundwasserbeeinflussten Senken sind Gleye der vorherrschende Bodentyp.



- | | | |
|---|----------------------------|--------------------------------------|
| 1. Nordfriesische Geestinseln | 16. Kudenseemoor | 31. Dänischer Wohld |
| 2. Nordfriesische Marschinseln und Halligen | 17. Wilstermarsch | 32. Westensee-Moränengebiet |
| 3. Nordfriesische Marsch | 18. Störniederung | 33. Eider-Moränengebiet |
| 4. Lecker Geest | 19. Kremper Marsch | 34. Probstei und Selenter Seengebiet |
| 5. Schleswigsche Vorgeest | 20. Haseldorfer Marsch | 35. Bungsberggebiet |
| 6. Bradstedter Geest | 21. Pinneberger Geest | 36. Oldenburger Graben |
| 7. Husumer Geest | 22. Kisdorfer Wohld | 37. Wagrische Halbinsel |
| 8. Treene-Eider-Niederung | 23. Holsteinische Vorgeest | 38. Fehmarn |
| 9. Eiderstedter Marsch | 24. Münsterdorfer Geest | 39. Holsteinische Schweiz |
| 10. Stapelholm | 25. Glinder Geest | 40. Segeberger Seenplatte |
| 11. Brfder Geest | 26. Schwarzenbecker Geest | 41. Ahrensböcker Moränengebiet |
| 12. Hohner Platte | 27. Bücherner Sandplatte | 42. Pönitzer Seenplatte |
| 13. Dithmarscher Marsch | 28. Angeln | 43. Löbecker Becken |
| 14. Heider Geest | 29. Schwansen | 44. Obere Alster |
| 15. Itzehoer Geest | 30. Hüttener Berge | 45. Stormarner Moränengebiet |
| | | 46. Ratzeburger Seenplatte |
-
- | | | |
|---------------------|---------------|-------------------------|
| Östliches Hügelland | Hohe Geest | Marsch |
| Flußniederungen | Niedere Geest | Hauptlandschaftsgrenzen |

Abb.1: Naturräumliche Gliederung Schleswig-Holsteins (nach HÄRDLE 1995, 18)

Der Moränenlandschaft gegen Westen vorgelagert befindet sich die Sandergeest. Sie entstand ebenfalls während der Weichseleiszeit und besteht aus glazifluvialen Sanden, die mit dem Schmelzwasser von den vereisten Gebieten Richtung Westen getragen

wurden. Aus den großen Schmelzwasserflüssen bildeten sich die Urstromtäler von Eider und Treene. Mit Abtauen der Gletscher und der damit verbundenen Landerhebung (Meerestransgression) wurde der Abfluss des Schmelzwassers behindert, so dass sich in Niederungen und Senken Niedermoore ausbildeten. Die Sandergeest ist durch Podsole und Gley-Podsole geprägt, das Ausgangsmaterial hat einen Quarzanteil von über 80%.

Der Sandergeest vorgelagert befindet sich die Hohe Geest, bestehend aus den Moränen und Sanderflächen der Saaleiszeit. Sie sind in weiten Flächen von den Ablagerungen und Mooren der Weichseiszeit überdeckt, so dass auf der Hohen Geest ein mosaikartiges Gepräge von weichsel- und saaleiszeitlich entstandenen Flächen dominiert. Durch Kryoturbation und Erosionsprozesse ist das Profil der Hohen Geest, auch schleswig-holsteinischer Mittelrücken genannt, vergleichsweise eben. Außerdem trugen die bodenverlagernden Prozesse dazu bei, das Ausgangsmaterial nach Größen zu sortieren. Aufgrund der umfassenden Umlagerung und Überprägung sind die Bodenbildungsprozesse auf der Altmoräne der Hohen Geest ungleich komplizierter als in den geologisch jüngeren Bereichen des Landes. Oftmals befinden sich fossile Böden unter holozänen Überlagerungen, in oberen Hanglagen wurden durch Erosionsprozesse bereits entstandene Böden abgetragen. Vorrangiger bodengenetischer Prozess auf allen Flächen ist die Podsolierung. Kleinräumig wechseln, abhängig von Ablagerungsalter und Ausgangsmaterial Parabraunerden, Braunerden, Gley-Podsole und Podsole ab, in Senken und grundwasserbeeinflussten Bereichen können Gleye, auf freigelegten saaleiszeitlichen Geschiebemergelflächen auch Parabraunerden und Pseudogleye vorrangige Bodentypen sein.

Die jüngsten geologischen Formationen, die bis heute deutlichen Änderungen unterworfen sind, sind die Flussniederungen und Marschgebiete der Nordseeküste. Sie entstanden im Holozän durch maritime beziehungsweise fluviative Ablagerungen. In den Flussniederungen können sie das saale- und weichseiszeitliche Relief überdecken, Sturmfluten, Meerestransgression und menschlicher Einfluss führten zu Erosions- und Sedimentierungsvorgängen im Küstenbereich, im rückwärtigen Marschbereich ist außerdem eine starke Moorbildung zu beobachten.

Die klimatischen Bedingungen in Schleswig-Holstein sind subozeanisch kühl gemäßigt, die Winde kommen vorrangig aus westlichen Richtungen vom Atlantik. Im Jahresdurchschnitt fallen 720 mm Niederschlag, wobei die Westseiten der Moränenrücken mit bis zu 800 mm besonders niederschlagsreich sind. Richtung Osten nehmen die Niederschlagsmengen bis auf 650 mm ab. Die Temperaturunterschiede sind vergleichsweise gering, die mittlere Januartemperatur liegt um den Gefrierpunkt, im Juli ist das Mittel bei 16-17 °C anzusetzen (DEUTSCHER WETTERDIENST 1967).

Aufgrund der klimatischen und geologischen Gegebenheiten sind in Schleswig-Holstein die Wachstumsbedingungen für viele Laubgehölze ideal, so dass mit Ausnahme der Moore, Flussauen und Marschen der Wald die natürliche Klimaxvegetation darstellt.

1.2.2 Eingrenzung des untersuchten Zeitraumes

Der Untersuchungszeitraum der Arbeit umfasst das hohe und späte Mittelalter sowie die frühe Neuzeit. Diese Zeitspanne schließt die endgültige Erschließung des östlichen Schleswig-Holstein durch deutsche Siedler ab dem 13. Jahrhundert bis hin zur großflächigen Rodungstätigkeit des 17. Jahrhunderts mit ein. Lediglich zur Darstellung der weiteren zeitlichen Entwicklung des Waldnutzungsprozesses werden auch spätere Zeiträume betrachtet, da die Waldnutzung erst im späten 18. Jahrhundert durch die moderne Forstwirtschaft grundlegend geändert wurde. In dieser Zeit wurden viele Auswirkungen der intensiven Waldnutzung erkannt beziehungsweise erstmalig beschrieben, so dass durch die Quellen des 18. Jahrhunderts die Spätphase der quasi als mittelalterlich zu bezeichnenden Waldnutzung gut fassbar wird. Innerhalb des Untersuchungszeitraumes ist Schleswig-Holstein durch eine Expansion der Acker- und Siedlungsflächen geprägt sowie durch die Gründungs- und Ausbauphasen der größeren Städte. Aufgrund des geringen Aufkommens von Bodenschätzen hatte die frühindustrielle Entwicklung, verglichen mit den Montanregionen wie Harz und Siegerland, eine untergeordnete Bedeutung. Ausgeprägter waren Handwerk und Handel, besonders in den Städten mit Seeanbindung (Lübeck, Hamburg und Schleswig; vergl. z. B. BRACKER 1989; MÜLLER 2000).

1.2.3 Sachliche Eingrenzung des Forschungsgegenstandes

Vorrangiger Forschungsgegenstand ist die frühe Industrie innerhalb des Untersuchungsgebietes, wobei nicht nur deren archäologische Hinterlassenschaften, sondern auch historische Quellen und botanische Reste, insbesondere Holzkohle, zur Untersuchung herangezogen werden. Als frühe Industrie sei im Folgenden jeder Betrieb verstanden, der mit einem vergleichsweise hohen Materialaufwand Rohmaterialien herstellt, die erst in den Produktions- und Handelzentren der Städte zu Fertigprodukten verarbeitet wurden. Als deutlichstes Beispiel einer frühen Industrie kann die Eisenverhüttung genannt werden, die schon allein aufgrund des Rohstoffbedarfs nicht innerhalb oder in zu großer Nähe zu städtischen Siedlungen gelegen sein konnte. Auch über die Glashütten liegen durch historische und archäologische Überlieferungen Informationen vor, die eine Einordnung als frühe Industriezweige zulassen. Hauptsächliches Herstellungsprodukt waren vermutlich Rohglas, (Aussage mehrerer Diskussionsbeiträge des 4. internationalen Glassymposiums, Trier im Juni 2009, Publikation in Vorbereitung; vergl. auch STEPPUHN UND BERG 2006, 19) und kleinformige Fensterglasscheiben, die erst an anderer Stelle geschnitten oder zu komplexeren Verglasungen zusammengefügt wurden. Ähnlich einzuordnen sind Ziegeleien und Kalkbrennereien, welche die Halbfertigprodukte Ziegel und Brandkalk zum Bau von Gebäuden lieferten. Ob die Köhlerei ebenfalls als früher Industriezweig zu definieren ist, kann an dieser Stelle nicht eindeutig beantwortet werden, da Köhlereien sowohl als bäuerliches Nebengewerbe als auch als groß

angelegte Produktionsstätten im Zusammenhang mit anderen Industriezweigen historisch und archäologisch belegbar sind. Die von den Köhlereien produzierte Holzkohle wurde so unter Vermeidung größerer Transportwege gleich als Brennmaterial und Reduktionsmittel für die metallverarbeitenden Industrien verwendet. Die Köhlerei wird zur Vermeidung zu komplizierter Begrifflichkeiten im Folgenden zu den Industrieanlagen gerechnet.

In dieser Arbeit hauptsächlich untersuchte Industriezweige sind die Eisen- und Glasherstellung sowie die Köhlerei. Aufgrund der geringen bisherigen Untersuchungen und der schlechten archäologischen und historischen Quellenlage sind die ebenfalls brennstoffintensiven Betriebe der Ziegel-, Mörtel- und Keramikherstellung nur am Rande behandelt worden. Alle genannten Industriezweige hat es im Untersuchungszeitraum in Schleswig-Holstein gegeben, auch wenn die Bedeutung der frühindustriellen Produktion im Vergleich zu der in den Montangebieten gering zu sein scheint. Neben der Eisengewinnung aus Raseneisenerz, die nach bisherigem Kenntnisstand nur bis ins Hochmittelalter Bestand hatte (z. B. HINGST 1969; 1971), existierten auch in späteren Zeiträumen bis in die frühe Neuzeit einige Glashütten (ROSENBOHM 1957; FRANZEN 1973; ERDMANN 1986, 217) und Ziegeleien (HIRSCH 1904; GLÄSER 1988; PRIES 1989), die vorrangig Baustoffe für die Städte produzierten und als frühindustrielle Komplexe angesprochen werden können. Ebenso sind große gewerbsmäßige Töpferöfen in Lübeck belegt (BUCHIN und ERDMANN 1986). Aus verschiedenen Schriftquellen (SHRU 10, 1989; MAGER 1930; KRÖGER 1990; ROHWER 1996; relevante Quellen im Anhang 11.3 aufgeführt) geht außerdem hervor, dass die Köhlerei zumindest als bäuerliches Nebengewerbe einen großen Verbreitungsgrad hatte. Die Saline in Bad Oldesloe hatte im Untersuchungszeitraum keine Bedeutung, sie wurde gegen 1164 gegründet, wenig später durch Heinrich den Löwen zerstört und vor Beginn des 17. Jahrhunderts nicht wieder in Betrieb genommen (DANCKWERTH 1652, 238).

Neben der Industrie stellt der Wald als Energielieferant einen weiteren Untersuchungsschwerpunkt dar. Aus den Wäldern Schleswig-Holsteins stammte das Brenn- und Kohlholz für die untersuchten Industriezweige. Durch die unterschiedlichen Waldnutzungsformen und die unterschiedlichen geologischen Voraussetzungen jedoch stellt sich der Wald als komplexes und auf vielerlei Wechselwirkungen basierendes System dar, welches sich nur schwer vollständig umschreiben lässt. Während die Waldnutzungsaspekte der Brenn- und Kohlholzwirtschaft den Kern der Gesamtuntersuchung bilden, werden die Entnahme von Bau- und Nutzholz sowie die Nebennutzungen wie Waldbeweidung und Laubschneitelung nur am Rande thematisiert.

1.3 Forschungsgeschichte

Zur Erforschung der mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Waldwirtschaft, auch in Verbindung mit dem Holzverbrauch durch Eisenverhüttung, Glashütten und andere

Großverbraucher, wurden in mehreren Gebieten Untersuchungen durchgeführt. Meist lag der Untersuchungsschwerpunkt in den historischen Wissenschaften. Die ältesten umfassenden Untersuchungen zur Beeinflussung der Landschaft in geschichtlicher Zeit im Herzogtum Schleswig stammen von F. MAGER (1930). Er zeichnete anhand von Amtsrechnungen, Brucheregistern und Fuhrlisten ein umfassendes Bild der Waldbeeinflussung durch die mittelalterliche Landwirtschaft und entwickelte mit Hilfe von alten Landkarten und der Verbreitung von Rodungsflurnamen historische Waldverbreitungskarten. Der Holzverbrauch durch die frühe Industrie wird wenig behandelt, wohl aber die aus seiner Sicht negative Waldbeeinflussung durch die bäuerliche Köhlerei. Eine umfassende Aufarbeitung der spätmittelalterlichen Forstordnungen des gesamten deutschsprachigen Raumes und eine Bewertung der frühen Waldgesetze wurde von K. MANTEL (1980) durchgeführt. Trotz der teils strengen Regularien muss jedoch die Einhaltung der Gesetze als fraglich gelten. Speziell für Schleswig-Holstein arbeitete W. HASE (1997) anhand der überlieferten Schriftquellen die Wald- und Forstgeschichte auf, allerdings geht auch er wenig auf die Bedeutung der frühen Industrie ein.

Als erstes umfassendes Werk, welches die Verbindung von der reinen Forstgeschichte zu einer reflektierten Beurteilung des Zusammenspiels von Waldwirtschaft und früher Industrie zieht, ist die Monographie „Holz, ein Naturstoff in der Technikgeschichte“ von J. RADKAU und I. SCHÄFER (1987, Neuauflage 2005) zu nennen. Erstmals kommt hier zum Ausdruck, dass die Forstordnungen, die bei MANTEL (1980) und MAGER (1930) als beispielhafte Regularien zur Schonung des Waldes angesehen wurden, vorrangig dazu dienten, die landwirtschaftliche Nutzung der Wälder zu unterbinden, um mehr Wald an die industriellen Großverbraucher beziehungsweise an den landesherrlichen Holzhandel abgeben zu können und entsprechenden Geldgewinn zu erwirtschaften (RADKAU und SCHÄFER 1987, 65).

Auch in der archäobotanischen Forschung wurde die Frage der Waldbeeinflussung durch Großverbraucher mehrfach behandelt. Besonders hervorzuheben sind die Arbeiten von M.-L. HILLEBRECHT (1982), T. LUDEMANN (1996) und O. NELLE (2002; LUDEMANN und NELLE 2002), die anhand von Holzkohlen aus den Befunden von Köhlerstellen, Eisenverhüttungsplätzen und Glashütten Rückschlüsse auf die genutzten Waldformen zogen. Die durch die genannten Arbeiten eröffneten Möglichkeiten wurden zum Teil auch in archäologisch orientierten Untersuchungen genutzt (z. B. in JOCKENHÖVEL und WILLMS 2005). Neben den genannten Arbeiten existieren einige Untersuchungen, in denen die archäologische Forschung durch Experimente zum Holzverbrauch in früher Industrie ergänzt wird. Neben der Publikation einzelner Versuche (z. B. HOLSTEN und NIKULKA 1990; HOLSTEN u. a. 1991; ČERNA 1996; LUND und JOUTTUJARVI 2000) stellte P. THOMMES (1997) eine Vielzahl von Experimenten zum Holzverbrauch von Köhlereien, Eisen- und Kupferhütten zusammen, um sie mit verschiedenen Waldwirtschaftssystemen in Beziehung zu setzen. Eine ähnlich übergreifende, jedoch nur auf einen Fundort bezogene Publikation besteht in der Untersuchung des kaiserzeitlichen Eisenverhüttungsplatzes Joldelund (JÖNS 1997). Aus allen bisher genannten Publikationen

wird deutlich, dass eine einigermaßen umfassenden Beschreibung der Waldwirtschaft und deren Beeinflussung durch die frühe Industrie nicht durch die alleinige Verwendung einer wissenschaftlichen Methode geschehen kann. Aus diesem Grunde ist die Anzahl der fächerübergreifenden Publikationen und Sammelbände recht hoch (z. B. JOCKENHÖVEL 1996b), so dass durch die aufgeführten Arbeiten ein breit gefächertes Spektrum an Methoden und publiziertem Material zur Verfügung steht, mit dem es möglich wird sich auch der Frage nach der spätmittelalterlichen Waldwirtschaft in Schleswig-Holstein zu nähern.

1.4 Quellen und Quellenkritik

Grundsätzlich können aus vier Quellengattungen Informationen zum Holzverbrauch durch die frühe Industrie gewonnen werden. So können aus historischen Quellen, archäologischen Befunden, botanischen Resten (in diesem Fall besonders Holz- und Holzkohle) und Literatur zu experimentellen beziehungsweise ethnografischen Vergleichen Hinweise und verschieden zu interpretierende Zeugnisse zur Waldnutzung und Betriebstechnik der frühen Industrie gewonnen werden. Damit steht ein breites Spektrum an Material zur Verfügung, die Fragestellungen zu bearbeiten. Neben der Darstellung des Quellenmaterials erfolgen außerdem die Diskussion der Aussagemöglichkeiten jeder einzelnen Quellengattung sowie die Darlegung der Aussagekraft von überregionalen oder zeitübergreifenden Vergleichen.

1.4.1 Historische Quellen

Eine breite Grundlage an auswertbaren Daten stellt die schriftliche Überlieferung dar. Aufgrund der mannigfachen Verfügbarkeit bereits publizierter und übertragener Schriftquellen wurde auf eine eigene Archivarbeit und die Erschließung bislang unbekannter Quellen verzichtet.

Als schriftliche Zeugnisse bezüglich der mittelalterlichen Waldwirtschaftspraktiken stehen seit dem Frühmittelalter, vermehrt allerdings erst seit Beginn des 16. Jahrhunderts in vielen Teilen Deutschlands Forstordnungen und Waldweistümer zur Verfügung (MANTEL 1980), des Weiteren existieren Beschreibungen, Landkarten und Nutzungsverträge über vorhandene Waldbestände (RADKAU und SCHÄFER 1987, JOCKENHÖVEL 1996b). Aus dem 18. und 19. Jahrhundert sind außerdem detaillierte Beschreibungen zur Bewirtschaftung der damals noch großflächig vorhandenen Mittel- und Niederwaldbestände überliefert (z. B. CARLOWITZ 1713; ENDRES 1888; HAMM 1896).

In Schleswig-Holstein finden sich ab dem Hochmittelalter vereinzelt, häufiger jedoch erst ab Beginn des 16. Jahrhunderts historische Quellen zum Umgang und zur Bedeutung des Waldes. Zu nennen seien hier zuerst Kaufverträge über Waldflächen, die ab dem Hochmittelalter in größerer Zahl vorhanden sind (SHRU 1886a; 1886b; 1889; 1912; 1962-1971, siehe Anhang

11.3.5, 11.3.6, 11.3.7 und 11.3.8). Ab dem 15. Jahrhundert sind außerdem Klosterregularien, Abgabelisten und Amtsrechnungen in größerer Zahl vorhanden, so dass in Einzelfällen sogar ein Umfang der Holztransporte und Waldberechtigungen rekonstruierbar wird (SHRU 10, 1989; MAGER 1930; Kröger 1990; Rohwer 1996). So sind sowohl Brennholz- als auch Kohlholzlieferungen im Rahmen der Fuhr- und Spanndienste und der Verkauf verschiedenster Wald- Bruch- und Gebüschformen verzeichnet, allerdings ohne dass auf die weitere Verwendung des Holzes hingewiesen wird. Ab dem späten 16. Jahrhundert beziehungsweise im 17. Jahrhundert werden die ersten landesweit geltenden Waldgesetze erlassen (MAGER 1930, 188; HASE 1997, 51-52) sowie die Waldvergabe an Industriebetriebe erstmalig erwähnt (PÖHLS 1956; SHRU 15, Q. 2378, S. 231-232).

Auch wenn aus den schriftlichen Überlieferungen des späten Mittelalters wenig über die Intensität der Waldnutzung zu erfahren ist, zeigen doch die vergleichsweise spärlichen Angaben (vorrangig publiziert bei MAGER 1930; siehe auch PÖHLS 1956; KRÖGER 1990; ROHWER 1996; HASE 1997), dass die Waldhude von Schweinen, der Brennholzeinschlag und die kleingewerbliche Köhlerei in vielen Regionen erhebliche Waldeingriffe zur Folge gehabt haben muss. Erst ab dem 17. Jahrhundert jedoch sind detaillierte Beschreibungen des Waldbestandes und der Bestockungsdichte verfügbar (PÖHLS 1956; KRÖGER 1990).

Verschiedene Bildzeugnisse des späten Mittelalters und der frühen Neuzeit (AGRICOLA 1556, übersetzt und neu herausgegeben durch das deutsche Museum München 2006, RADKAU und SCHÄFER 1987; TOMANN 1988; BRAUN und KONOLD 1998; KLEINSCHMIED 2007), geben ebenfalls Auskunft über die Erscheinungsformen der spätmittelalterlichen Waldgebiete, allerdings sind derartige nicht aus Schleswig-Holstein bekannt. Auffällig sind die häufig abgebildeten Kulturformen wie Kopfweiden und Niederwälder, aber auch die durch intensive Weide- und Schneitelwirtschaft verkrüppelten und drehwüchsigen Bäume. Auch wenn diese Abbildungen nicht zwingend einen historischen Realitätszustand darstellen, so zeigen sie doch, was sich ein mittelalterlicher Künstler unter einem Baum beziehungsweise einem Wald vorstellte.

Ab dem 16. Jahrhundert lassen Landkarten einen Einblick in die Waldflächenentwicklung Schleswig-Holsteins zu. Die Schleswig-Holstein darstellenden Landkarten des 16. Jahrhunderts (OLAUS MAGNUS 1539, Übersetzung Frode 1996; JORDANUS 1559; BÖCKEL 1559; LORICHS 1568; FRESE 1576; 1577; 1588; 1602; ORTELIUS 1572, Quellenkritik zu den Karten bei WITT 1982) sind jedoch nicht umfassend oder genau genug, um den Waldbestand Schleswig-Holsteins in der betreffenden Zeit eindeutig darzustellen. Erst mit den historischen Karten ab Mitte des 17. Jahrhunderts (DANCKWERTH 1652; VARENDORF 1796; DU PLATH 1804-1805; GEERZ 1850) ist eine ausreichende Genauigkeit gegeben, so dass die Waldflächenentwicklung nicht nur in groben Zügen zurückverfolgt werden kann.

Da vor 1800 kaum mit Aufforstungen zu rechnen ist, kann davon ausgegangen werden, dass die dargestellten Waldflächen auf den Karten des Johannes Mejer (DANCKWERTH 1652) aus dem Zeitraum um 1650 den spätmittelalterlichen Minimalbestand darstellen. Ein großes Problem stellt bei der Rekonstruktion der Waldgebiete jedoch die Georeferenzierung der

Karten dar. Während die VARENDORFSche Karte (1796) bereits trigonometrisch eingemessen ist und sich Flurgrenzen und Wasserläufe problemlos auf modernen Karten orten und damit auch georeferenziert darstellen lassen, weist die Mejersche Karte teils so starke Verzerrungen auf, dass die eingezeichneten Waldgebiete nur in groben Zügen lokalisiert werden können.

Die für die Erstellung dieser Arbeit verwendeten Landkarten sind:

- Die Landkarten des Johannes Mejer (DANCKWERTH 1652)
- Landesaufnahme des Herzogtums Schleswig durch Gustav Adolf von VARENDORF (1789-1796)
- Landesaufnahme des Herzogtums Schleswig durch Heinrich DU PLAT (1804-1805)
- Preußische Landesaufnahme 1871 (in MAGER 1930)
- Topographische Karte von Schleswig Holstein 1: 25.000 (1967)
- Topographische Karte von Schleswig-Holstein 1:25000 (2005)

Der zeitliche Abstand zwischen den historischen Karten liegt bei etwa 150 Jahren, entsprechend einem Baumalter, für die jüngere Vergangenheit wurde der zeitliche Abstand etwas geringer gewählt, da die Umtriebszeiten in forstlich bewirtschafteten Wäldern deutlich kürzer sind.

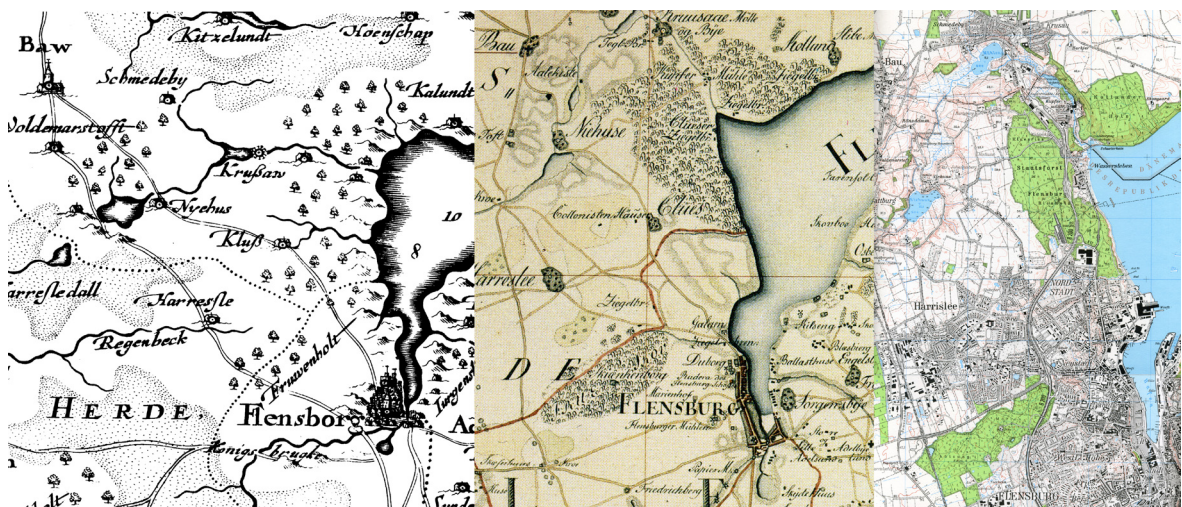


Abb. 2: Beispielhafte Darstellung des Waldstückes Kluesries bei Flensburg in den Landkarten von DANCKWERTH (1652), DU PLATH (1804-1805) und der aktuellen Landesaufnahme des Landesvermessungsamtes Schleswig-Holstein (2006).

Als weiteres Indiz für eine ehemalige Waldbedeckung können außerdem Flur- und Ortsnamen gelten, welche eine vor Namensgebung erfolgte Rodung nahe legen. Diese Methode ist mit gewissen Unsicherheiten behaftet, da viele Namensdeutungen mehrfache Deutungen zulassen und nicht immer das vordergründig Anzunehmende zur Namensgebung geführt haben muss. Auf Grundlage der Orts- und Flurnamenforschung rekonstruierte MAGER (1930) die Waldbedeckung vor der großen Siedlungsperiode des Hochmittelalters (vergl. Abb.

5). Die Ortsnamen im Osten Schleswig-Holsteins legte A. SCHMITZ (1986) vor, auch hier sind aus den Ortsnamen vielfach Hinweise auf eine vormalige Waldbedeckung zu finden.

Die schriftliche Überlieferung der mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Industrie- und Bergbautechniken beschränken sich zwar fast ausschließlich auf Gebiete außerhalb Schleswig-Holsteins, dennoch lassen sich viele Arbeitsschritte aufgrund der Ähnlichkeit vieler archäologischer Befunde auch auf die schleswig-holsteinischen Industriebetriebe übertragen. Über die verschiedenen Industriezweige, die in Schleswig-Holstein durch historische und archäologische Forschung belegbar sind, ist aus der historischen Überlieferung vor dem 18. Jahrhundert ausgesprochen wenig zu entnehmen. Auch wenn aus dem 16. bis 18. Jahrhundert einige umfassende Beschreibungen verschiedener Industriezweige aus anderen Regionen vorliegen (BIRINGUCCIO 1540, Übersetzung Johannsen 1925; AGRICOLA 1556; KUNCKEL 1679; FLORINUS 1705; CARLOWITZ 1713; DUHAMEL DU MONCEAU 1762), wird die Verfügbarkeit von Brennholz als grundlegende Betriebsvoraussetzung genannt, jedoch (mit Ausnahme von CARLOWITZ 1713) nur am Rande thematisiert oder gar quantifiziert.

Nur in seltenen Fällen sind aus Mittelalter und früher Neuzeit historische Angaben zum Holzkohle- oder Brennholzverbrauch erhalten (FREISE 1908; PÖHLS 1956; SANDER-BERKE 1995; 1996). Erschwerend kommt hinzu, dass die wenigen überlieferten Angaben alles andere als präzise sind; die alten Maßeinheiten lassen nur zum Teil eine Umrechnung in heutige Maßsysteme zu.

Besondere Unsicherheiten treten bei der historischen Erwähnung besonders großer Holzmengen auf. Hier wird meist auf die Raumangabe verzichtet, stattdessen allein die gerodete oder in Nutzung gezogene Waldfläche angegeben. Angaben wie: „200 Quadratruten Strauchwald“ oder „mindestens 2000 Buchen“ lassen sich nur schwer in heutige Maßsysteme überführen. Hier kann allein eine forsthistorische Abschätzung aufgrund des beschriebenen Waldzustandes geschehen, die im Idealfall durch eine Holzkohleanalyse unterstützt werden kann. Grundlage der Bestandsschätzungen sind die durchschnittlichen Vorratswerte für die jeweilig beschriebene Waldform pro Hektar (Berechnungen nach KRAMER 1988), beziehungsweise bei Verwertung einzelner Baumindividuen die durchschnittliche Holzmasse pro Baum (Berechnungen nach RUBNER 1955, 209-212), soweit ungefähre Alters- oder Durchmesserangaben zur Verfügung stehen, wie dieses bei einzelnen Glashüttenverträgen in Schleswig-Holstein der Fall ist (PÖHLS 1956).

Das Einzugsgebiet einer mittelalterlichen Industrieanlage muss aufgrund der historischen Quellenlage in den meisten Fällen rein spekulativ bleiben, da die Länge der in Kauf genommenen Transportwege oder die genaue Lage der genutzten Waldstücke selten erwähnt wird. Die Größenordnungen der einzelnen Transportstrecken können allein aus der Nennung von Namen und Orten im Bereich der bäuerlichen Köhlerei in Klosterarchiven und Amtsregistern abgeschätzt werden.

1.4.2 Archäologische Quellen

Eine weitere wichtige Quellengattung zur Rekonstruktion von Betriebstechnik und Holzverbrauch sind die Fundstellen von frühen Industrieanlagen selbst.

Die Befunde von Öfen, die Größe und Anzahl von Meilerstellen und die Mächtigkeit von Schlacke- oder Abraumphalden können einen deutlichen Eindruck vom Produktionsumfang der betreffenden Anlage vermitteln, eventuell nachzuvollziehende stratigraphische Abfolgen ermöglichen außerdem eine Abschätzung des Produktionszeitraumes.

In Schleswig-Holstein sind mehrere Produktionsstätten von Eisen, Glas und Holzkohle bekannt, jedoch sind die meisten Fundstellen des Mittelalters und der frühen Neuzeit durch Acker- und Straßenbau sowie durch forstliche Umstrukturierungen zerstört, so dass nur wenige aussagekräftige Befunde zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung stehen. Zudem sind die wenigen archäologisch untersuchten Fundstellen meist nur unzulänglich als kurze Grabungsberichte publiziert, worin die Abschätzung von Produktionsumfang und Brennstoffverbrauch sowie eine genauere chronologische Einordnung nur selten erfolgte.

Während die Eisenverhüttungsanlagen und Eisenverarbeitungsplätze der römischen Kaiserzeit und des frühen Mittelalters in Schleswig-Holstein auf breiterer Basis untersucht und publiziert wurden (z. B. THOMSEN 1971; PIASKOWSKI 1983; JÖNS 1992-1993; 1997; HAFFNER u. a. 2000), sind die Eisenverhüttungsanlagen des Hoch- und Spätmittelalters deutlich geringer repräsentiert (HINGST 1969; 1971; 1974).

Auch die archäologische Überlieferung von Meilerstellen gestaltet sich aufgrund der Unauffälligkeit der Befunde als schwierig. Auf vielen Ackerflächen weisen deutlich schwarz gefärbte Bereiche auf ehemalige Feueraktivität, eventuell auch Meilerstellen hin, jedoch sind diese unspezifischen Befunde ohne sichere Kontextzuweisung nicht ausreichend interpretierbar. Allein im Riesewohld in Dithmarschen und im Raum Bargstedt wurden bislang ungestörte Meilerstellen als Bodendenkmal erkannt, so dass hier archäologische Bearbeitungsmöglichkeiten bestehen (ARNOLD 2006; EHLERS 2006).

Die archäologische Untersuchung der Glasherstellung in Schleswig-Holstein beschränkt sich im Wesentlichen auf die Fundberichte privater Sammler, die Auswertung einiger archäologisch untersuchter Glashüttenstandorte steht bislang noch aus. Insgesamt muss die frühe Industrie in Schleswig-Holstein als weitgehend unbearbeitet gelten.

Weitaus besser gestaltet sich die archäologische Quellenlage im überregionalen Vergleich. Gerade in den Mittelgebirgen sind aufgrund der unwegsamen und für Ackerbau meist ungeeigneten Geländestruktur viele Standorte früher Industrieanlagen erhalten geblieben, so dass die hier gewonnenen Daten ungleich umfangreicher sind (z. B. HILLEBRECHT 1982; JOCKENHÖVEL und WILLMS 2005; KRASA 1931; LUDEMANN 1995; 1996; 2008; NELLE 2002; RADKAU und SCHÄFER 1987; STEPHAN 1988-1989; THOMMES 1997; WINGEN 1982).

Auf die Kartierung und Erforschung mittelalterlicher oder frühneuzeitlicher Meilerstellen wurde im Mittelgebirgsraum, gerade im Zusammenhang mit anthrakologischer Forschung,

schon früher ein Forschungsschwerpunkt gesetzt (z. B. HILLEBRECHT 1982, siehe auch NELLE 2002, LUDEMANN und NELLE 2002). Umfangreichere Untersuchungen zu mittelalterlichen Eisenverhüttungsanlagen existieren aus Niedersachsen (SCHULZ 1972, 1973) sowie aus verschiedenen Mittelgebirgsregionen (z. B. JOCKENHÖVEL und WILLMS 1993; 2005).

Glashüttenstandorte des hohen und späten Mittelalters sind in großer Zahl in den Mittelgebirgen nachgewiesen (z. B. Stephan 1988-1989, FROMMER und KOTTMANN 2004), so dass auch hier archäologisches Vergleichsmaterial zur Verfügung steht. Inwiefern das anderenorts untersuchte Material mit den Befunden in Schleswig-Holstein verglichen werden kann, muss in Einzelfällen diskutiert werden.

1.4.3 Botanische Überreste

Botanische Überreste, welche die Rekonstruktion vergangener Waldzusammensetzungen zulassen, können sich auf verschiedene Weise erhalten. In Schleswig-Holstein stehen vorrangig Pflanzenpollen aus Mooren und Holzkohlen aus Sedimenten beziehungsweise archäologischen Befunden für eine Vegetationsrekonstruktion zur Verfügung. In seltenen Fällen kann auch aus den noch bestehenden Waldbeständen oder einzelnen Baumindividuen auf die ehemalige Waldstruktur geschlossen werden.

Die Problematik der Pollenanalyse zur Rekonstruktion der Waldgebiete liegt darin, dass verschiedene Baumarten unterschiedlich viele Pollen mit unterschiedlichen Flugeigenschaften und unterschiedlicher Haltbarkeit produzieren und somit die Interpretation eines Pollenprofils mitunter nicht die gewünschte Eindeutigkeit zulässt (zur Diskussion dieser Problematik siehe z. B. VERA 2002, 61-101). Auch wenn für ein Gebiet in mehreren Mooren eine Dominanz der Baumpollen festgestellt werden kann, darf keinesfalls direkt auf einen großflächigen Waldbestand geschlossen werden, da die Eintragsrate von Pollen neben der offenen Moorfläche außerdem von der jeweils vorhandenen Vegetation im Uferbereich abhängig ist. Die Anteile von lokalem, regionalem und überregionalem Polleneintrag können so in einem unbekanntem Maße variieren, eine Kalibrierung, die eine Umrechnung der Pollendiagramme in eine realistische Vegetationszusammensetzung ermöglicht, gestaltet sich bisher als schwierig (Sugita 2007a; 2007b). Die einzugrenzenden Waldgebiete gestalten sich demnach äußerst unscharf. Speziell zur Rekonstruktion der Energiewirtschaft eignet sich die Pollenanalyse wenig, da unklar bleibt, aus welchen der nachzuweisenden Arten der Energiebedarf gedeckt wurde. Außerdem besteht keine Möglichkeit, aus dem Pollen auf die Wuchsform und den Zustand des Baumindividuums zu schließen. Die vielfältigen Waldnutzungen, die sich durch Landwirtschaft, frühe Industrie, verschiedenste Bautätigkeiten und häuslichen Verbrauch ergaben, beanspruchten den Wald in der Art, dass mit einem äußerst vielseitigen Erscheinungsbild des Waldes zu rechnen ist. Dieses durch Nutzung veränderte Waldbild jedoch lässt sich mit Hilfe der Pollenanalyse nicht rekonstruieren. Wuchsformen und Bestandsdichte bleiben rein spekulativ.

Eine Methode zur Rekonstruktion des Waldzustandes ist die Holzkohleanalyse (Anthrakologie). Hierbei werden die weitgehend abbauresistenten Holzkohlen aus Sedimenten oder archäologischen Befunden auf ihre Holzart hin untersucht; bei größeren Stücken können außerdem Mindestdurchmesser und besondere Jahrringmuster festgestellt werden. Somit ist es bei ausreichender Probenmasse möglich, nicht nur die Holzartenzusammensetzung, sondern auch die Wuchsformen der vorhandenen Arten zu untersuchen (UNGER 1846, SPEIER 1994, PAYSEN 2008; 2009). Ein deutlicher Nachteil dieser Methode ist die zwingende Notwendigkeit des vorausgegangenen Verkohlungsprozesses, die außer nach vorangegangenen Waldbränden in natürlichen Beständen nicht gegeben ist. Dagegen ist die Methode in der Lage, die vom Menschen intentionell zur Verbrennung oder Verkohlung genutzten Hölzer zu erfassen. Da der Betrieb der frühen Industrieanlagen in der Regel immer an den Massenverbrauch von Brennholz oder Holzkohle gekoppelt war, bietet die Anthrakologie für die Fragestellung dieser Arbeit die besten Untersuchungsmethoden, da das benötigte Probenmaterial vorhanden ist. Für die Archäologie wegweisende anthrakologische Untersuchungen wurden u. a. von HILLEBRECHT (1982), NELLE und BANKUS (2002) und LUDEMANN und NELLE (2002) durchgeführt, besonders die Verbindung von Pollenanalysen und anthrakologischen Untersuchungen hat in jüngerer Zeit zu umfassenden Ergebnissen im Bezug auf die Vegetationszusammensetzung und die praktizierten Waldnutzungen geführt (NELLE 2002, KLEMM u. a. 2007, 327; MISCHKA u. a. 2007).

Auch durch die Beobachtung überdurchschnittlich alter Baumindividuen ist es in begrenztem Umfang möglich, einen Einblick in die Beschaffenheit der mittelalterlichen Wälder zu erhalten. Einige wenige Baumindividuen, die als Naturdenkmale oftmals malerische Namen tragen, haben ein Alter erreicht, welches den Habitus des sie ehemals umgebenden mittelalterlichen Waldes (Hudewald oder Niederwald bzw. Kratt) noch gut erkennen lässt. Leider schwindet diese Möglichkeit mehr und mehr; die durchschnittliche Altersgrenze der Bäume ist so weit überschritten, dass sich ihr Bestand zunehmend verringert. So lassen sich in Einzelfällen mittelalterliche Gegebenheiten rekonstruieren, z. B. bei den Ivenaker Eichen (Landkreis Demmin, Mecklenburg-Vorpommern) oder der Königseiche im Kreisforst Koberg (Landkreis Herzogtum Lauenburg, Schleswig-Holstein). Auch in den noch in Nordwestdeutschland bestehenden Hudewaldgebieten (POTT und HÜPPE 1991) vermittelt die rezente, durch Beweidung geprägte Landschaft einen Eindruck der historischen Hudewaldmorphologie.

In den meisten Fällen ist das historische Waldbild jedoch spätestens durch die massiven Aufforstungsmaßnahmen nach dem 2. Weltkrieg so stark überprägt worden, dass kaum Rückschlüsse auf die vormalige Waldgeschichte möglich sind.

1.4.4 Experimentelle und ethnografische Vergleiche

Die experimentelle Nachstellung historischer Produktionsverfahren auf Grundlage der archäologischen Befundsituationen sowie die Beobachtung und Dokumentation traditioneller Produktionstechniken in Afrika und Asien bieten die Möglichkeit, die Abläufe komplexerer Produktionsprozesse zu begreifen und rezente Daten zum Brennholz- und Holzkohleverbrauch sowie zur Effektivität einzelner Verfahren zu erheben. Daneben ist es möglich festzustellen, inwiefern sich die einzelnen Produktionsschritte und Betriebsmaterialien nach Abschluss des Prozesses noch im verbleibenden Befund nachweisen lassen. Durch den Vergleich mit archäologischem Material werden viele der archäologischen Befunde weitaus besser interpretierbar, da der Produktionsumfang und der Brennstoffbedarf greifbar werden.

Auf Grundlage experimenteller und ethnografischer Vergleiche sind in der experimentalarchäologischen oder technisch-archäologischen Literatur häufig Angaben zum Brennstoffbedarf beziehungsweise verschiedene Verbrauchshochrechnungen zu finden (z. B. HOLSTEN u. a. 1991; ČERNA 1996; LAMMERS 1996; LOIBL 1996; THOMMES 1997; WEDEPOHL 1998; KURZMANN 2003; REEPEN und DREXLER 2004; LUND und JOUTTIJÄRVI 2000). Trotz der dadurch bereitgestellten Datenmenge müssen die sich daraus ergebenden Hochrechnungen für ur- und frühgeschichtliche Zeiten als vage gelten, werden doch zu den einzelnen Experimenten und Hochrechnungen - gerade im Bereich der Eisen- und Glasproduktion - teils sehr unterschiedliche Verbrauchsmengen angegeben. Hinzu kommt, dass zumindest bei der Eisenherstellung die benötigte Holzmenge in hohem Maße von der Qualität der verwendeten Rohmaterialien abhängt, dass jedoch nur in seltenen Fällen eine genauere Spezifizierung der im Experiment verwendeten Erze vorgenommen wurde (siehe hierzu THOMMES 1997).

Besonderes Augenmerk wird in dieser Arbeit auf den Informationsgewinn durch die experimentelle Verkohlung von Holz gelegt, da vor dem Hintergrund einer anthrakologischen Interpretierbarkeit bislang zu wenige Experimente durchgeführt wurden. Hierdurch werden auch die Holzkohlebefunde von archäologisch untersuchten Meilerstellen im Hinblick auf die genutzte Waldzusammensetzung in Holzarten und Wuchsformen feiner interpretierbar.

Die Datenbasis zur frühen Eisenindustrie ist aufgrund der vielzähligen Experimente in ganz Europa (NIKULKA 1990; THOMMES 1997; LUND und JOUTTIJÄRVI 2000; REEPEN und DREXLER 2004) breit gefächert, in der Regel sind die Gewichtsverhältnisse von verwendetem Erz, eingesetzter Holzkohle, gewonnenem Eisen und erzeugter Schlacke aufgenommen worden. Ähnliche Aufzeichnungen existieren von verschiedenen rezenten Eisenproduktionsstätten in Persien, Indien, Mittelasien, Afrika und Katalanien (FREISE 1908, JOHANNSEN 1953), deren Technologiestand durchaus mit dem des europäischen Mittelalters vergleichbar ist. Durch diese Aufzeichnungen wird es möglich, anhand einer ungestörten Schlackenhalde, deren Volumen und Gewicht errechnet werden kann, den Holzkohle oder Holzverbrauch der Anlage in ihrer Größenordnung zu rekonstruieren.

Die experimentelle Herstellung von Glas sowie die Vorbereitung der Glaszwischenprodukte ist bis heute nur in geringem Umfang durchgeführt worden.

2 Methodisches Vorgehen

Auf die eingangs formulierten Fragen bieten die unterschiedlichen Quellengattungen mehrere Möglichkeiten, einzelne Aspekte zu beantworten, wobei zur Bearbeitung einer jeden Frage unterschiedliche Schwerpunkte in der Auswahl und der Gewichtung der Quellen gelegt werden. Es ist möglich, dass man auf Basis der verschiedenen Methoden der Materialbearbeitung zu unterschiedlichen Ergebnissen gelangt. Mögen die Ergebnisse so im ersten Moment widersprüchlich erscheinen, zeigen doch die unterschiedlichen Bearbeitungswege, mit welchen Unsicherheiten die angestrebten Hochrechnungen zu Materialverbrauch oder Waldflächen behaftet sein können.

2.1 Ermittlung von Waldflächen, Waldnutzung und Waldzustand

Zur Ermittlung der im Hoch- und Spätmittelalter vorhandenen Waldflächen werden Schriftquellen, in denen die Nutzung und die Lage von Waldgebieten erwähnt werden ebenso herangezogen wie historische Landkarten, auf denen Waldflächen verzeichnet sind. Daneben bietet sich die Möglichkeit, anhand von Rodungsflurnamen die Gebiete, in denen Waldrodungen stattfanden, einzugrenzen, um vormalige Waldbedeckungen zu rekonstruieren. Als naturwissenschaftliche Quellen bieten vorrangig Pollenprofile die Möglichkeit, auf ehemalige Waldverbreitung zu schließen (vergl. Kapitel 3.1).

Interessanter im Zusammenhang mit der Fragestellung nach dem Holzverbrauch durch frühe Industrieanlagen ist nicht die Frage nach dem Umfang der vorhandenen Waldbestände, sondern die Frage nach der Größe des Einzugsgebietes der betreffenden Anlagen. Hier liefern Schriftquellen aus dem Bereich der bäuerlichen Köhlerei und der frühindustriellen Glasherstellung des 15. und 16. Jahrhunderts konkrete Angaben, die jedoch nur in Einzelfällen zur Rekonstruktion der Transportwege genutzt werden (vergl. Kapitel 5.1.3 und 6.8.4).

Die Nutzung der schleswig-holsteinischen Wälder lässt sich auf verschiedene Weise rekonstruieren. Um einen überregionalen Eindruck von den verschiedenen Waldnutzungspraktiken zu erhalten, sind die vielfältigen schriftlichen Quellen genutzt worden, welche die Waldwirtschaft direkt oder indirekt betreffen. Aus Mastregistern sowie lokalen Gesetzgebungen, Regularien und Gerichtsakten geht für viele Gebiete hervor, unter welchen Nutzungen die Waldgebiete standen und wie sich die Nutzung auf den Waldbestand auswirkte (vergl. Kapitel 3.2), außerdem sind Verkäufe von Waldflächen und Holzdiebstähle verzeichnet (z. B. MAGER 1930; SHRU 10, 1989).

Daneben sind die sich bietenden botanischen Überreste an einem archäologischen Fundort genutzt worden, um die Waldnutzung zum Betriebszeitpunkt genauer zu beschreiben, da jede

über einen längeren Zeitraum erfolgte Nutzung Einfluss auf Artenzusammensetzung und Ausprägung des Waldbestandes hat. Auf diese Weise können auch Nutzungen festgestellt werden, die parallel zu der frühindustriellen Waldnutzung stattfanden und nicht in schriftlicher Form überliefert wurden. Daneben zeigt gerade die Holzkohleanalyse, welche Holzarten in welchen Durchmessern vorrangig zur Bereitstellung von Brennmaterial genutzt wurden, so dass sich ein durchaus differenziertes Waldbild inklusive der in Nutzung stehenden Holzdurchmesser rekonstruieren lässt (vergl. Kapitel 2.4).

Eng gekoppelt an die Beschreibung der Waldnutzung ist die Ermittlung des Waldzustandes und des daraus resultierenden Holznachwuchses, daher finden sich schon in der schriftlichen Überlieferung des Spätmittelalters an vielen Stellen Angaben bezüglich des durch Über- oder Fehlnutzung veränderten Waldzustandes. Die Auswertung der forstwissenschaftlichen Literatur des 18. und 19. Jahrhunderts schafft die Möglichkeit, die Auswirkungen verschiedener, heute unüblicher Waldnutzungen auf Zustand und Zuwachs der Wälder abzuschätzen, da in diesen Zeiten noch viele der Nebennutzungen durchgeführt und dementsprechend von der Forstwissenschaft behandelt wurden. Ergänzt werden diese Untersuchungen durch die Ergebnisse der experimentellen Forschung. Die Auswirkungen von Waldweide, Laubschneitelung oder Niederwaldwirtschaft auf den bestehenden Waldbestand in Artenzusammensetzung, Wuchsformen, Zuwachs und Bestandsdichte sind in verschiedenen Regionen dokumentiert worden, so dass es möglich ist durch einen Vergleich von Artenspektren und Durchmesserzusammensetzungen aus archäologischen Fundstellen und Versuchsflächen auf den Waldzustand zu schließen (vergl. Kapitel 2.3.4). Neben den historischen und experimentellen Untersuchungen zu historischen Waldnutzungsformen werden die Erkenntnisse der modernen Forstwissenschaft herangezogen, um Zuwachs, Konkurrenzverhalten und Standortansprüche der verschiedenen Waldgehölze zu beschreiben. Die Kenntnis des rezenten Waldbestandes im potenziellen Einzugsbereich einer historischen Industrieanlage schafft eine zusätzliche Möglichkeit, den ehemaligen Holznachwuchs aufgrund der zu rekonstruierenden Waldzusammensetzung und der gegebenen Standortbedingungen einzugrenzen.

Da nicht für jeden behandelten Fundort die hier aufgeführte Quellenbasis vorhanden ist, wird im Folgenden für jede untersuchte Anlage die Aussage nach der zur Verfügung stehenden Waldfläche und dem ehemaligen Waldzustand anhand der spezifischen Quellenlage neu diskutiert.

Um die beschriebenen Aussagemöglichkeiten der Holzkohleanalyse zur Rekonstruktion verschiedener Waldbestände und Wuchsformen in der notwendigen Weise abzusichern, wurden mehrere Kohlenmeiler mit unterschiedlichen Holzchargen betrieben, wobei Aufbau, Betrieb und Holzkohleertrag dokumentiert wurden. Durch den Vergleich der Meilerchargen mit den quasi willkürlich gezogenen Holzkohleproben wurde so eine Möglichkeit geschaffen, die Holzkohleprobe mit dem genutzten Waldbestand zu vergleichen (vergl. Kapitel 4).

2.2 Rekonstruktion des Brennstoffverbrauchs früher Industriestandorte

Die Abschätzung des Brennstoffbedarfs der verschiedenen Industrieanlagen geschieht zum einen durch die Auswertung schriftlicher Quellen, zum anderen durch experimentelle oder ethnografische Beobachtungen (Kapitel 5).

Bei der Auswertung der schriftlichen Quellen treten mehrere Schwierigkeiten auf, wenn man exakte Werte zum Brennstoffverbrauch erhalten möchte. Das vorwiegende Problem besteht darin, dass in der spätmittelalterlichen Literatur nur in seltenen Fällen Angaben zum Brennstoffverbrauch in Form von Holzkohle oder Brennholz überliefert sind. Meist stellt die ausreichende Menge von Brennmaterial die Grundvoraussetzung des Betriebes dar, die nicht weiter quantifiziert wird (z. B. AGRICOLA 1556, 26).

Sofern schriftliche Überlieferungen zum Brennstoffbedarf vorhanden sind (z. B. FREISE 1908 110-112; PÖHLS 1956; SANDER-BERKE, 1995; 1996) ist die Überführung der alten Maße in heutige Maßsysteme mit größeren Unsicherheiten behaftet. In der Regel wurde Brennholz mit Raummaßen bezeichnet, deren Umrechnung in Raummeter (1m^3 aufgestapeltes Spaltholz mit Zwischenräumen) nur bedingt möglich ist. Demnach treten in den Berechnungen gewisse Toleranzen auf. Soweit es möglich ist, werden die alten Maße auf Raummeter umgerechnet und das Äquivalent in Festmeter (1m^3 fester Holzmasse ohne Zwischenräume) angegeben. Der in dieser Arbeit genutzte Umrechnungsfaktor beträgt 0,6. Ein Raummeter entspricht somit 0,6 Festmetern. Durch diese Umrechnung sind die alten Maße in ihrer Größenordnung mit den heutigen forstwirtschaftlichen Wachstumsmodellierungen zu vergleichen, die auf der Grundlage von Festmetern pro Hektar kalkulieren. Verbrauch und potenzieller Nachwuchs können so leichter in Beziehung gesetzt werden. Außerdem kann der auftretende Transportaufwand dargestellt werden. Die in dieser Arbeit verwendeten alten Maßeinheiten werden zum besseren Verständnis im Anhang 11.2 tabellarisch zusammengefasst und soweit möglich in das metrische System umgerechnet. Eine Angabe absoluter Umrechnungswerte wird außerdem dadurch erschwert, dass Holz je nach Holzart und Trockenzustand recht unterschiedliche Dichte aufweisen kann. In der genannten Tabelle wird zur Vergleichbarkeit der Berechnungen luftgetrocknetes Holz mit einer Dichte von $0,7\text{ g/cm}^3$ und 11% Wassergehalt angenommen.

Noch unübersichtlicher gestaltet sich die Umrechnung historisch bezeichneter Holzkohlemengen. Holzkohle kann durch Raum- oder Gewichtsmengen verzeichnet werden, wodurch es zu noch weiter reichenden Diskrepanzen bei der Umrechnung in das metrische Maßsystem kommen kann. Auch die Holzkohle kann, je nach verwendeter Holzart durchaus relevante Differenzen in der Dichte aufweisen, so dass bei der Umrechnung von Raummaßen eigentlich die zur Holzkohleproduktion verwendeten Holzarten bekannt sein sollten, was allerdings in keiner historischen Quelle der Fall ist. Um nun Holzkohlemengen ebenfalls in die forstwirtschaftlichen Wachstumsmodellierungen einbinden zu können, muss eine Holzkohlemenge in Festmeter stehendes Holz umgerechnet werden, wozu neben den verwendeten Holzarten außerdem die Effektivität des Verkohlungsverfahrens bekannt sein muss.

Unabhängig von der dargestellten Problematik der Mengenrekonstruktion sind in den schriftlichen Überlieferungen der Produktionsablauf und die Produktionsdauer der einzelnen Verfahren sehr detailliert geschildert. Damit kann die schriftliche Überlieferung genutzt werden, um den Produktionsumfang einer Anlage zu umschreiben. Mittels experimenteller Vergleiche kann anhand der produzierten Materialien oder anhand der verbliebenen Abfallstoffe der Brennstoffverbrauch eingegrenzt werden.

Besonders ausführlich werden in der historischen Literatur die Abläufe und die Dauer der verschiedenen Köhlereiverfahren geschildert (Kapitel 5.1.1). Damit ist bekannt, wie viele Meilerbrände pro Saison auf einer Köhlerstelle stattfinden konnten. In Verbindung mit zahlreichen bereits publizierten, aber auch im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Experimenten zur Holzverkohlung wird in einem nächsten Schritt deutlich, wie groß die jährlich zu produzierende Holzkohlemenge auf einer Meilerstelle gegebener Größe anzusetzen ist, da Menge oder Holzmasse des eingestellten Holzes, Volumen des Meilers, Dauer und Effektivität des jeweiligen Verkohlungsverfahrens historisch bekannt oder experimentell dokumentiert sind (vergl. Kapitel 5.1.4).

Auch für die Eisenverhüttung sind vielfältige Experimente publiziert, bei denen der Holzkohleverbrauch pro produzierter Gewichtseinheit Schlacke und Eisen dokumentiert wurde (vergl. Kapitel 5.2.4). Unter Kenntnis der Produktivität der Verhüttungs- und Verkohlungsverfahren ist es so möglich, den Holzverbrauch pro erzeugter Materialmenge zu rekonstruieren (Kapitel 5.2.5). Diese Form der Darstellung des Brennstoffverbrauchs sorgt dafür, dass die benötigte Brennstoffmenge unabhängig vom schwer bestimmbareren Zeitrahmen der Produktion bestimmt werden kann.

Da bezüglich der Glasherstellung zu wenige Experimente durchgeführt wurden, muss sich die Rekonstruktion des Brennstoffverbrauches im Wesentlichen auf die Auswertung der schriftlichen Überlieferung beziehen (vergl. Kapitel 5.3).

Die bis hierhin aufgezeigten Möglichkeiten zur Rekonstruktion des Brennstoffverbrauchs der frühen Industrien bezieht sich jeweils auf die konkrete Untersuchung einzelner Anlagen. Um den überregionalen Einfluss einer frühen Industrie abschätzen zu können, muss durch historische oder archäologische Überlieferung die Verbreitung der einzelnen Industriezweige sowie deren Produktionsumfang bekannt sein. Da sowohl die archäologische als auch die historische Überlieferung im Untersuchungsgebiet als sehr lückenhaft gelten muss, sind überregionale Aussagen nur schwer zu treffen. Alles in allem wird aus dem dargestellten Material und den zur Verfügung stehenden Methoden klar, dass von einer präzisen Verbrauchsangabe, auf der eine überregionale Modellierung des Waldeingriffes fußen kann, Abstand genommen werden muss, da weder die Modellierungen eindeutig genug, noch die in Schleswig-Holstein vorhandenen frühen Industrieanlagen ausreichend genau dokumentiert sind. Aufgrund der oben dargestellten Unsicherheiten, einen mittleren Verbrauch für die einzelnen untersuchten

Gewerke einigermaßen realistisch anzugeben, kann der jeweilige Verbrauch nur für die jeweils untersuchte frühe Industrieanlage als Größenordnung verstanden werden.

2.3 Archäologische Prospektion

Um sowohl anthrakologische Untersuchungen durchzuführen als auch Hinweise auf den Produktionsumfang einer frühen Industrieanlage zu erhalten, ist es unerlässlich, ungestörte Anlagen ausfindig zu machen. Da in der bisherigen archäologischen Forschung in Schleswig-Holstein die notwendigen Untersuchungen zur Rekonstruktion der Energiewirtschaft für den Zeitraum des späten Mittelalters und der frühen Neuzeit nicht getätigt wurden, müssen an den ungestörten Anlagen die entsprechenden Beprobungen durchgeführt werden. Um die Suche nach den bislang nicht gestörten Anlagen effektiv zu gestalten, muss das Prospektionsgebiet in sinnvoller Weise eingeschränkt werden.

Die Standorte der frühen Industrie beschränken sich im Untersuchungszeitraum vorrangig auf die damaligen Waldgebiete, da ein Großteil der handwerklichen und frühindustriellen Produktionsabläufe sehr energie- und damit holzintensiv war und sich der Brennholztransport über weite Strecken als unmöglich gestaltete, sofern nicht die Möglichkeit der Flößerei bestand. Aufgrund ihrer Unscheinbarkeit sind viele Fundstellen im offenen Gelände so weit verschliffen, dass sie nicht mehr lokalisiert werden können. Allein unter beständiger Waldbedeckung besteht die Möglichkeit, ungestörte Anlagen zu finden. Wurde durch den übermäßigen Holzverbrauch der Industrieanlage der sie umgebende Wald vollständig gerodet, ist von einer Zerstörung der Befunde durch den meist nachfolgenden Ackerbau auszugehen. Die Möglichkeiten der archäologischen Prospektion beschränken sich somit im Kern auf die alten Waldgebiete, selbst hier hatte jedoch in vielen Fällen eine zu intensive Durch- oder Aufforstung die Zerstörung der Befunde zur Folge. Die seit dem Spätmittelalter kontinuierlich bestockten Waldflächen lassen sich durch den Vergleich der historischen Landkartenwerke ausfindig machen. Da vor 1650 in Schleswig-Holstein nicht mit großflächigen Aufforstungen zu rechnen ist, stellen die Landkarten des J. Mejer (DANCKWERTH 1652) in groben Zügen die seit der weitgehenden Wiederbewaldung der Völkerwanderungszeit (NELLE und DÖRFLER 2008) dauerhaft mit Wald bestandenen Flächen dar, die im Mittelalter erfolgten Rodungen lassen sich nicht nachvollziehen (vergl. HASE 1997, 50; HÄRDTLE 1995, 32).

Während großflächige Waldgebiete vergleichsweise einfach auch ohne georeferenzierte Darstellung in den alten Karten wiederzufinden sind, hat es sich für die Lokalisierung kleinerer Waldgebiete als besonders ergiebig herausgestellt, wenn durch Verdrehung und Verzerrung des alten Kartenbildes mindestens drei verzeichnete Siedlungen mit denen auf der heutigen Karte in Deckung gebracht werden können. Die Kartendarstellung zwischen den Siedlungen erlangt dadurch ein interpretierbares Niveau, jedoch kann von einer wirklichen Georeferenzierung auch bei dieser Methode nicht gesprochen werden. Sofern sich in allen

Landkarten vom 17. Jahrhundert bis zu den aktuellen Landkarten ein Waldgebiet nachweisen lässt, ist von Bestockungskontinuität auszugehen, allerdings lassen sich Neuaufforstungen, die sich durch die Reparationseinschläge nach dem zweiten Weltkrieg ergeben haben, durch den Vergleich der Kartenwerke allein nicht ausfindig machen. Meist wurden bestehende Waldgebiete stark aufgelockert oder gerodet und unverzüglich neu aufgeforstet. Da oftmals Nadelholzsatz verwendet wurde, sind in jüngerer Zeit aufgeforstete Gebiete gegebenenfalls durch die Nadelholzsignatur der Landkarte zu erkennen, bei aufgeforsteten Laubwäldern jedoch ist die Feststellung einer grundlegenden Neuaufforstung erst vor Ort möglich. Oft sind die Pflugspuren der Saatmaschinen und die auffällig gerade ausgerichteten, gleichaltrigen Baumreihen gut zu erkennen.

Neben den durch moderne Aufforstung entstandenen Waldformationen gibt die allgemeine Erscheinung eines Waldes weitere Hinweise auf die forstliche Vergangenheit. Ein deutliches Anzeichen, dass es sich um einen Wald mit lang anhaltender Bestockung handelt, ist das häufige, jedoch unregelmäßige Auftreten größerer Steine. Bei einer prähistorischen oder historischen Ackernutzung muss von einer Räumung der Ackerfluren ausgegangen werden, regelmäßige Steinsetzungen können auch die Grenzmarkierungen alter Ackerfluren darstellen (LOOFT 1968, 180). Weitere Indizien für eine lange Waldkontinuität sind besonders alte Bäume, die aufgrund ihrer Form ein Aufwachsen in geschlossenem Bestand vermuten lassen oder für den Ackerbau zu feuchte Waldflächen, die nicht künstlich entwässert wurden. Geht es wie in diesem Fall ausschließlich um die Ermittlung der Waldkontinuität für die letzten 1000 Jahre, gibt auch das Vorhandensein eisenzeitlicher oder römisch-kaiserzeitlicher Ackerfluren einen deutlichen Hinweis auf eine seit dem Frühmittelalter bestehende Waldkontinuität. Wieder unter Acker genommene Fluren hätten den doch vergleichsweise filigranen Befund eines Feldwalles - ähnlich wie den einer frühen Industrieanlage - nicht bis in heutige Zeit erhalten.

Durch eine gründliche Durchsicht der Regesten, Amtsrechnungen und Flurkarten kann das Prospektionsgebiet weiter eingeschränkt werden, da durch die historische Überlieferung an mehreren Orten die Produktion von Holzkohle, Eisen, Glas oder Ziegelsteinen nachzuweisen ist. In den kontinuierlich bestockten Waldgebieten, in denen durch die schriftliche Überlieferung das Vorhandensein einer frühen Industrieanlage angenommen werden kann, kann eine noch feinere Eingrenzung des Industriestandortes durch Kenntnis der Standortvoraussetzungen der verschiedenen Gewerke erreicht werden.

Beim Köhlereigewerbe fehlen im Gegensatz zu anderen Industrieanlagen Ofenreste, Schlackehalden und Abfallprodukte sowie Abbauspuren von Erzen und Ziegelerde. Die archäologische Nachweisbarkeit der Köhlereistandorte ist somit äußerst schwierig. Außerhalb der Mittelgebirge, wo sich Köhlereistandorte durch die Prospektion künstlich angelegter Hangterrassen lokalisieren lassen (HILLEBRECHT 1982, 20-21; THOMMES 1997 44-46; NELLE 2002, 194-198) muss im Flachland allein aufgrund der Standortbedingungen und eventueller historischer Überlieferung oder Flurnamen die Möglichkeit eines Köhlereistandes festgestellt

werden. Ein ungestörter Meilerplatz ist oft nur als eingeebnete Kreisfläche erhalten. Mitunter kann die Meilerstelle noch Löschewälle aufweisen (Meilerstellen im Riesewohld) oder als flache Mulde zu erkennen sein (Meilerstellen im Holdtdorfer Gehege und im Riesewohld, vergl. LUDEMANN 2001, 507). Schon bei geringem Bewuchs auf der Meilerstelle ist ein Erkennen des obertägigen Befundes so gut wie ausgeschlossen, oft ist es erst die aus Tiergängen oder Fahrzeugspuren austretende Holzkohle, die auf den Befund aufmerksam macht. Neben der Verfügbarkeit von Holz muss vor allem das Vorhandensein von Wasser gegeben sein, weshalb sich besonders die Prospektion entlang naturnaher Wasserläufe in kontinuierlich bestockten Wäldern als erfolgrichtig erwiesen hat. Die Kohlplatten selbst müssen trotz der Nähe zum Wasser eben und trocken sein, außerdem darf der Boden nicht zu viele Steine aufweisen.

Ebenso wie bei Meilerstellen sind auch bei Glashütten ungestörte Befunde am aussagekräftigsten. Im Gegensatz zu Meilerstellen beinhalten sie wenig Holzkohle, jedoch ist die Lokalisierung bedeutend einfacher, da sich Reste von Ofenbauten und Schlackehalden sowie Glasbruch und Tiegelfragmente erhalten können. Neben diesen materiellen Hinweisen auf ehemalige Gasproduktion gibt die Flurnamenforschung deutliche Hinweise auf ehemalige Glashüttenstandorte. Da die genutzten Waldflächen über den historisch belegten Betriebszeitraum von etwa 6 Jahren vielerorts komplett gerodet (vergl. Anhang 11.3.4) wurden, wurden die ehemaligen Waldflächen zu Ackerflächen umgestaltet und erhielten Orts- oder Flurnamen, die auf den ehemaligen Glashüttenstandort hinweisen. Die vorrangigen Namensbestandteile sind „Hütten“ und „Glas“, der Namensbestandteil „Ofen“ ist seltener vertreten. Viele der ehemals in Schleswig-Holstein betriebenen Glashütten wurden durch Begehung der Hüttenflurstücke durch P. Besel wiederentdeckt. Heute unter Ackernutzung stehende Glashüttenstandorte zeichnen sich vor allem durch das häufige Auftreten zerbrochener Glasmasse aus. Im Regelfall handelt es sich bei den Glasscherben um grünliches Waldglas ohne Verzierungen oder andersfarbige Glasaufträge. An ungestörten Befunden sind oft noch die Schlackehalden aus stark verglasten, oft grünlich bis blau schimmernden Glasschlacken erhalten, ebenso Ofenreste, Glasfritte (halb verglastes Sintermaterial) und Hafenbruchstücke (Tiegelfragmente). Als unstrittige Nachweise für eine Glasproduktionsstätte müssen in diesem Zusammenhang das Auftreten von „Glasgalle“ (einer dunkel gefärbten, blasigen Glasschlacke) sowie „Pfeifenabschläge“ (von der Glasmacherpfeife abgeschlagene Glasmasse in Form eines Hohlzylinders, meist mit regenbogenfarbig schillernder Oberfläche in der Innenwölbung) gelten. Beides sind direkt an den Hütten entstehende Abfallprodukte der Glasproduktion. Ein Transport oder eine Wiederverwertung von Pfeifenabschlägen und Glasgalle kann ausgeschlossen werden. Auch bei den Glashütten müssen die Verfügbarkeit von Holz und Wasser als standortbeeinflussend gelten, die anderen, weniger aufwendig zu transportierenden und in geringeren Mengen benötigten Rohmaterialien wie Hafenton und Quarzgestein sind weniger relevant für die Standortwahl.

Eine erste zeitliche Einordnung der Glashütten kann allein durch die Menge der noch vorhandenen Glasmasse geschehen. Hochmittelalterliche Glashütten zeichnen sich durch auffallend wenig Glasbruch im Bereich der Hütte aus, bei frühneuzeitlichen Glashütten hingegen ist der Anteil von Glasfragmenten innerhalb des Fundmaterials deutlich höher (vergl. FROMMER und KOTTMANN 2004 70; STEPHAN 1988-1989, 124). Ab Mitte des 17. Jahrhunderts treten Siegelungen an den Glasprodukten auf (Kruse 1992, 8-9).

Eisenverhüttungsplätze sind in Schleswig-Holstein in großer Zahl nachgewiesen, etwa ein Viertel ist als mittelalterlich zu datieren (HINGST 1951/1952; 1952; 1969; 1971; 1974). Die auf einen Verhüttungsplatz hinweisenden Eisenschlacken finden sich in großen Mengen entweder zerpflügt auf landwirtschaftlichen Nutzflächen (z. B. um Bargstedt, Kreis Rendsburg-Eckernförde) oder in weitgehend ungestörtem Zustand als Halde oder Hügel (Kluesries, Stadt Flensburg). Da die historische Überlieferung in Schleswig-Holstein für das Gewerbe der Eisenherstellung so gut wie keine Informationen bereithält und auch die Flurnamensgebung nur selten auf Eisenverhüttungsplätze hinzuweisen scheint, ist man bei der Gebietsauswahl für die Prospektion allein auf die Analyse der Standortfaktoren angewiesen.

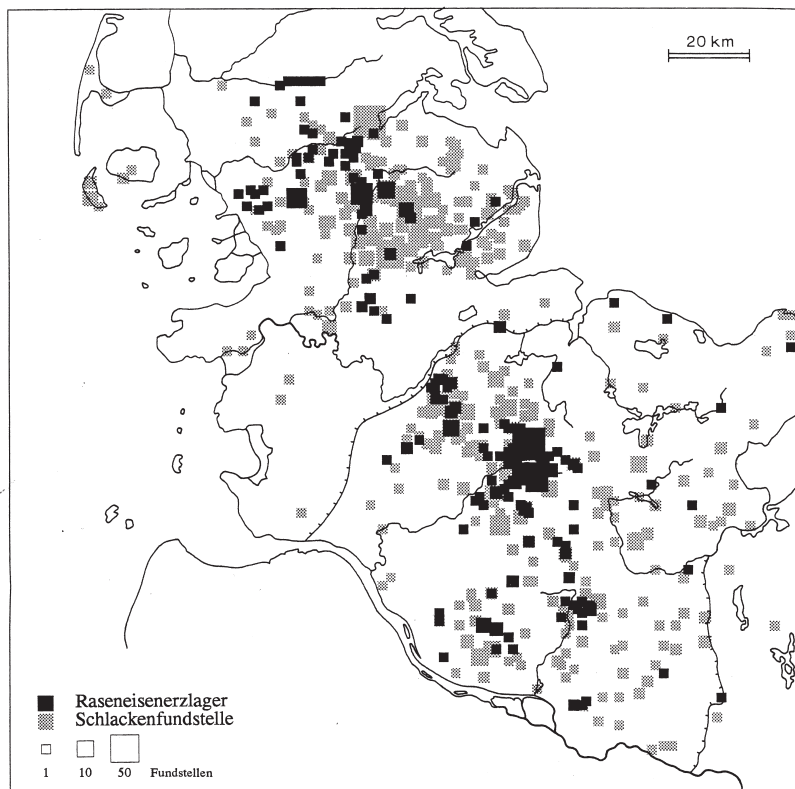


Abb. 3: Aufkommen Mittelalterlicher und Eisenzeitlicher Eisenverhüttungsplätze auf den schleswig-holsteinischen Geestflächen.

Als Standortvoraussetzung für den Betrieb eines Eisenverhüttungs-ofens muss die Verfügbarkeit von Holz oder Holzkohle und Eisenerz gelten, das Vorkommen von Wasser

scheint die Standortwahl positiv beeinflusst zu haben, da auch in anderen Gebieten ein Großteil der Schlackehalden in Bachnähe zu finden sind (JOCKENHÖVEL und WILLMS 1993). Die bisher in Schleswig-Holstein dokumentierten Eisenverhüttungsplätze deuten aufgrund ihrer Lage nicht darauf hin, dass Rohstofftransporte im größeren Umfang notwendig waren, die Eisenverhüttungsplätze treten vorrangig auf den sandigen Flächen der Geest auf, wo bis zum Spätmittelalter sowohl Eisenerze als auch große Waldflächen vorhanden waren.

Das in Schleswig Holstein verwendete Raseneisenerz bildet sich in sauren, sandigen Böden und steht, wie schon der Name vermuten lässt, direkt unter der Grasnarbe an. Die Erze treten besonders im Bereich von Quellstümpfen an die Oberfläche und sind dort leicht zu lokalisieren und abzubauen.

Im Gegensatz zu den Glashütten, deren chronologische Einordnung in Mittelalter und Neuzeit eindeutig ist, muss bei den Eisenverhüttungsplätzen zwischen mittelalterlichen und älteren Anlagen unterschieden werden. Eine grobe zeitliche Einordnung ist anhand der Schlackefunde schon bei der Prospektion möglich. Bei mittelalterlichen Anlagen ist die Schlacke durch einen Abstich aus dem Ofen gelassen worden. Die Schlackestruktur ist somit plattig, horizontal fließend, bei älteren Anlagen wird die Schlacke in einer unter dem Ofen befindlichen Grube gesammelt und ist als vertikal rinnend oder tropfend zu beschreiben. Die Unterscheidung scheint zumindest bei größeren Stücken eindeutig (vergl. Abb.4).

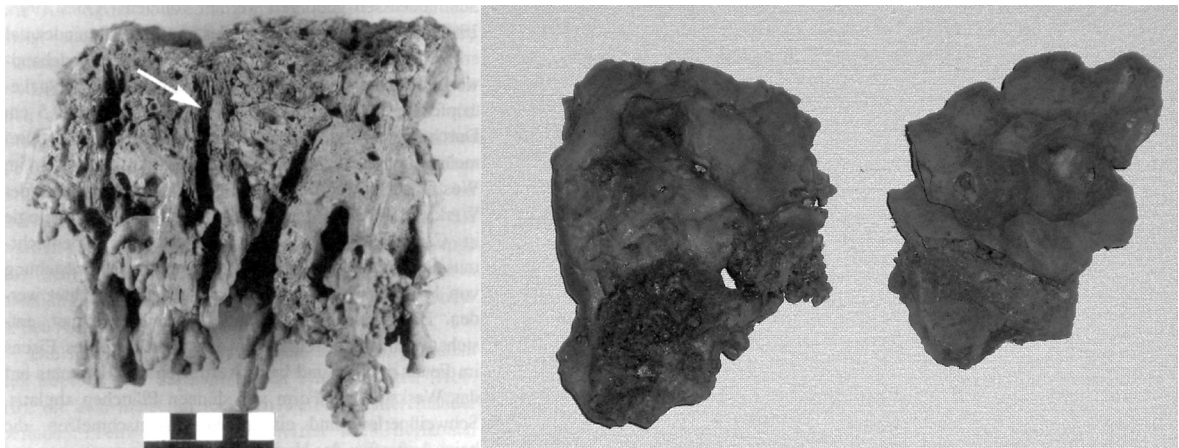


Abb. 4: Eisenzeitliche (Joldelund, Kreis Nordfriesland; JÖNS 1997, 240) und mittelalterliche (Kluesries, Stadt Flensburg) Verhüttungsschlacken im Vergleich..

Zusammenfassend lassen sich für die archäologische Prospektion früher Industrieanlagen folgende Punkte nennen, die eine Eingrenzung des Prospektionsgebietes ermöglichen.

- Das Vorhandensein einer Produktionsstätte muss durch Flurnamen, Schriftquellen oder bereits getätigte archäologische Funde nahe liegen.
- Die Anlage muss seit ihrer Auffassung von Wald bedeckt sein.
- Die Waldflächen müssen natürliche (unbegradigte) Wasserläufe enthalten oder einen einfachen Zugang zum Grundwasser haben.
- Der Wald muss in einem naturnahen Zustand sein, da groß angelegte modernere Aufforstungen die Bodenbefunde zu stark überprägen.
- Gewerbespezifische Ansprüche wie das Vorhandensein von Erz- oder Lehmlagerstätten können das Prospektionsgebiet weiter eingrenzen.

Letztendlich ist es auch möglich, unabhängig von den hier aufgestellten Kriterien Produktionsstätten der frühen Industrie auf Acker- oder Weideflächen zu lokalisieren. Problematisch ist hierbei, dass die Befundsituation aufgrund der zwangsläufigen Störungen unklar ist. Eine Holzkohlestreuung auf einer Freifläche muss nicht unbedingt einen archäologischen Befund darstellen, es kann sich durchaus um die Reste eines Osterfeuers handeln. Erst das Vorkommen von produktionsspezifischen Abfällen wie Glas, Ziegelbruch oder Eisenschlacken lässt auf eine ehemalige Anlage schließen. Die sichere Ansprache einer Meilerstelle ist auf Freiflächen äußerst problematisch.

2.4 Methode und Aussagemöglichkeiten der Holzkohleanalyse

Im Allgemeinen ist Holzkohle der nicht vollständig verbrannte, verkohlte Überrest einer verholzenden Pflanze. Bei jedem Holzverbrennungsprozess entsteht neben Asche auch Holzkohle, da kaum ein Verbrennungsprozess so vollständig ist, dass nur Asche in der Feuerstelle verbleibt. Holzkohle besteht aus fast reinem Kohlenstoff und wird von Mikroorganismen oder Pilzen so gut wie nicht abgebaut, so dass sie sich nahezu unbegrenzt im Boden erhält. Dieser Umstand ist mindestens seit dem Spätmittelalter bekannt (vergl. BIRINGUCCIO 1540, 210) und lässt Holzkohle zu einem häufigen, jedoch oft nur gering beachteten Fundmaterial werden.

Da die Holzkohleanalyse trotz ihrer vielfältigen Aussagemöglichkeiten eine bislang vergleichsweise wenig genutzte Methode darstellt, wird sie an dieser Stelle ausführlicher behandelt. Neben der Forschungsgeschichte werden die theoretischen Vorüberlegungen, die Probeentnahme und das Vorgehen bei der mikroskopischen Analyse erörtert.

2.4.1 Forschungsgeschichte

In nahezu allen archäologischen Fundstellen finden sich Holzkohlen in unterschiedlichster Größe. Dieser Umstand wird sowohl von Archäologen als auch von Botanikern seit langem genutzt, um die Vegetation vergangener Epochen zu rekonstruieren (z. B. NEUWEILER 1928; MÜLLER-STOLL 1936). Obwohl die Methode der Holzkohleanalyse schon seit Mitte des 19. Jahrhunderts (z. B. UNGER 1846; HOOPS 1905, 69-78) bekannt ist, wurde sie in Verbindung mit der ebenfalls im 19. Jahrhundert aufkommenden Makrorestanalyse (DAU 1829; STEENSTRUP 1841) zur Rekonstruktion der Vegetation vergangener Zeitepochen nach Aufkommen der Pollenanalyse (ca. 1910) vergleichsweise wenig angewandt.

Die ersten Holzkohleanalysen beschränkten sich meist auf Untersuchungen einzelner Kohlen aus archäologischen Kontexten verschiedener Zeitstellungen und dienten ausschließlich dazu, das Artenspektrum der Fundstelle zu ermitteln, um die regionalen Umweltbedingungen zu rekonstruieren (vergl. MÜLLER-STOLL 1936). Im Gegensatz zur Pollenanalyse war die detaillierte Erstellung von überregionalen Vegetationszusammenhängen nicht ohne weiteres möglich, da sich vor Entwicklung der physikalischen Datierungsmethoden eine absolute zeitliche Einordnung der Befunde schwierig gestaltete und selten eine Stratifizierung über längere Zeiträume gegeben war.

Die Vorteile der Holzkohleanalyse bestehen in der Häufigkeit und Beständigkeit des Untersuchungsmaterials, so dass anders als bei der Pollenanalyse keine Feuchtboden- oder Moorerhaltung notwendig ist. Außerdem lässt sich mit der Holzkohleanalyse wesentlich detaillierter der vom Menschen genutzte Anteil der Waldvegetation rekonstruieren, da das Untersuchungsmaterial vorrangig aus Feuerstellen oder von abgebrannten Behausungen stammt. W. MÜLLER-STOLL (1936) erkannte die Möglichkeiten, die sich aus der Kombination von Pollen- und Holzkohleanalyse für die Rekonstruktion der Umwelt vorgeschichtlicher Siedlungen ergaben. Außerdem stellte er viele bis heute geltende Grundlagen der Holzkohleanalyse zusammen. Hierzu gehören nach wie vor die Zusammensetzung der Gesamtprobe aus verschiedenen Einzelproben, die Ermittlung der repräsentativen Probenmenge auf 100 Stücke sowie eine übersichtliche und kritische Beschreibung der holzanatomischen Merkmale. Spezielle Erwähnung findet bei ihm die Auslese der Hölzer, die vor Verkohlung schon von den Menschen vorgenommen wurde: er ging davon aus, dass auch dem prähistorischen Menschen die unterschiedlichen Holzeigenschaften bekannt waren und zu verschiedenen Zwecken genutzt wurden. Allein für die Holzkohlezusammensetzung in Feuerstellen nimmt er eine Holzartenverteilung an, die dem tatsächlichen Waldbild des Siedlungszeitraumes entsprach. Außerdem führte MÜLLER-STOLL (1936, 15-16) erste Versuche zur Ermittlung des verwendeten Holzdurchmessers an, indem er die Jahrringkrümmung bei der Probenaufnahme berücksichtigte.

Beschränkten sich die älteren Untersuchungen auf die Bestimmung der Holzart und der Interpretation der daraus gewonnenen Holzartenspektren (MÜLLER-STOLL 1936; ZEIDLER

1972), ist seit den 1950er Jahren neben der Bestimmung der Holzart außerdem angestrebt worden, Informationen zu Holzdurchmesser und Umtriebszeiten des genutzten Waldes zu gewinnen. FRITZ (1952) und KRAUSE (1976) setzten die Jahrringanzahl mit dem Durchmesser der einzelnen Holzkohlen in Beziehung und versuchten so, Umtriebszeiten nachzuweisen, allerdings müssen sowohl Methode als auch die analysierte Stückzahl als problematisch gelten (NELLE 2002, 212). WILLERDING (1971) konnte unter Verwendung einer Kreisschablone, auf welche das zu untersuchende Stück Holzkohle gelegt wurde, den Mindestdurchmesser der verwendeten Hölzer erstmalig methodisch unzweifelhaft darstellen. Seit der Arbeit von M.-L. HILLEBRECHT (1982) fließen zusätzlich auch andere Parameter in die Untersuchung mit ein. Anhand von Holzkohlen aus mittelalterlichen Meilerstellen, Schlackehalden und Glasöfen im Harz ermittelte sie ähnlich wie WILLERDING anhand der noch sichtbaren Jahrringe den Mindestdurchmesser des zur Verkohlung herangezogenen Holzes. Außerdem untersuchte sie die Kohlen auf Fraßspuren von Insektenlarven, um auf die Nutzung von Totholz schließen zu können. In Kombination mit kulturhistorischen und physikalischen Datierungen konnte sie in einem regional begrenzten Gebiet die Änderung des Waldbildes auf anthropogene Einflüsse zurückführen.

T. LUDEMANN und O. NELLE verfeinerten die Anwendung der Kreisschablone, indem sie in mehreren Arbeiten und Artikeln die Einteilung der Kreisschablone in Durchmesserklassen vollzogen und so die Probenergebnisse mehrerer Analysereihen vergleichbar visualisierten (Ludemann 1995; 1996). Zur besseren Vergleichbarkeit der einzelnen Fundstellen führten sie die jeweilige Errechnung eines mittleren Durchmessers ein. (LUDEMANN und NELLE 2002; NELLE 2002, 204-206; NELLE und BANKUS 2002).

Weitere Untersuchungen von Holzkohlen sowie die daraus folgende Modellierung des Waldeingriffes finden sich in der Untersuchung des kaiserzeitlichen Fundplatzes Joldelund (DÖRFLER und WIETHOLD 2000, 217-262). Hier finden sich auch Hinweise zur regelhaften Aufnahme der Jahrringstruktur, um Durchmesser und Wachstumsbedingungen des verbrannten Holzes zu ermitteln (DÖRFLER und WIETHOLD 2000, 227).

Schon HAMM (1896) stellte in seinem Buch über die verschiedenen Formen des Ausschlagwaldes die besonderen Wachstumsbedingungen des Stockausschlages vor, Schweingruber und Schoch (SCHWEINGRUBER 1983, 174-175; SCHWEINGRUBER und SCHOCH 1992) stellten in übersichtlicher Form holzanatomische Veränderungen durch Verletzungen, Brände oder außergewöhnliche Wuchsformen zusammen. Da die wachstumstypischen Merkmale des Holzes auch in Holzkohlen erhalten bleiben, sollen in dieser Arbeit die weiteren Möglichkeiten der Holzkohleanalyse ausgelotet werden (vergl. hierzu Kapitel 4).

2.4.2 Methodische Grundlagen der Holzkohleanalyse

Bei der Holzkohleanalyse wird aus einem archäologischen Befund oder einem holzkohlereichen Sediment Holzkohle entnommen und soweit es die Stückgröße zulässt bezüglich der Holzart und anderen holzanatomischen Ausprägungen wie Jahrringkrümmung oder Jahrringbreiten bestimmt. Während die Holzkohle aus Sedimenten eine rein zufällige Zusammenstellung vermuten lässt, repräsentiert die Holzkohle innerhalb eines archäologischen Befundes in der Regel eine vom Menschen getroffene Holz Auswahl, die nicht ausschließlich vom Holzangebot der Umgebung abhängig ist (SPEIER 1994, 134-135). Anhand der Befundzusammenhänge muss vorab ermittelt werden, zu welchem Zweck das nun verkohlte Holz entnommen wurde. Sofern durch die Befundzusammenhänge deutlich wird, dass es sich bei den Holzkohlen um die Überreste einer Feuerstelle im weitesten Sinne handelt (im Gegensatz zu Holzkohlen von verbrannten Gebäuden o. Ä.), lässt sich rekonstruieren, welche Holzarten genutzt wurden, welche Dimensionen das Brennholz hatte und wie der Mensch die in Nutzung stehenden Waldgebiete umformte.

Eine weitere wesentliche Überlegung betrifft die Herkunft des verkohlten Holzes. Wichtigster und häufig sogar einzig verfügbarer Brennstoff war - vor Erschließung der fossilen Kohlevorkommen und vor allem vor Erfindung der Eisenbahn als Massentransportmittel - das Holz. Der Brennholzverbrauch der frühen Industrie war so groß, dass in nahezu allen Handwerks- und Industriebeschreibungen des 16. bis 18. Jahrhunderts der Bedeutung und der Pflege der Wälder ganze Abschnitte gewidmet sind (z. B. AGRICOLA 1556, 6 u. 26; CARLOWITZ 1713). Allen Werken gemein ist die wiederholte Bemerkung, dass sich kein Bergwerk, keine Eisenhütte und keine Glashütte weiter betreiben lässt, wenn die regionale Verfügbarkeit von Brenn- und Bauholz nicht mehr gegeben ist. Aus diesem Grunde wurden protoindustrielle Produktionsstätten von Glas und Metallen nach Möglichkeit in sonst wenig genutzte Waldgebiete verlegt. Das zur Wärmeerzeugung verwendete Brennholz stammte also im Idealfall aus den industrienahen Waldungen, womit die Ergebnisse der nachfolgend beschriebenen Analysen einen jeweils regionalen Bezug erhalten.

Da für ur- und frühgeschichtliche Zeiten im Allgemeinen ein Holztransport über weite Strecken auszuschließen ist (BEHRE 1969, 348-349), spiegeln die Holzkohlen im Regelfall das auf verschiedenste Weise genutzte Artenspektrum der Umgebung des Fundplatzes zur Zeit der Nutzung wieder, so dass die hier vorgestellte Methode auf vielfältige ur- und frühgeschichtlich datierende Befundzusammenhänge anzuwenden ist.

Anders hingegen sieht es mit Befunden der handwerklichen Produktion in den mittelalterlichen Städten oder in dichter bevölkerten Regionen aus: hier musste zwangsläufig ein Brennholz-, Kohlen- und Werkholztransport angenommen werden, da das notwendige Brenn- und Werkmaterial nicht immer vor Ort in der benötigten Menge verfügbar war. Auch

für Bauhölzer, besonders im städtischen Kontext, muss im Spätmittelalter mitunter eine überregionale Herkunft angenommen werden.

Generell ist zwischen primären und sekundären Fundorten von Holzkohle zu unterscheiden: An den primären Holzkohlefundorten ist die Kohle direkt entstanden, hierzu zählen Meilerstellen, Feuerstellen aber auch Glashütten, zu den sekundären Holzkohlefundplätzen zählen Produktionsstätten, in denen bereits hergestellte Holzkohle verwendet wurde; zu nennen sind hier vorrangig Schmieden, Schmelzhütten und gegebenenfalls Ziegeleien. Bei den primären Holzkohlefundplätzen ist mit großer Wahrscheinlichkeit eine Entnahme des Brenn- und Kohlholzes aus der näheren Umgebung anzunehmen, bei sekundären Fundstellen ist auch ein längerer Transport der Holzkohlen nicht auszuschließen.

Bei der Probennahme aus einer Fundstelle ist zu beachten, dass eine ausreichende Menge an Holzkohlen entnommen wird und gleichzeitig auszuschließen ist, dass nur ein größeres Holzkohlestück, welches im Erdreich zerbrochen ist, beprobt wird. Es empfiehlt sich daher, eine Fundstelle an mehreren Stellen zu beproben und zwischen 50 und 100 Holzkohlen zu entnehmen, um statistisch auswertbare Ergebnisse zu erhalten. Die Praxis hat gezeigt, dass schon ab 50 Holzkohlestücken alle wesentlichen Holzarten im untersuchten Spektrum bekannt sind, eine Auszählung auf bis zu 100 Stücke präzisiert die Untersuchung im statistisch ausreichenden Maße. Zur annähernd vollständigen Erfassung des Artenspektrums einer Fundstelle ist es notwendig, zwischen 100 und 200 Holzkohlestücken auszuwerten, jedoch bleiben die neu hinzugekommenen Holzarten in der Regel Einzelstücke (NELLE 2002, 281). Für die in dieser Arbeit angeführten Untersuchungen können daher Stückzahlen zwischen 50 und 100 Holzkohlestücken als repräsentativ für den jeweilig untersuchten Befund beziehungsweise die Befundschicht angesehen werden. Bei der prozentualen Darstellung in dieser Arbeit werden die Ergebnisse der Holzkohleanalyse auf ganze Prozente gerundet, weshalb in Einzelfällen die Summe der einzelnen Analyseergebnisse nicht 100% ergeben.

Die Probenanalyse selbst findet mit Hilfe einer Stereolupe sowie eines Auflichtmikroskopes statt. Die Vergrößerungen der Stereolupe betragen zwischen 7,5- und 110-Fache, die des Auflichtmikroskopes das 50-200-Fache, in seltenen Fällen kann eine bis 500fache Vergrößerung notwendig sein. Nach vorsichtigem Zerbrechen der Holzkohle werden jeweils Querschnitt, Radialschnitt und Tangentialschnitt an frischen Bruchstellen im Auflicht betrachtet.

Die charakteristischen Ausprägungen einer Holzart sind in den verschiedenen Schnittebenen zu erkennen. Die für die Untersuchung relevanten holzanatomischen Merkmale sind Gefäßgröße, Gefäßverteilung, Markstrahlbreite und -höhe, Form der Markstrahlzellen, Schraubenverdickungen der Gefäßwände, Tüpfelart und Art der Gefäßdurchbrechungen. Jede Holzart, beziehungsweise Gattung hat eine für sich typische Zellstruktur, die so charakteristisch ausgeprägt ist, dass Fragmente ab etwa einem Millimeter Größe zur Artbestimmung herangezogen werden können. Bei der Verkohlung ändert sich die Zellstruktur nicht, so dass auch an Holzkohlestücken in den meisten Fällen die Holzart zweifelsfrei bestimmt werden kann (LUDEMANN 2001, 507). Eine detaillierte Auflistung der in Europa vorkommenden

Holzarten, sowie die Beschreibung der notwendigen Bestimmungsmerkmale findet sich bei F. H. SCHWEINGRUBER (1990a; 1990b). Während bei den meisten Gehölzen eine Ausdifferenzierung auf Gattungsebene, in Einzelfällen sogar auf Artenebene möglich ist, sind bei einigen Familien die einzelnen Gattungen nur schwer zu differenzieren. Schwierigkeiten bietet in einigen Fällen die genaue Ausdifferenzierung der Prunusarten, der Kernobstgewächse (*Pomoideae*) sowie in einigen Proben die Unterscheidung von Weide (*Salix*) und Pappel (*Populus*), weshalb die genannten Arten in dieser Arbeit jeweils zusammenfassend dargestellt werden. Die Eichenarten Traubeneiche (*Quercus petraea*) und Stieleiche (*Quercus robur*) sind im Allgemeinen nicht unterscheidbar, auch wenn SELLMAYER (2001) einzelne Unterscheidungskriterien herausarbeiten konnte. Im Gegensatz hierzu ist eine Abgrenzung des Feldahorns (*Acer campestre*) von Spitz- und Bergahorn (*Acer platanoides/Acer pseudoplatanus*) in der Regel unproblematisch (NELLE 2002, 202, SCHWEINGRUBER 1990a; 1990b, 70).

Bei größeren Holzkohlestücken ist es möglich, aufgrund der Jahrringkrümmung und des Winkels der Markstrahlen (vergl. LUDEMANN und NELLE 2002; PARADIS und DUFRAISSE 2008) den Mindestdurchmesser des verbrannten Holzstückes zu rekonstruieren. LUDEMANN und NELLE (2002) wiesen dem Holz nicht einen definierten Durchmesser zu, wie es in älteren anthrakologischen Untersuchungen zum Teil der Fall ist, sondern ordneten den ermittelten Mindestdurchmesser in fünf Größenklassen ein, wodurch der in der Praxis nicht gegebenen Präzision zentimetergenauer Angaben gerade in den größeren Durchmessern Rechnung getragen wurde (vergl. HILLENBRECHT 1982; SPEIER 1994 mit NELLE 2002, 205; LUDEMANN und NELLE 2002). Die Werte der Durchmesserklassen sind unter 2 cm, 2-3 cm, 3-5 cm, 5-10 cm und über 10 cm. Dieses Vorgehen ist auch in der vorliegenden Arbeit angewendet worden, da eine zentimetergenaue Einordnung des Holzdurchmessers aufgrund der oft asymmetrischen Jahrringkrümmung nicht möglich oder sinnvoll erscheint. Um die einzelnen Befunde vergleichbarer zu machen, wird jeder Durchmesserklasse ein mittlerer Durchmesser zugewiesen, woraus ein mittlerer Durchmesser der jeweiligen Holzkohleprobe ermittelt werden kann. Die Mittelwerte in den Klassen betragen 1 cm, 2,5 cm, 4 cm, 7,5 cm und 15 cm. Der mittlere Durchmesser der Gesamtprobe kann demnach rein rechnerisch zwischen einem und 15 cm betragen. Der mittlere Durchmesser ist nicht mit den rekonstruierten Holzstärken gleichzusetzen, sondern dient der Vergleichbarkeit der Proben untereinander sowie dem Vergleich mit Referenzmaterial. Bei der Auswertung der schriftlichen Quellen treten mehrere Schwierigkeiten auf, wenn man exakte Werte zum Brennstoffverbrauch erhalten möchte. Das vorwiegende Problem besteht darin, dass in der spätmittelalterlichen Literatur nur in seltenen Fällen Angaben zum Brennstoffverbrauch in Form von Holzkohle oder Brennholz überliefert sind. Meist stellt die ausreichende Menge von Brennmaterial die Grundvoraussetzung des Betriebes dar, die nicht weiter quantifiziert wird (z. B. AGRICOLA 1556, 26).

Die Rekonstruktion des tatsächlich verwendeten Holzdurchmessers ist aus mehreren Gründen problematisch: Zum einen ändert sich das Volumen des Holzes bei der Verkohlungs beziehungsweise der unvollständigen Verbrennung in allen Dimensionen. Die Schrumpfung

beträgt etwa 20% (AF UHR 1820, 97; BERG 1860, 75-77; SCHLÄPFER und BROWN 1948, vergleiche außerdem Kapitel 4.1). Schweingruber gibt die Schrumpfung in Längsrichtung mit 7%-13%, die Schrumpfung in Tangential- und Radialrichtung mit 12%-25% an (SCHWEINGRUBER 1990b, 204). Ein noch weitaus wesentliches Problem ist die Zuweisung eines definitiven Durchmessers, da an vielen Holzkohlestücken keine Waldkante vorhanden ist. Damit kann kein absoluter Durchmesser angegeben werden, die Einordnung in Durchmesserklassen ist die bislang einzige Möglichkeit der Präzisierung. Außerdem wird mit zunehmendem Holzdurchmesser die Krümmung der Jahrringe immer geringer, so dass gerade bei kleinen Holzkohlestücken eine genauere Zuweisung in Durchmesserklassen über 10 cm nicht möglich ist (NELLE 2002, 205).

Trotz der Schwierigkeiten, welche die Durchmesserermittlung mit sich bringt, ist die Aufnahme des Mindestdurchmessers eines Holzkohlestückes ein wichtiger Parameter, die genutzten Holzstärken zu identifizieren und darüber die genutzte Waldform zu beschreiben. Bei einer vergleichenden Darstellung der Anteile der einzelnen Durchmesserklassen nebeneinander lassen sich deutliche Unterschiede erkennen, wenn Stammholz oder dünnes Holz unter 10 cm Durchmesser verkohlt wurde (NELLE 2002, 218-220).

Neben der Zellstruktur und dem Mindestdurchmesser sind weitere Informationen im Holz enthalten, die zur Umwelt- und Waldrekonstruktion einen wichtigen Beitrag liefern (Beschreibung der unten angeführten Beispiele bei SCHWEINGRUBER und SCHOCH 1992). Da sich bei der Verkohlungs auch diese Merkmale erhalten, können theoretisch alle dendrologischen Untersuchungen auch an Holzkohle vorgenommen werden, solange die Stückgröße dieses zulässt. So bergen Holzkohlenstücke, die entweder Rinde oder aber den Kern des Holzes einschließen, besonders wertvolle Informationen. Einem Rindenstück kann neben dem absoluten Durchmesser des genutzten Holzes außerdem entnommen werden, ob das Holz im Winter oder im Sommer gefällt wurde oder ob das Holz vor der Verkohlungs lange gelegen hat und von Insekten und Würmern bereits angefressen wurde. Ist der letzte Jahrring eines Holzkohlestückes komplett ausgebildet, bedeutet dieses, dass der Baum im Winter gefällt worden ist. Ein nicht vollständiger letzter Jahrring deutet auf eine Fällung im Sommer hin, was oft das Eingehen des Wurzelstockes, zumindest aber eine Herabsetzung der Ausschlagfähigkeit zur Folge hat.

Lässt es das Probenmaterial aufgrund häufiger Stücke mit Waldkante zu, den absoluten Durchmesser der Hölzer zu ermitteln, kann oft eine Größenordnung für die Umtriebszeit der genutzten Waldfläche angegeben werden. Die sichersten Aussagen sind aus Stücken zu erhalten, die sowohl Kern als auch Rinde des Kohlholzes enthalten. Bei ihnen kann ein absolutes Schlagalter allein durch Zählen der Jahrringe ermittelt werden. Weisen mehrere Holzkohlen eines Befundes ein ähnliches Schlagalter auf, kann von einer geregelten Umtriebszeit ausgegangen werden. Enthalten die meisten Stücke keine durchgehende Jahrringabfolge vom Kern zur Waldkante, ist das Schlagalter nicht oder nur ungenau zu bestimmen. Allein aus der Anzahl der Jahrringe pro Zentimeter in Verbindung mit dem absoluten Durchmesser des

genutzen Holzes kann eine Größeordnung errechnet werden, in welchem Alter der Baum etwa gefällt wurde.

Ist in einem Holzkohlestück das Mark enthalten, kann der Aufbau der Jahresringe um das Mark Aufschlüsse geben, um was für eine Wuchsform es sich bei dem betreffenden Probenstück gehandelt hat. Ist der Aufbau der Jahrringe an einer Seite enger als auf der anderen, deutet das auf die Ausbildung von Reaktionsholz durch asymmetrische Belastung des Holzkörpers hin, also auf die Nutzung von Astholz. Laubhölzer bilden ihr Reaktionsholz auf der zugbeanspruchten Seite aus, Nadelhölzer an der druckbeanspruchten. Das Reaktionsholz ist stärker verholzt und weist höhere Jahrringbreiten auf. Einzelne Jahrringe sind oftmals nicht durchgehend angelegt sondern treten nur im Reaktionsholz auf. Insgesamt haben Äste meist eine überdurchschnittlich enge Jahrringstruktur (SCHWEINGRUBER UND SCHOCH 1992, 67-68, SCHWEINGRUBER 1990b, 172, 188, MÜLLER 2007, 12-13).

Sind die Jahrringe um das Mark hingegen gleichmäßig und in den ersten Jahren deutlich breiter als in den späteren Jahren (es können von vielen Arten Jahrringbreiten über 1 cm im Jungwuchs erreicht werden), handelt es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um Holzkohle von Stockausschlägen (vergl. HAMM 1896, SPURCK 1996, 210; MÜLLER 2007, 16-18 rechnet dieses Wuchsbild als Hinweis auf Astnutzung). Im Winter gefällte Laubhölzer - besonders Erlen, Weiden, Eichen, Hainbuchen, Linden und Hasel - neigen im Frühjahr dazu, wieder auszuschlagen und erzielen in den ersten Jahren überdurchschnittliche Zuwächse. Dieses verstärkte Jungwachstum ist in den Jahrringbreiten eindeutig zu erkennen. Nach einigen Jahren normalisiert sich der Wuchs und die Jahrringe sind deutlich schmaler. Treten innerhalb eines Befundes mehrfach Hölzer oder Holzkohlen auf, die dieses Merkmal tragen, können sie aller Wahrscheinlichkeit nach als Ausschlagholz bezeichnet werden. Somit ist ein deutlicher Hinweis auf Niederwaldnutzung gegeben. Auch andere sich in den Jahrringen abzeichnende Wuchsreaktionen konnte M. SPURCK (1996) an den Holzbefunden (vermutlich Brenn- und Abfallholz) aus Konstanz nachweisen. Eine uneinheitliche Durchmesserverteilung innerhalb eines Befundes interpretierte er als die Nutzung eines weitgehend naturbelassenen Waldes, während er einheitliche Durchmesser als die Nutzung eines kultivierten Bestandes deutete. Das Auftreten unregelmäßig geformter Jahrringe interpretierte er nicht als die Nutzung von Astholz, sondern als Lichtwuchsreaktion des Holzes, wie es in einem plenterartig durchforsteten Wald auftreten kann (SPURCK 1996, 210-211).

HILLEBRECHT (1982) stellte die Überlegung an, dass bei einem deutlich mit Insektenfraß gezeichneten Anteil der Probenmasse eine vorrangige Totholznutzung in Erwägung zu ziehen ist, dem entsprechend geringer sei der Einschlag an gesundem Holz anzusetzen.

Soweit es das im Rahmen dieser Arbeit entnommene Probenmaterial zuließ, werden die bis hierhin beschriebenen Untersuchungsmöglichkeiten ausgeschöpft und für die Interpretation der Befunde herangezogen.

3 Der Wald im Mittelalter

Hätten wir das Holz nicht, dann hätten wir auch kein Feuer: dann müßten wir alle Speisen roh essen und im Winter erfrieren; wir hätten keine Häuser, hätten auch weder Kalk noch Ziegel, kein Glas, keine Metalle. Wir hätten weder Tisch noch Türen, weder Sessel noch andere Hausgeräte.

Wolf Helmhard von HOHBERG, *Georgica curiosa* 1682; zitiert in RADKAU und SCHÄFER 1987, 21.

Aus dem Zitat v. Hohbergs wird deutlich, welche Bedeutung das Holz im ausgehenden Mittelalter und der frühen Neuzeit hatte. Vor Etablierung eines internationalen Holzhandels war besonders für die Brennstoffversorgung die regionale oder sogar lokale Verfügbarkeit von Waldflächen als Holzproduzent unerlässlich. Aus diesem Grunde stehen die Rekonstruktion der mittelalterlichen Waldausdehnung sowie die den Wald beeinflussenden Nutzungspraktiken ebenso im Forschungsinteresse wie die Großverbraucher von Brenn- und Kohlholz.

3.1 Rekonstruktion der mittelalterlichen Waldausdehnung

Die Ausdehnung und Lage historischer und prähistorischer Waldflächen in Schleswig-Holstein einzugrenzen ist mehrfach und auf verschiedenen Wegen versucht worden, jedoch müssen aufgrund der Quellenlage die Angaben bis ins 17. Jahrhundert hinein als vage gelten. Aufgrund verschiedener archäologischer und archäobotanischer/pollenanalytischer Untersuchungen ist für die Völkerwanderungszeit (zwischen dem 3. und 5. Jahrhundert n. Chr.) ein deutlicher Siedlungsrückgang beziehungsweise eine partielle Siedlungsleere anzunehmen. Anzeichen hierfür sind vergleichsweise Fundleere und ein deutlicher Rückgang der Siedlungszeiger und Kulturpflanzen in den Pollenprofilen (HÖLK 1908, 4; MAGER 1930, 99; JANKUHN 1955, 74; AVERDIEK 1957, 101; STEWIG 1978, 53, WIETHOLD 1997; NELLE und DÖRFLER 2008). Aufgrund des verminderten anthropogenen Eingriffes ist anzunehmen, dass sich die Wälder wieder auf den aufgelassenen Siedlungsflächen etablierten (DÖRFLER 1988, 36) und zu Beginn des Mittelalters ein „Naturlandschaftszustand“ mit nahezu flächendeckender Bewaldung als wahrscheinlich gelten muss (STEWIG, 1978, 53). Diese Annahme konnte durch die Analyse der Pollenprofile des Belauer Sees (Kreis Plön) und des Treßsees (Kreis Schleswig-Flensburg) bestätigt werden. Neben einer Wiederbewaldung während der Völkerwanderungszeit ließ sich außerdem eine Ausdehnung des Waldbestandes im Zuge der Pestepidemien und der spätmittelalterlichen Wüstungsperiode nachweisen (WIETHOLD 1997).

Für das 8. und 9. Jahrhundert n. Chr. lässt sich eine Zunahme der Siedlungszeiger nachweisen. Allem Anschein nach wurden bei der Anlage der frühmittelalterlichen Siedlungen

verkehrsgünstige Standorte bevorzugt, großflächige Rodungen zur Gewinnung von Ackerland lassen sich bislang nicht nachweisen (HÄRDTLE 1995, 29). Aus dem Frühmittelalter stammen auch die ersten Schriftquellen, welche die Waldausdehnung Schleswig-Holsteins beschreiben. Der angelsächsische Kirchenhistoriker Beda beschrieb bereits im 8. Jahrhundert die Landschaft Angelns (MAGER 1930, 99), um 1070 schildert Adam von Bremen die überdurchschnittlich starke Bewaldung Jütlands und Schlesiws (NIEMANN 1809, 195).

Aus verschiedenen Quellen trug Mager (1930) die Bezeichnungen großer, im Frühmittelalter bestehender Waldgebiete zusammen. Der *Isarnho* oder *Jarnwitt*, dessen Name sich als „Eisenwald“ übersetzen lässt, erstreckte sich fast über den gesamten Bereich des Östlichen Hügellandes (vergl. HÖLCK 1908, 4, HÄRDTLE 1995, 29-31), der *Farriswald* erstreckte sich auf der Höhe von Haderslev durch die gesamte jütische Halbinsel. Die Halbinsel Schwansen war bis ins 15. Jahrhundert weitgehend vom Wald *Biscopornum* bedeckt (MAGER 1930, 117).

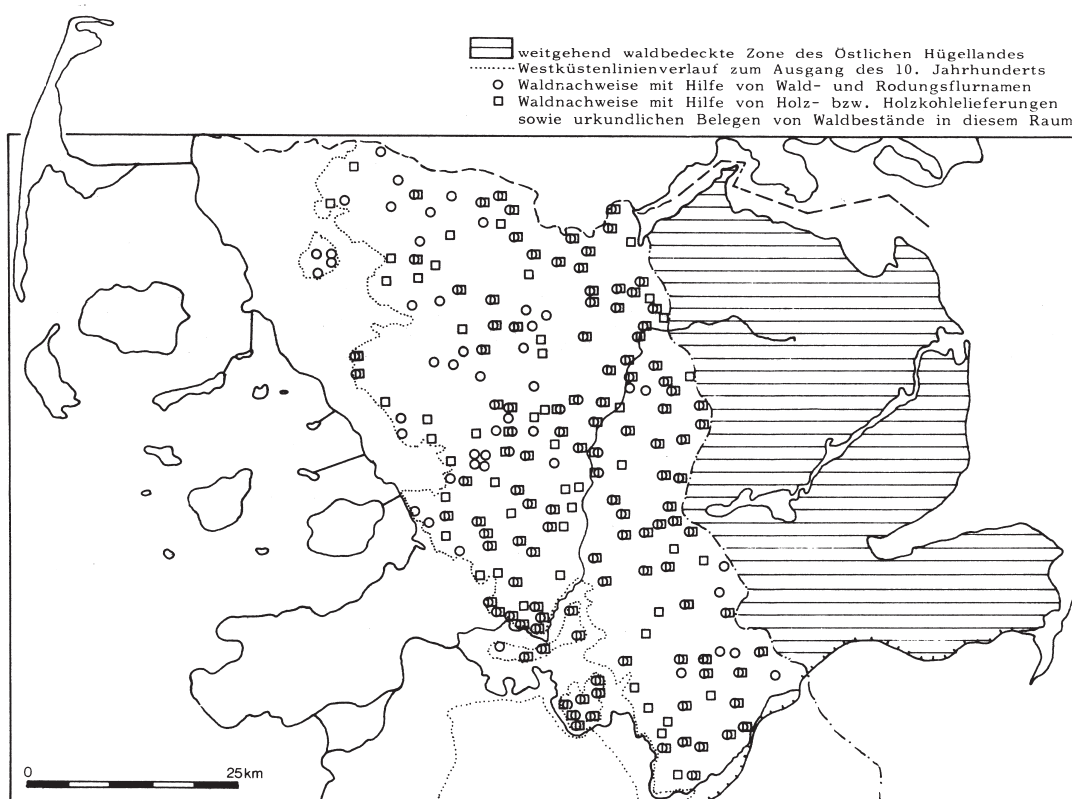


Abb. 5: Waldverteilung in Schleswig-Holstein um das Jahr 1000, ermittelt anhand von Rodungsflurnamen. (MAGER 1930, Ergänzungen durch Härdtle 1995, 31)

Im beginnenden Hochmittelalter setzte eine umfassende Rodungstätigkeit zur Gewinnung von Ackerland ein. Viele der in dieser Zeit entstandenen Orte tragen Namen, die direkt auf eine Rodung hinweisen, also ein Indiz für vormals vorhandene Waldflächen darstellen. Auch anhand von Flurnamen kann die mittelalterliche Rodungstätigkeit nachvollzogen werden. Typische mittelalterliche Rodungsflurnamen beinhalten die Wortbestandteile –roi-, -rade-, -rott,

-rode, -hau, -hay, -haye, -lund -kier -bruch -holt und -holz. MAGER (1930) stellte die in dieser Weise gewonnen Einzelinformationen in einer Karte zusammen, um die Waldverteilung vor Beginn der hochmittelalterlichen Besiedlung im 11. und 12. Jahrhundert darzustellen. Deutlich ist der hohe Waldanteil auf der heute weitgehend unbewaldeten Geest zu erkennen.

Besonders deutlich ist die Rodung zur Neuanlage von Ortschaften in Angeln und auf der Halbinsel Schwansen zu sehen, wo von verschiedenen Orten mehrere Ableger entstanden, die sich allein im Namensannex unterscheiden und mindestens zwei, teilweise drei Rodungsperioden zuzuweisen sind (zum Beispiel Pommerby und Pommerbyholz oder Ornum, Ornumholz und Ornummühle) (MAGER 1930, 83-84 u. 159). Kann das Gründungsjahr der Orte festgestellt werden, dürfte der Zeitpunkt der Rodung im gleichen Zeitraum anzunehmen sein und somit die kontinuierliche Waldabnahme nachzuzeichnen sein.

Auch anhand von alten Rechnungsbüchern und Abgabeprotokollen kann auf den Waldbestand einer Ortsgemarkung geschlossen werden. Sind Holz- oder Holzkohleabgaben in größeren Mengen verzeichnet, muss von einem relativ großen Waldbestand im Einzugsbereich der Ortschaft gerechnet werden. Auch wenn die Rekonstruktion der Waldflächen anhand von Ortsnamen und Abgabeverzeichnissen relativ ungenau bezüglich der gerodeten oder genutzten Flächen ist, können in einem großflächigen Vergleich deutlich die Auswirkungen der hochmittelalterlichen Landnahme umrissen werden (MAGER 1930, Kartenbeilagen; HASE 1997, 50).

Der Trend der zunehmend geringeren Waldbedeckung lässt sich durch die Ergebnisse verschiedener Pollendiagramme Schleswig-Holsteins unterstützen. Ab dem 13. Jahrhundert ist eine stetige Zunahme von Nichtbaumpollen zu verzeichnen, ein deutlicher Hinweis auf Verminderung der Waldflächen zu Gunsten landwirtschaftlicher Nutzflächen (AVERDIEK 1957, 103; HÄRDLE 1995, 30). Aufgrund der weiten Ausbreitungsmöglichkeiten von Pollen ist es auch mit Hilfe der Pollenanalyse nicht möglich, die räumliche Ausdehnung der Waldgebiete zu erfassen. Voraussetzung für ein fast ausschließlich lokales Pollenprofil ist die Probe aus einem Kleinstmoor, größere oder ungeschützt liegende Moore können aufgrund des höheren Fernflugeintrages regionale oder überregionale Gesamtverhältnisse darstellen, nicht jedoch allein die umliegenden Waldverhältnisse (RICKERT 2005, 8-9).

Als sicher ist anzunehmen, dass die schleswig-holsteinische Geest weitaus früher entwaldet wurde als die Gebiete des Östlichen Hügellandes (MAGER 1930, 99, 102, 115). Der Grund hierfür ist in der landwirtschaftlichen Nutzbarkeit der Böden zu finden. Obgleich die Böden der Jungmoräne ungleich fruchtbarer sind als die Sandböden der Geest, wurde der lockere und leichter zu pflügende Geestboden vorgezogen. SACH (1896, 85) ging außerdem davon aus, dass weite Teile der küstennahen Geest durch die heftigen Sturmfluten des Mittelalters abgetragen wurden und so weitere Waldflächen verschwanden. Der Raum Flensburg, Südangeln, Schwansen, die Hüttener Berge und der Dänische Wohld wiesen auch noch im Hochmittelalter eine hohe Waldbedeckung auf, jedoch beginnt auch hier ab dem 13. Jahrhundert die Rodung

zur Gewinnung von Ackerflächen und die Nutzung durch frühe Industrie. Es handelt sich bei den verbliebenen Waldarealen um die Reste des frühmittelalterlichen *Isarnho* (MAGER 1930, 103-117; HINGST 1969; HÄRDLE 1995, 30). Auf der Geest blieben nur wenige größere Waldflächen erhalten, zu ihnen zählt der Riesewohld in Dithmarschen (REISS u. a. 2006), das Holtdorfer Gehege und einige Flächen auf der Husumer Geest (VOSS 1905, 3). Der Verringerung der Waldflächen auf der Geest steht im Verlaufe des Hoch- und Spätmittelalters eine geringe Zunahme der Waldflächen durch Auffassung einzelner Siedlungen entgegen. Historisch ist die Auffassung diverser Dorfstellen seit den Untersuchungen von SCHRÖDER und BIERNATZKI (1856) bekannt. Im Bereich zwischen Eider und Schwentine, dem Einzugsbereich der Klöster Bordesholm und Preetz, untersuchte LOOFT (1968) mehrere Wüstungen, die zum Teil wenige Jahre nach ihrer Gründung während der hochmittelalterlichen Besiedlungsphase des Östlichen Hügellandes wieder aufgelassen wurden. Ähnlich dynamische Siedlungsprozesse deuten sich nach den archäologischen Untersuchungen von SCHNIEK (2003) auch für den Osten Schleswig-Holsteins und das westliche Mecklenburg an.

Ab Ende des 15. Jahrhunderts mehren sich die historischen Hinweise auf eine industrielle Nutzung des Waldes und einen intensiven Handel mit Brennholz und Waldflächen (MAGER 1930; SHRU 1, 1886; SHRU 2, 1886; SHRU 3, 1889; SHRU 4, 1921; SHRU 6,1, 1962-1972; SHRU 10 1989), jedoch gibt es bislang keine publizierten archäologischen Untersuchungen zu dieser Phase der Waldnutzung.

Für die historische Zeit nach ca. 1650 existieren durch die sorgfältige und langwierige Arbeit von Johannes Mejer und Caspar DANCKWERTH (1652) detailliert gezeichnete und beschriebene Landkarten, die genau und umfassend genug sind, die ungefähre Ausdehnung der damaligen Wälder wiederzugeben (vergl. auch HÄRDLE 1995, 32; HASE 1997, 50). Auch wenn schleswig-holsteinische Landkarten aus dem 16. Jahrhundert existieren (z. B. von Marcus Jordanus oder Daniel Freese), sind diese Karten jedoch meist nur Regionaldarstellungen oder in ihrer Aufnahme zu oberflächlich, als dass detaillierte Waldausbreitungen eingegrenzt werden könnten. Da nach momentanem Stand der Forschung im 17. Jahrhundert in Schleswig-Holstein noch keine regelhaften Neupflanzungen oder Aufforstungen stattgefunden haben, müsste die in den Mejerschen Karten dargestellte Waldfläche den minimalen Waldbestand bis etwa 1650 angeben.

Auch wenn der Abgleich von historischen Landkarten in einigen Gebieten zuverlässige Einblicke in die Waldflächenentwicklung geben kann, muss gerade bezüglich der älteren Karten (16. und 17. Jhdt.) vor einer zu genauen Interpretation gewarnt werden. Zum einen ist an der geographisch versetzten Lage einiger Ortschaften deutlich zu erkennen, dass die Vermessungsmethoden nicht immer die gewünschte Genauigkeit besaßen, zum anderen muss in einigen Fällen mit einer eher ornamentalen Füllung der Kartenflächen gerechnet werden, die vielleicht den historischen Charakter, nicht jedoch die historische Realität der Landschaft wiedergeben.

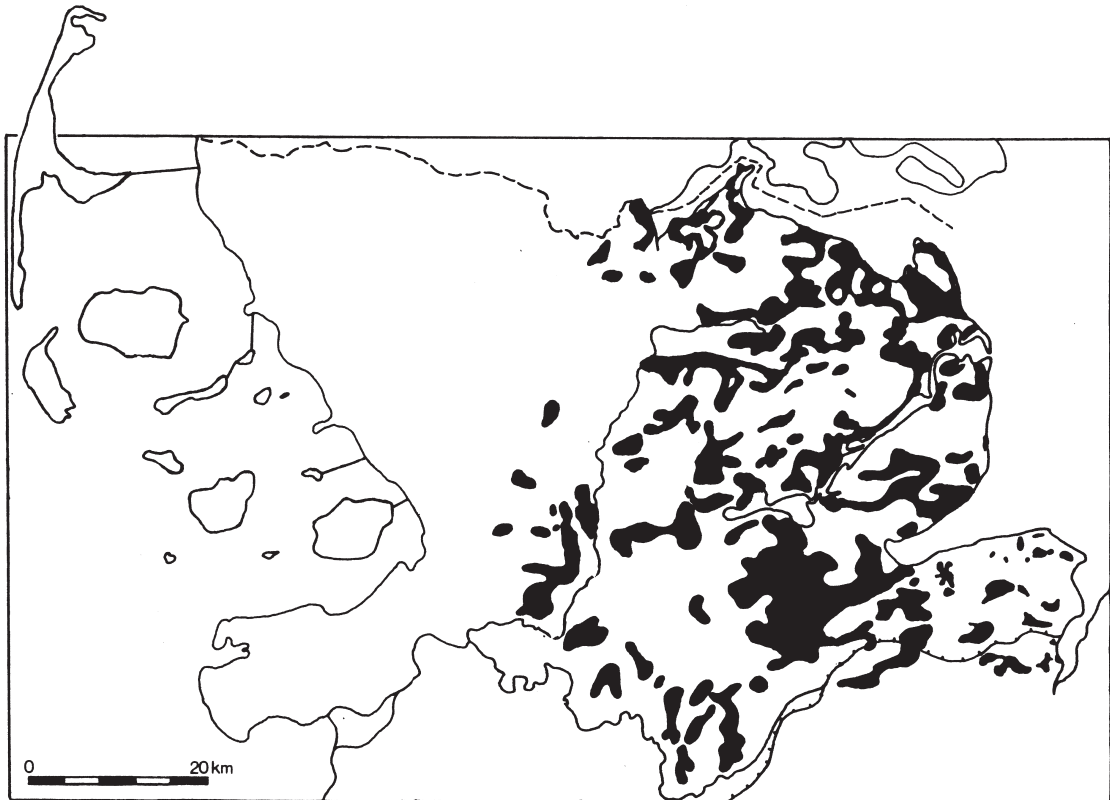


Abb. 6: Waldverteilung im nördlichen Teil Schleswig-Holsteins nach der Mejerschen Karte, Abbildung zusammengestellt von HASE 1997, 50.

Unklar muss bei der Auswertung der Mejerschen Landkarten bleiben, um wie viel größer die Waldflächen vor 1650 waren. Aus anderer historischer Überlieferung ist zu vermuten, dass um 1650 bereits viel Wald durch Glashütten, Brennholzeinschlag und Kriege vernichtet wurde (MAGER 1930; HASE 1997, 47-48; SARNOW ohne Jahr, 65).

Das gesamte Mittelalter bis in den späten Barock hinein kann nur von einer äußerst geringen Wiederbestockung oder Neuanlage von Waldflächen ausgegangen werden. Zwar sind aus Schleswig-Holstein im 16. Jahrhundert die Nadelholzplantagen von Heinrich Rantzau im Raum Breitenburg (Itzehoe, Kreis Steinburg) erwähnenswert (ANONYMUS 1797), jedoch sind aus diesem Zeitraum keine anderen Aufforstungen bekannt und diese auch später keinesfalls die Regel. Das bedeutet jedoch nicht, dass es keine neuen Waldbedeckungen im Laufe des Mittelalters gab. Wie schon erwähnt fielen im 12. bis 15. Jahrhundert viele Dörfer wieder wüst, sie vermochten sich nicht dauerhaft in ihrer Umgebung zu halten, wurden verlagert oder aufgegeben. Im Barock entstanden weitere Wüstungen durch Epidemien und durch langwierige Kriege, vorrangig im 17. Jahrhundert. Auf den dauerhaft wüst gefallenen Ackerfluren etablierte sich, ähnlich wie in der Wüstungsperiode des Spätmittelalters, bald wieder Wald. An anderer Stelle hingegen wurde durch Schanzarbeiten und das langwierige Lagern schwedischer und deutscher Truppen viel Wald vernichtet (KRÖGER 1990).

Im Frühbarock entstand durch rege Glashüttentätigkeit und die damit verbundene Waldrodung (vergl. Kapitel 5.3.3) eine neue Gründungsphase von Ortschaften, vorrangig im Osten Schleswig-Holsteins. Die hier auftretenden Orts- und Flurnamen beinhalten meist Wortbestandteile wie Glas-, Hütten- oder Ofen bzw. Oven, die mit der Glasherstellung in direktem Zusammenhang stehen.

Für die Zeit unmittelbar vor der Verkoppelung steht zur Ermittlung der historischen Waldausdehnung für den holsteinischen Landesteil ein äußerst genaues Kartenwerk zur Verfügung, die militärisch-topographische Karte von Gustav Adolf von VARENDORF (1796). In einem Maßstab, der etwa dem der heutigen topographischen Karte 1: 25.000 entspricht, wurden Gewässer, Waldflächen, Straßenverläufe und Ortschaften äußerst differenziert eingezeichnet. Ein Vergleich der damaligen Waldflächen mit den heutigen zeigt, dass zum Ende des 18. Jahrhunderts Schleswig-Holstein nahezu entwaldet war und fast ausschließlich königliche Forsten und Gehege noch von Hochwald bestanden waren.

Auch wenn durch die Karten von vor 1796 keine konkreten Vorstellungen der im Spätmittelalter noch vorhandenen Waldflächen vermittelt werden können, zeichnet sich im gesamten Schleswig-Holstein ein eindeutiger Trend zu immer geringer werdender Waldbedeckung ab. Es kann also für das Spätmittelalter nur eine mindestens vorhandene Waldfläche angegeben werden, soweit sie verlässlich aus den Mejerschen Karten entnommen werden kann.

Letztendlich bleibt für die Ermittlung der Größe der Waldflächen des Spätmittelalters nur die Möglichkeit, mit allen hier vorgestellten Mitteln die Waldflächen zum gegebenen Zeitabschnitt abzuschätzen. Eine quadratkilometer- oder gar hektargenaue Darstellung ist nach dem bisherigen Stand der Forschung nicht möglich.

3.2 Bedeutung von Wald und Holz im späten Mittelalter

In den größten Teilen Europas - Ausnahmen bilden extreme Hochlagen, die arktische Tundra, Moore, Felsköpfe, Küstenbereiche sowie besonders dynamische Flussauen - ist der Wald die natürliche Sukzessionsklimax. Jede nicht künstlich freigehaltene Fläche wird früher oder später mit Wald bedeckt (DENGLER 1935, 5-6). Der Wald bildete so nach der siedlungsarmen Periode der Völkerwanderungszeit eine vielseitige und damals unerschöpflich scheinende Ressource. Im gesamten Mittelalter, sogar bis in das 19. Jahrhundert hinein, wurde der Wald weitaus vielseitiger genutzt als heute. Neben der Bauholzproduktion spielte die Brennholzproduktion für Haushalte, Handwerk und frühe Industrie eine wichtige Rolle, ebenso die Köhlerei und Teerschwelerei. Daneben jedoch gab es auch andere, teilweise sogar wirtschaftlich bedeutendere Nutzungsformen, die heute, wo die Holzwirtschaft die bedeutendste Waldnutzung darstellt, unter dem etwas irreführenden Begriff der Nebennutzungen zusammengefasst werden. Einen wesentlichen Anteil haben die landwirtschaftlichen

Nebennutzungen. Hierzu zählen die Waldweide von Rindern, Pferden und Schafen, die Schweinemast mit Eicheln und Bucheckern, die Laubstreuentnahme oder das Laubharken zur Gewinnung von Einstreumaterial für die Winteraufstallung, das Schneiteln und Laubrupfen von Grünlaub zur Gewinnung von Viehfutter, das Sammeln von Waldfrüchten und Pilzen sowie das Harzreißen in Nadelwaldbeständen. Auch von landesherrlicher Seite wurde der Wald noch in anderweitiger Weise als zur Holzproduktion genutzt. Vorrangiges Interesse galt der Jagd zu Repräsentationszwecken, jedoch hatten einige Wälder durchaus abgrenzenden und schützenden Charakter und dienten so zur Festigung von territorialen Ansprüchen. Der Sachsenwald im Osten von Hamburg z. B. wird aus den Relikten eines im Frühmittelalter bestehenden Grenzwaldes zwischen sächsischen, später deutschen und slavischen Gebieten gebildet. Andere vorrangig von landesherrlicher Seite initiierten Waldnutzungen dienten der Zucht von außerordentlichen Holzsortimenten für den Holzhandel und den Schiffbau. Sowohl in der Formulierung der frühen Forstordnungen und Waldweistümer (MANTEL 1980; HASE 1997) als auch in verschiedenen philosophischen, wirtschaftlichen oder naturwissenschaftlichen Betrachtungen des Spätmittelalters und Barock findet die Bedeutung des Waldes ihren Niederschlag (z. B. BÜNTING 1692; HOHBERG 1682; CARLOWITZ 1713). Stets wird der Wald als schützenswertes, nachhaltig zu bewirtschaftendes Nutzland angesehen, der Mangel an Holz oder dessen völliges Fehlen als eine der schlimmsten Szenarien für Landwirtschaft, frühe Industrie oder gar der ganzen Gesellschaft dargestellt.

Die Problematik einer so vielseitigen Beanspruchung eines Waldes ist, dass sich einige Nutzungsformen gegenseitig ausschließen oder zumindest stark beeinträchtigen. So lag der Schwerpunkt des bäuerlichen Nutzungsinteresses noch bis in das 19. Jahrhundert hinein auf geringen Holzsortimenten für Brennholz, Zaunbau und Flechtwerk sowie auf Futterlaub und Mastfrüchten. Die Gewinnung von Bauholz spielt eine untergeordnete Rolle. Die favorisierte Waldform war somit ein stangen- und laubreicher Niederwald (vergl. Kapitel 3.3.1), der bei mangelnder Pflege eher einem zerhauenen Gebüsch denn einem Wald geglichen haben könnte, beziehungsweise ein lichter Eichen- und Buchenwald, deren astreiche Kronen enorme Massen an Eicheln und Bucheckern produzieren konnten. Anders sieht die bevorzugte Waldform aus Sicht der Städte und Landesherrn aus. Die Gewinnung von Bauholz für Häuser und Schiffe hatte ungleich mehr Gewicht als in der bäuerlichen Waldwirtschaft, ebenso die Gewinnung von Werkholz für Holz verarbeitende Betriebe. Der Grund hierfür ist, dass im Gegensatz zum Brennholz das Bauholz in großen Dimensionen mit zunehmender Ausdehnung der Siedlungsflächen europaweit an Wert gewann. So spielte in Schleswig-Holstein ab dem Spätmittelalter zusätzlich der Holzhandel mit England und den Niederlanden eine wichtige Rolle (MAGER 1930, 200-204). Die von den Städten und der Landesherrschaft bevorzugte Waldform war der geschlossene Hochwald, in dem sich gerade gewachsene und astarme Holzdimensionen gewinnen ließen. Ein weiterer Grund für die Favorisierung des Hochwaldes lag in den günstigen Jagdbedingungen. Die Vorstellungen von einem „guten“

oder „schützenswerten“ Wald lagen also je nach bevorzugter Nutzung weit auseinander (RADKAU und SCHÄFER 1987, 59).

Die unterschiedlichen Nutzungs- und Erscheinungsformen des Waldes brachten eine entsprechende Vielzahl an Benennungen derselben hervor. Die heute allgemein gebräuchliche Vokabel „Wald“ (im Alt- und Mittelhochdeutschen auch *uuald*, *uualt*, *Walt*, *Wald*, *Wold*, *Wohld* oder *Waldung* genannt, vergl. KLUGE 1999, 872) bezeichnete im Hochmittelalter den landwirtschaftlich nutzbaren Teil der nicht durch Feldwirtschaft erschlossenen Landschaft. Hierzu zählten vor allem Weiden, die oft nur locker mit Bäumen bestanden waren und verschiedene Gebüsch- und Niederwaldfluren. Die ursprüngliche Bedeutung von „Wald“ assoziiert die Begriffe von Laubwerk und Zweigen mit der Vorstellung des dicht Bewachsenen allgemein, so auch Haarschopf und Wolle. Zur Begriffschöpfung des Waldes im forstlichen Sinne führte somit vorrangig die Krone des Baumes mit Laub, Früchten und Astholz, also der landwirtschaftlich nutzbare Teil der Bäume.

Hier besteht eine deutliche etymologische und sinngebende Parallele vom deutschen Wort „Holz“ im Sinne von „Brennholz“ und „*Gesamtheit der zu schlagenden Schösslinge eines Niederwaldbaumes*“, also dem faktisch nur aus Baumkronen bestehenden Niederwald zum engl. „wood“ im Sinne von „Holz“ und „Wald“ (KLUGE 1999, 381). Ebenso zum Wald, im Sinne der allgemeinen Weide- und Holznutzung, gehörten Wiesen und andere Weideflächen (VERA 2002, 109-115).

Unter besonderem Schutz durch die Landesherrschaft stand der nicht bewirtschaftete Baumbestand, der Forst. Die genaue Herkunft des Begriffes ist umstritten, jedoch wird vornehmlich davon ausgegangen, dass sich der Begriff vom lateinischen *forestis nostra* der Merowingerkönige ableitet und das „Land ohne eindeutigen Besitzer“ (die Wildnis) bezeichnet (VERA 2002, 103-108; weitere etymologische Herleitungen bei MANTEL 1980, 60-62). Dieses Land war Königseigentum inklusive der alleinigen Nutzungsberechtigung. Diese schloss die Bäume, Sträucher, Gewässer, Bodenschätze und die im Forst lebenden wilden Tiere mit ein. Allein dem König oblag es, im Forst einzelne Nutzungen zuzulassen oder zu verweigern. In einigen Bereichen Schleswig-Holsteins war so gegen eine Taxe die Schweinemast in sonst geschlossenen Forsten erlaubt (MAGER 1930, 180-183; vergl. MANTEL 1980, 65). Die Motive für die Einforstung der Wälder waren zum einen die Sicherung der Rechte an Jagd und Fischfang, zum anderen jedoch auch die Möglichkeit zum Landesausbau durch Rodung und die Ansiedlung von frühen Industrien (MANTEL 1980, 65).

Ebenfalls im kausalen Zusammenhang zum Waldbegriff stehen und standen die Bezeichnungen „Holz“ (auch Holtz oder Holt) und „Busch“, speziell in Schleswig Holstein auch der Begriff „Kratt“. Diese Bezeichnungen gehen auf eine Niederwaldartige Nutzung zurück. Die Bezeichnung „Busch“ dürfte auf französische (*boscage* bzw. *bosquet*) oder niederländische Wurzeln (*Bosch*) zurückzuführen sein und bezeichnet im Kern das Bündeln von zum Beispiel Brennholz. Die Bezeichnung „Kratt“ scheint eigentümlich für Schleswig-Holstein zu sein. Der Begriff ist etymologisch unklar, bezeichnet jedoch eventuell lautmalerisch den Zustand

eng verwachsener Eichen (CHRISTIANSEN 1912). In allen Fällen wird mit den Begriffen Busch, Holz oder Kratt das Brennholz oder dessen Herkunftsort, eben der Busch oder das Gehölz beschrieben, oft Teil des als Viehweide genutzten Waldes (VERA 2002, 115-118).

Der Interessenkonflikt, der aufgrund der unterschiedlichen Wirtschaftsschwerpunkte zwischen Landesherren und Landbevölkerung ausgetragen wurde, kann deutlich umrissen werden: Die Landesherrschaft, die ab dem Spätmittelalter den Handelswert des Holzes zu schätzen wusste, richtete die Gesetzgebung danach aus, dass allein der Hochwald als Waldwirtschaftsform in Frage kam, während die Landbevölkerung auf die laubreichen Niederwälder und überalterte Mastbäume angewiesen war. Die Formen der landwirtschaftlichen Waldnutzung verringerten das Nutzholzangebot beträchtlich, weshalb den Bauern in vielerlei Hinsicht ein waldschädigendes Verhalten nachgesagt wurde, teils mit Bekräftigung durch üble Beschimpfungen (MAGER 1930, 155-156; RADKAU und SCHÄFER 1987, 59).

Da der Wald innerhalb der besiedelten Gebiete meist nicht in privatem Besitz war, sondern im Sinne der Allmende allen Waldberechtigten zur Verfügung stand, wurde der Wald quasi willkürlich genutzt, solange in einer Region ausreichend Wälder vorhanden waren.

Vereinzelt ab dem 7. Jahrhundert, vermehrt ab dem Hoch- und Spätmittelalter schränken erste Wildbanne, Waldweisungen oder Forstordnungen die Nutzung des Waldes ein, ein deutlicher Hinweis darauf, dass nicht mehr für alle Nutzungsweisen ausreichende Waldflächen vorhanden waren (VERA 2002, 103- 123; MANTEL 1980; MAGER 1930, 150-157; RADKAU und SCHÄFER 1987, 60-61).

Die Bezeichnungen *Forst*, *Gehege* und *Bann* zeigen bis heute im Gegensatz zu Namen mit den Bestandteilen *Busch*, *Holz*, *Bruch* oder *Kratt* schon in früherer Zeit von der Allmende ausgeschlossene und in der Nutzung beschränkte Gebiete an. Bis weit ins 18. Jahrhundert hinein wurde von Seiten der Bauern mit der Begründung durch alte Gewohnheitsrechte um die Frage der Waldnutzungsrechte innerhalb der Forstungen gerungen (MAGER 1930, 155-157, vergl. MANTEL 1980). Dabei spielten von Anfang an Nachhaltigkeitsgedanken eine Rolle, beide Seiten wollten auch in Zukunft ihren Gewinn am Wald sicherstellen.

Daneben standen die Städte und die frühe Industrie, die in vielen Bereichen Europas immense Mengen an Holz verschlangen und von den Landesherren nicht selten mit Rodungs- oder Sonderrechten versehen wurden, um die Brennholz- und Bauholzzufuhr sichern zu können. Vor dem Hintergrund dieses Interessenkonflikts ist zu verstehen, warum die von der Landesherrschaft beschlossenen Waldweistümer und Forstordnungen unabhängig von ihrem Erscheinungsort die Schonung sowie die Anlage von Hochwaldflächen besonders fördern, die bäuerliche Bewirtschaftung der Nieder- und Hudewälder hingegen als waldschädigend und verschwenderisch beschreiben und nur das unbedingte Maß dieser Nutzungen zulassen (MANTEL 1980, z. B. 64, 180, 192-193, vergl. 195). Somit war eine Begründung gegeben, den Bauern die Nutzung weitläufiger Waldflächen zu entziehen und diese einzuforsten. Ab dem 16. Jahrhundert ist in vielen Gebieten der gesamte Wald den Forstrechten unterworfen (MANTEL 1980, 73). Was in den Forstordnungen hingegen nicht kritisiert wird, ist der reichliche

Brennholzverbrauch durch Handwerk und frühe Industrie, jedoch wird die fortschreitende Verringerung des Holzvorrates als überregionale Problematik aus anderen, industriell geprägten Werken deutlich (z. B. AGRICOLA 1556; CARLOWITZ 1713).

Obwohl aufgrund der ersten Pestepidemie und einiger klimatischer Ereignisse in der Mitte des 14. Jahrhunderts die Bevölkerungsdichte innerhalb kurzer Zeit stark abnahm, sank der Holzverbrauch nicht im gleichen Maße, da eine zunehmende Zentralisierung und Professionalisierung, vorrangig im Montangewerbe, zu immensem Bauholz- und Brennstoffverbrauch führte. Auch die bevölkerungsdezimierenden Kriege, vorrangig des 17. Jahrhunderts, schädeten dem Wald aufgrund sinnloser und bösartiger Waldverwüstung oft mehr, als dass sich neue Waldflächen auf aufgelassenen Ackerflächen etablieren konnten (vergl. MAGER 1930, 230- 238).

Gerade in den Montangebieten, in denen Erze abgebaut und verhüttet wurden, war die zuverlässige Verfügbarkeit von Bauholz für die Stollen und Brennholz für die Hüttenbetriebe Grundlage der Produktion. Da die Konkurrenz um die Waldnutzung in den besiedelten Gebieten eine großflächige Nutzung durch Hüttenbetriebe ausschloss, verlagerte sich im Laufe des Hochmittelalters die Produktion immer weiter in unerschlossene Gebiete, in denen der Wald nicht anderweitig genutzt wurde. Die Folge dieser Neuerschließung war eine stetige Ausdünnung des Waldbestandes und letztendlich eine Ausdehnung des Kulturlandes und die Notwendigkeit weiterer Neuerschließungen.

3.3 Nutzungsformen des mittelalterlichen Waldes

Je nach dem, welche Nutzungsart überwog, veränderte sich aufgrund der spezifischen Eingriffe die Artenzusammensetzung des Bestandes ebenso wie die Wuchsform der Einzelbäume, wodurch sich verschiedene Waldformen ausprägten. In heutiger Zeit dominiert das Bild des Hochwaldes unsere Vorstellung von einer Waldlandschaft; bis zur Verkoppelung Ende des 18. Jahrhunderts wird der klar von der Feldmark getrennte, geschlossene, hoch gewachsene und vorrangig gleichaltrige Bestand jedoch eher die Ausnahme gewesen sein. Stattdessen dominierten unterschiedlichste Gehölz-, Wald- und Forstformationen, deren unterschiedliche Gestaltung letztendlich auch verschiedenen Nutzungsarten zurückzuführen ist. Im Folgenden werden verschiedene Waldnutzungsformen, die für das Mittelalter aufgrund historischer oder bildlicher Darstellungen an verschiedenen Orten Mitteleuropas belegbar sind, genauer beschrieben, wobei das Zusammenspiel von Nutzungsweise, Waldausprägung und Zuwachsleistung im Mittelpunkt steht.

3.3.1 Niederwald

Erscheinung

Im Gegensatz zu Nadelhölzern, deren Stümpfe nach Abgang des Stammes verfaulen, neigen alle Laubholzarten mehr oder weniger dazu, aus Stümpfen und Wurzeln neue Triebe auszusenden, wenn der Hauptstamm gefällt geworden ist. Der Niederwald ist eine Kulturwaldform bestehend aus Laubhölzern, die sich durch intensive Auflichtung eines Bestandes und den dadurch bedingten Wiederausschlag an Hiebkante und Stumpf sowie durch Wurzelbrut an den verbliebenen Wurzelstöcken entwickelt hat. Die Ausschläge entwickeln sich im Vergleich zu Kernwüchsen überdurchschnittlich schnell. Dadurch macht der Niederwaldbetrieb erfolgreichen Gebrauch von der wachstumsreichen Stabilisierungs- und Aufbauphase (HAMM 1896; BURSCHEL und HUSS 1987, 135-141). Der Hieb kann als Stockschneitelung (der häufigsten Niederwaldform), der Kopfschneitelung (gerade in Verbindung mit der Waldhude, vergl. 3.1.4) und der Astschneitelung erfolgen (POTT und HÜPPE 1991, 46-48).

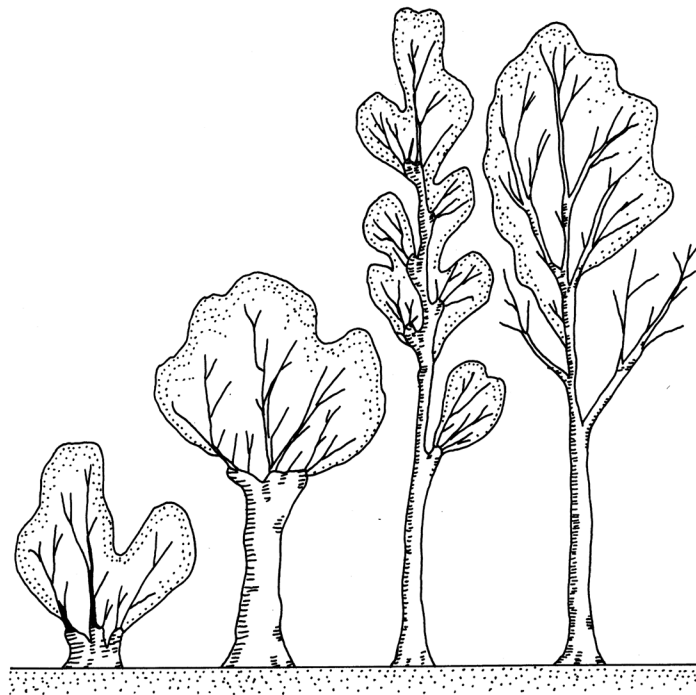


Abb. 7: Verschiedene Schneitelungs- und Wuchsformen in Nieder- und Hudewäldern. Von links nach rechts: Stockschneitelung, Kopfschneitelung, Astschneitelung, Laubrupfen (Burrichter und Pott 1983).

Das Erscheinungsbild des Niederwaldes erinnert eher an eine Buschlandschaft denn an einen Wald. Aus den Stümpfen gefällter Laubbäume schlagen – sofern die Bäume nicht zu alt oder krank sind – neue Triebe aus, die aufgrund der starken Wurzel und des durch die fehlende Beschattung hohen Lichtangebotes schnell nach oben wachsen und erst nach einigen Jahren in ihrem vermehrten Zuwachs zurück gehen (HAMM 1896, 54-55). Im

Regelfall lässt die Fähigkeit, an einem Stockausschlag Ruten zu bilden erheblich nach, wenn die Borkenbildung einsetzt, so dass der Hieb zur Erzielung höherer Zuwächse oft im frisch gebildeten Holz geschieht (HAMM 1896, 9, 51-52). Gerade ältere Stöcke zeigen so ein bizarres Aussehen, da durch das häufige Fällen eine kräftige Überwallung der Wundflächen angeregt wird (HAMM 1896, 107- 114) Das aus Stockausschlägen gezogene Holz ist gerade, lang und dünn mit wenigen seitlichen Astansätzen. Die Wurzelstöcke selbst können, im Gegensatz zu den an ihnen gebildeten Ausschlägen, ein hohes Alter erreichen (HAMM 1896,51), welches jedoch aufgrund des durch den Beschnitt unregelmäßigen Jahrringwachses meist nicht genau bestimmbar ist. Durch die periodisch immer wieder erfolgende Schlagführung wird das Aufkommen von ausschlagfreudigen Arten begünstigt, weniger ausschlagfreudige Arten verringern sich im verbleibenden Bestand. Typische im Niederwald auftretende Baumarten sind auf mäßig feuchten Standorten Hainbuche, Hasel, Esche, Pappel, Ahorn und Ulme (CARLOWITZ 1713, 205-206 DEFORCE und HANECA 2008, 57), zum Teil auch die nur in jungen Jahren ausschlagfreudige Buche (HAMM 1986, 52). In feuchteren und lichten Waldarealen überwiegen Erle, Birke, Pappel und Weide. Pappel und Birke können bei ausreichendem Lichtangebot durchaus auch auf trockenen Standorten gedeihen, (HAMM 1896, 22; RADKAU und SCHÄFER 1987, 29-32), ein Eichen-Birken-Niederwald auf vergleichsweise trockenem Standort gedeiht zum Beispiel auf den Haubergen des Siegerlandes (Nordrhein-Westfalen) (GLEITSMANN 1981; 1982; POTT 1985, 30-38). Weitere typische Holzarten, die auch auf trockenen Standorten gedeihen, sind außerdem Esche, Hasel und Buche (CARLOWITZ 1713, 206), auch wenn die Buche bei starker Nutzung, wie sie seit dem Frühmittelalter anzunehmen ist, aufgrund der höheren Ausschlagfähigkeit meist von der Hainbuche verdrängt wird (KÜSTER 1996, 61; POTT 1981). In Schleswig-Holstein kommen feuchte und mittlere Standorte vor, so dass sämtliche aufgeführten Holzarten für eine Niederwaldwirtschaft in Betracht kämen. Eine vorrangig auf der Geest und an der Westküste Schleswig-Holsteins und Jütlands bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts häufig vorkommende Form des Niederwaldes ist das Eichenkratt, ein Stieleichenniederwald mit oft stark krüppelwüchsigem Holz, dessen Höhe meist zwischen 3 und 5 m lag. Neben den Eichen konnten Faulbäume, Zitterpappeln, Birken und Weiden, selten auch Schlehe, Wacholder und Vogelbeere beigemischt sein. Linde, Traubeneiche und Buche kommen im Kratt äußerst selten oder gar nicht vor. (CHRISTIANSEN 1912; ASMUSSEN 1912).

Geschichtsquellen zum Niederwald

Die Niederwaldwirtschaft ist ein Waldbewirtschaftungssystem, welches trotz Fehlen eindeutiger Beweise schon seit neolithischen Zeiten zur Gewinnung von Viehfutter und Brennholz angenommen wird (KÜSTER 1996, 61; REISS u. a. 2006; vergl. CHRISTENSEN und RASMUSSEN 1991; VERA 2002). Auch im Mittelalter ist die Niederwaldnutzung überliefert, vornehmlich aus dem landwirtschaftlichen Bereich. In der mittelalterlichen Nomenklatur tauchen als Niederwald anzusprechende Gehölzformen unter den Namen *Busch* oder *Bosch*, *Holz* oder *Holtz* auf (VERA 2002, 115), in den schleswig-holsteinischen Schriftquellen werden

Niederwälder unter anderem *Bauernwälder*, *Bondehölzer* (Bonde = dänisch für freier Bauer), *Festehölzungen* (Feste = unfreie Bauern) *Kratt* oder *Buschwald* genannt (MAGER 1930, 150, 154 und 272).

Im Gegensatz zum Hochwald genossen die Niederwälder im spätmittelalterlichen Schrifttum nur wenig Ansehen, da die geringen Holzdurchmesser den Ertrag des Waldes für den überregionalen Holzhandel uninteressant machten. Wenn in mittelalterlichen oder frühneuzeitlichen Schriftquellen Niederwald erwähnt ist, geschieht dieses meist im landwirtschaftlichen Kontext. Hierbei wird der Niederwald meist als eine Form der bäuerlichen Waldverwüstung angesprochen, keineswegs als angepasste Nutzungsform (MAGER 1930, 245-246, RADKAU und SCHÄFER 1987, 59-60). Oftmals fällt im Zusammenhang mit der Niederwaldwirtschaft der Ausdruck „verhauen“, um den Zustand des fehlenden Kernwuchsbestandes zu umschreiben, so zum Beispiel in der Holzordnung des königlichen Anteils von Schleswig Holstein von 1657-60 (HASE 1997, 51). Auch hier wird die Diskrepanz der verschiedenen Waldanschauungen deutlich.

Erst Hannß Carl von CARLOWITZ (1713) erkannte und beschrieb die Vorteile von Niederwäldern für die industrielle Brenn- und Kohlholzwirtschaft in seiner *Sylvicultura oeconomica* oder der Anleitung zur wilden Baum-Zucht.

Die Niederwaldwirtschaft kann bei entsprechender Waldpflege als langfristig und nachhaltig funktionierendes Wirtschaftssystem angesehen werden, von dem viele verschiedene Produktionszweige profitieren und sowohl forst- als auch landwirtschaftliche Nutzungsformen einander ergänzen. Besonders deutlich wird dieses am gut dokumentierten Beispiel der Hauberge des Siegerlandes, die als genossenschaftlich betriebene Eichen-Birken-Niederwälder auf eine viele Jahrhunderte währende Nutzungstradition zurückblicken können. Die erste urkundliche Erwähnung des Begriffes „Hauberg“ datiert in das Jahr 1467; in diesem Zeitraum ist die Bewirtschaftungsform der Hauberge bereits vollständig etabliert (BERNHARDT 1867; SPEIER 1994, 32). Aufgrund der Analyse einzelner Holzkohleproben und Pollenprofile wird jedoch verschiedentlich eine haubergähnliche Nutzung bereits seit der ausgehenden Hallstattzeit oder der Latènezeit angenommen, auch wenn die aufgeführten Argumente nicht als eindeutiger Beleg gelten können (KRASA 1931; FRITZ 1952; POTT 1985, 30). Die aus der Haubergwirtschaft gewonnenen Hölzer waren seit der Hallstattzeit die Grundlage der regionalen Eisenverhüttung, die Gerbrindengewinnung stellte seit dem 17. Jahrhundert eine wichtige Rohstoffquelle für die regionalen Gerbereien dar (POTT 1985, 32, GLEITSMANN 1982).

Sowohl in der *sylvicultura oeconomica* (CARLOWITZ 1713) als auch in anderen Werken zur Holzkohleproduktion (PLINIUS nat. hist. lib. 16, 27-29 übers. KÖNIG 1991; DUHAMEL DU MONCEAU 1762, 14; KLEIN 1836, 33) wird der Vorteil des Niederwaldholzes für die Verkohlung angesprochen (vergl. Kapitel 3.3.1 und 5.1.3.). Die Kohle aus Stockholz ist großstückiger und der gerade Wuchs erlaubt ein schnelles und dichtes Stapeln der Meilercharge.

Bewirtschaftung

Die Bewirtschaftung von Niederwäldern steht im engen Zusammenhang zur landwirtschaftlichen Wirtschaftsweise. Vorrangige Nutzung ist die Brenn- und Kohlholzgewinnung, jedoch wird auch Stangenholz zum Bau von Dachstühlen, Werkholz für Wagen und Geräte und Zaun- beziehungsweise Faschinenholz aus Niederwäldern gewonnen (HAMM 1896, 13-14), MANTEL (1980, 429) erwähnt außerdem Hopfenstangen, Gerüste, Reifenstangen und Leiterholz. Ist der Niederwald heutzutage aufgrund der fehlenden Nutzholzsortimente forstlich relativ uninteressant, war er bis ins 19. Jahrhundert eine wichtige Grundlage der bäuerlichen Wirtschaft. Neben dem vielfach benötigten Brennholz lieferte der Niederwald auch andere, wirtschaftlich bedeutende Erträge. Zu nennen seien hier Laubfutter und Streu für die im Stall gehaltenen Tiere, Flechtruten für Fachwerkfüllungen und Eichenlohrinde für die Gerbereien. Auch Rebstöcke für den Weinbau und Bast zur Seilherstellung wurden im Niederwaldbetrieb gewonnen.

Im Betrieb des Niederwaldes bietet es sich an, die bewirtschaftete Fläche in gleichwertige Schläge einzuteilen, so dass in jedem Umtriebsjahr ein Schlag fast vollständig auf den Stock gesetzt werden kann (HAMM 1896, 9). So werden durch die Fäll- und Rückarbeiten keine Jungwüchse oder Stockausschläge geschädigt, außerdem stehen die Neuausschläge nicht in Konkurrenz zu älteren Bäumen. Allein einzelne Kernwüchse sollten zur Ausbildung eines geringen Oberholzes und zur Anlage neuer Stöcke vom Hieb verschont werden. Durch die schlagweise Zurücksetzung des Niederwaldbestandes ist das Lichtangebot für die neu austreibenden Wurzelstöcke besonders günstig, was sich positiv auf den Zuwachs auswirkt. Schon in einigen Forstordnungen des 16. Jahrhunderts wird die schlagweise Führung des Niederwaldbetriebes als günstiger für den Zuwachs erwähnt (vergl. MANTEL 1980).

Grundsätzlich lassen sich die meisten Laubhölzer wiederholt auf den Stock setzen, solange der jeweils jüngste Hieb im noch jungen Holz der vormaligen Triebe unternommen wird. Stockausschläge können so ein Alter erreichen, welches das natürliche Alter eines kernwüchsigen Baumes der entsprechenden Art übersteigt (HAMM 1896, 51). Generell jedoch ist die Wuchsleistung von auf den Stock gesetzten Kernwüchsen höher als die von erneut beschnittenen Stockausschlägen, weshalb auch im Niederwald auf eine natürliche Verjüngung und das Anwachsen neuer Kernwüchse geachtet werden muss, um die hohen Zuwächse zu erhalten und eine langfristige Ausdünnung des Stockbestandes zu vermeiden. Ist durch einen zu geringen Baumbestand der Niederwald soweit aufgelichtet, dass Gräser und Kräuter den Boden bedecken, gehen die Holzzuwächse rapide zurück, da die Stockausschläge in einem Konkurrenzverhältnis zur Krautschicht stehen (HAMM 1896, 62).

Der Schlag selbst sollte vorrangig mit der Axt oder der Hippe geschehen, da eine Säge einen rauen Schnitt in das Holz setzt, in dem sich Faulstellen bilden können, die dem Stock schaden. Auch ein Reißen oder Splintern des Stockes muss in jedem Fall vermieden werden. Auch muss der Stock eine schräge Hiebfläche aufweisen, so dass kein Regenwasser auf der Schlagfläche zu stehen kommt (HAMM 1893, 114). Beste Schlagzeit ist der späte Winter und

das beginnende Frühjahr, noch bevor die Bäume mit dem Ausschlagen beginnen. Zwar hat die Fällung im Winter den Vorteil, dass aufgrund des Frostes auch sumpfige Waldstücke genutzt werden können (CARLOWITZ 1713, 375), jedoch leiden einige Baumarten bei zu zeitiger Fällung in Stock und Jungtrieben stark unter dem Frost. Frostempfindlich sind Eiche, Esche und Buche; Ahorn, Linde und Kirschen, ertragen den Frost besser. Hainbuche, Birke Pappeln Weiden und Ebereschen können als frosthart gelten. Auch wenn der Wurzelstock selten aufgrund von Spätfrösten eingeht, kann es doch zu starken Einschränkungen im Wachstum kommen (HAMM 1896, 56-57). Weitere Wachstumseinbußen kann ein Niederwald durch übermäßigen Wildverbiss oder Beweidung mit Rindern, Schafen und Ziegen erleiden, da Knospen und Laub ein begehrtes Futter darstellen. Besonders empfindlich reagieren Eiche, Esche, Ulme, Ahorn und Linde bei Viehverbiss; Erle, Birke und Hasel werden von den Tieren weniger stark verbissen und reagieren somit auf Beweidung weniger empfindlich. Aufgrund des hohen Laubangebotes wurden Niederwälder auch für die Erzeugung von Winterfutter für Nutztiere genutzt. Vorrangig zu diesem Zweck genutzte Arten sind Buche, Weide (speziell *Salix fragilis*), Ulme und Linde (HAMM 1896, 64-77).

Für die vorrangige Nutzung, die Brennholzwirtschaft, kommen im Prinzip alle Holzarten in Frage, jedoch geben besonders Hainbuche, Hasel, Buche und Birke gutes Brennholz. Von mittlerem Brennwert sind Ulme, Ahorn und Erle, geringen Brennwert besitzen Pappel, die meisten Weidenarten und Linde (HAMM 1896, 64- 76). Nachfolgende Tabelle 1 fasst die in Niederwaldwirtschaft gezogenen Baumarten mit ihrem Wuchs- und Ausschlagverhalten sowie ihren Hauptnutzungsarten zusammen, wie sie bis ins ausgehende 19. Jahrhundert praktiziert wurde.

Tab. 1: Standortansprüche, Ausschlagfähigkeit, Brennwert, Anfälligkeit für Viehverbiss und hauptsächlichliche Verwendung verschiedener in Niederwaldwirtschaft gezogener Laubhölzer (Angaben vorrangig zusammengestellt nach HAMM 1896, 64-77; Ergänzungen durch CLAUSEN 1974, 26-27; BURSCHEL und HUSS 1987, 135-139; THOMMES 1997, 22-25, BRAUN und KONHOLD 1998; DEFORCE und HANECA 2008, 57).

Holzart	Wasser- Boden und Lichtverhältnisse	Ausschlagsverhalten, vorrangige Umtriebszeit und Ertrag	Brennwert	Viehverbiss	Hauptnutzung
Ahorn (<i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Acer platanoides</i> , <i>Acer campestre</i>)	frische und mineralisch reiche Böden, Niederungs- (<i>Acer platanoides</i>) und auch höher steigende Arten (<i>Acer pseudoplatanus</i>) Im Ausschlagswald auch Wachstumsfähig bei geringem Lichtangebot (<i>Acer campestre</i>)	geringer Ausschlag an Wurzelhals und Stamm, schnelle, kräftige Triebbildung (<i>Acer pseudoplatanus</i> und <i>Acer platanoides</i>), vermehrter Ausschlag bei <i>Acer campestre</i> 10 fm/a/ha	mittel	stark	Nutzholz (zum Drechseln und Schnitzen), Futterreisig (THOMMES 1997, 24)
Birke (<i>Betula pendula</i> , <i>Betula pubescens</i>)	sehr feuchte bis sehr trockene Standorte, erträgt auch armen und sauren Boden, ausgesprochene Lichtbedürftigkeit	häufiger Ausschlag an gekappten Ästen und am Wurzelhals, schnelle Triebbildung, Umtrieb 15-30 Jahre, ca. 8fm/a/ha	hoch	gering	Reisig, Ruten, Nutzholz, Laubschnitzel Kohlholz Brennholz
Buche (<i>Fagus sylvatica</i>)	frische bis mittelfeuchte Standorte, mineralisch reicher und kalkreicher Boden, gedeiht auch an schattigen Standorten, im Mittelgebirge auch auf sauren Böden	geringer Ausschlag am Hiebrand, langsame Triebbildung, Umtrieb 20-30 Jahre, ca. 4fm/a/ha	hoch	stark	Brennholz, Kohlholz, Streu- und Futterlaub, mäßiger Nutzholzwert
Eiche (<i>Quercus robur</i> , <i>Quercus petraea</i>)	frische bis mittelfeuchte Standorte, mineralische und Humose Böden, lichtbedürftig <i>Quercus petraea</i> auch auf trockenen Standorten	häufiger Ausschlag am Wurzelhals, langsame Triebbildung, Umtrieb 12-20 Jahre, 8fm/a/ha	Kronenholz auch als Brenn- und Kohlholz gesucht	stark	Nutzholz, Bauholz, Gerbrinde Kohlholz
Erle (<i>Alnus glutinosa</i>)	sehr feuchte bis nasse, nährstoffreiche Standorte, lichtbedürftig	häufiger Ausschlag am Wurzelhals, schnelle Triebbildung, Umtrieb 30 bis zu 60 Jahre, 10fm/a/ha	mittel bis hoch	gering	Nutzholz, Brenn- und Kohlholz

Holzart	Wasser- Boden und Lichtverhältnisse	Ausschlagsverhalten, vorrangige Umtriebszeit und Ertrag	Brennwert	Viehverbiss	Hauptnutzung
Esche (<i>Fraxinus excelsior</i>)	frische Standorte, nährstoffreiche Böden, lichtbedürftig	geringer Ausschlag am Wurzelhals, schnelle Triebbildung, 10fm/a/ha		stark	Nutzholz, Laubschneitel Kohlholz
Hainbuche (<i>Carpinus betulus</i>)	feuchte bis mittlere Standorte, gedeiht auch auf geringen Böden, erträgt starke Überschirmung	häufiger Ausschlag am Hiebrand langsame Triebbildung, Umtrieb 15 bis 30 Jahre, 6fm/a/ha	hoch	stark	Brenn- und Kohlholz, extrem festes Nutzholz, Laubschneitel
Hasel (<i>Corylus avellana</i>)	im Licht extrem schnellwüchsig, Schatten ertragend	Ausschlag am Wurzelhals schnelle Triebbildung, Umtrieb 15 bis 30 Jahre, 6fm/a/ha	hoch	gering (CLAUSEN 1974)	Ruten, Brenn- und Kohlholz (DEFORCE und HANECA 2008, 57; BURSCHEL und HUSS 1987, 139)
Linde (<i>Tilia cordata</i> und <i>Tilia platyphyllos</i>)	nur mittlere bis frische Standorte, Mineralischer und Humoser Boden	Ausschlag am Hiebrand schnelle Triebbildung	gering	stark	Laubschneitel und Futterlaub, Bastnutzung, Schnitzholz
Pappel (<i>Populus alba</i> , <i>Populus tremula</i>)	oft auf feuchten Standorten, auch auf trockenem, humosen Boden gedeihend, lichtbedürftig	häufiger Ausschlag am Hiebrand und Stamm schnelle Triebbildung, starke Wurzelbrut, 15fm/a/ha	gering	keine Angabe	Nutzholz (Bretter und Holzschuhe)
Schlehe (<i>Prunus spinosa</i>)	lichtbedürftig	sehr guter Ausschlag und Wurzelbrut, mittelstarke Triebbildung, 8fm/a/ha	keine Angabe	gering	keine Angabe
Ulme (<i>Ulmus campestris</i> , <i>Ulmus scabra</i> , <i>Ulmus laevis</i>)	mittelfeuchte bis Feuchte Standorte, Nährstoffreiche Böden, lichtbedürftig	häufiger Ausschlag am Hiebrand und Stamm, mittelschnelle Triebbildung, 8fm/a/ha	mittel	stark	Nutzholz, Laubschneitel
Weide (<i>Salix caprea</i> , <i>Salix alba</i> , <i>Salix fragilis</i> , <i>Salix pentandra</i>)	oft auch auf feuchten Standorten, Niederungsbaum, lichtbedürftig (BRAUN und KONOLD 1998)	häufiger Ausschlag am Hiebrand, schnelle Triebbildung, Wurzelbrut nur bei Verletzung der Wurzeln, Umtrieb 1-5 Jahre, 15fm/a/ha	gering	meist gering, da zu bitter	Ruten (<i>Salix alba</i>), Flechtware (alle), Nutzholz (<i>Salix caprea</i> und <i>Salix fragilis</i>) Brennholz (<i>Salix caprea</i>), Futterlaub (<i>Salix fragilis</i>)

Besonderer Vorteil der Niederwaldnutzung ist die erhöhte Wuchsleistung der Stockausschläge in den ersten Jahren nach dem Hieb, so dass schon nach relativ kurzer Zeit ein erneuter Hieb durchgeführt werden kann. Die in dieser Form der Waldwirtschaft angestrebten Umtriebszeiten liegen bei einem Jahr für Flechtweiden bis 40, maximal 60 Jahren für Stangenholz. Für die Brennholzgewinnung sind oft 15 bis 20 Jahre Umtriebszeit nachweisbar (GLEITSMANN 1981; 1982; THOMMES 1997, 24; vergl. auch Kapitel 6.3), die Zeit des vermehrten Zuwachses (zwischen 4 und 12 Jahren) wird demnach meist voll ausgeschöpft. Da die Umtriebszeiten eines Niederwaldes im Vergleich zu denen im Hochwald recht gering sind, kann sich während der Bestandsbildung nur ein geringer Holzvorrat auf der Niederwaldfläche akkumulieren. Die Vorräte in den untersuchten Niederwäldern liegen bei 100-200 fm pro ha (HAMM 1896; BURSCHEL und HUSS 1987, 141). Da die Wuchsleistung eines Stockausschlages gerade in den Jahren nach dem Hieb am größten ist, empfiehlt es sich auf vielen Standorten, die Umtriebszeit möglichst gering zu halten, was zwar geringere Vorratsleistungen, jedoch weitaus höhere Zuwächse pro Jahr zur Folge hat. Voraussetzung für eine Niederwaldwirtschaft mit kurzen Umtriebszeiten ist ein ausreichendes Nährstoffangebot im Boden (HAMM 1986, 80-81; BURSCHEL und HUSS 1987, 140).

Zur Erzielung guter Erträge ist eine Pflege des Niederwaldes unerlässlich. Als dringend durchzuführende Maßnahmen rät HAMM (1896, 85-91) zur Verdrängung des Graswuchses zwischen den Stöcken durch Hacken oder Plaggen, zur Anregung der Wurzelbrut durch gezieltes Verletzen der Wurzeln, zum Ausroden der (nicht näher spezifizierten) Schlinggewächse, den Schutz vor Wildverbiss und zum Ausschneiden kranker, störender und wuchsarmer Triebe (so genannte Läuterungshiebe).

Als besonders gut dokumentiertes Beispiel für eine gepflegte Niederwaldwirtschaft mit äußerst vielseitiger Nutzung gelten die Hauberge des Siegerlandes. In ihnen ist ein nachhaltiges System der kombinierten Waldnutzung von Landwirtschaft, Eisenindustrie und Lohgerberei auf genossenschaftlicher Basis bis ins 20. Jahrhundert erhalten geblieben. Bis heute werden einzelne Hauberge zur Gewinnung von Brennholz bewirtschaftet. Der Bestand von Eichen, Birken, Erlen und Haselsträuchern wird in einem Turnus von 16 bis 20 Jahren auf den Stock gesetzt, einzelne Fruchtbäume bleiben zur natürlichen Verjüngung bestehen. Jedes Jahr wird eine andere Parzelle des Hauberges kahl geschlagen, so dass nach 16 bis 20 Jahren die zuerst genutzte Parzelle wieder einen vollwertigen Niederwald ausgebildet hat. Im Frühjahr werden alle Bäume gefällt, die Eichen nur entastet. Das etwa armdicke Holz wird als Brennholz verwendet. Die verbliebenen Eichenstämme werden im Mai geschält, die Rinde wird an die Gerbereien zur Lohherstellung gegeben. Das geschälte Eichenholz wird gefällt und für die Köhlerei bereitgestellt. Im Sommer werden die Zwischenräume zwischen den Wurzelstöcken gehackt, alles verbliebene Astwerk und Gras wird auf der Fläche verbrannt und sorgt für eine gewisse Nährstoffrückführung. Auf dem so vorbereiteten Boden wird im Herbst Roggen oder Buchweizen gesät. Nach etwa zwei bis drei Jahren gehen die Erträge auf den Ackerflächen stark zurück, der Ackerbau auf der Haubergparzelle wird aufgegeben. In den nächsten Jahren

breitet sich bedingt durch das hohe Lichtangebot der Besenginster (*Cytisus scoparius*) stark aus, der zusammen mit Heidekraut (*Calluna vulgaris*) und Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*) zum Teil als Futter und Laubstreu, aber auch als Faserpflanze oder zum Färben von Textilien genutzt wird. Die Ginstergebüsche schützen die jungen Stockausschläge, bis sie durch ihre Schattenwirkung den Ginster zurückdrängen. Ab diesem Zeitpunkt wird der Hauberg als Viehweide genutzt. Die aufgewachsenen Stockausschläge sind gegen Viehverbiss nun einigermaßen geschützt, die Kopftriebe liegen außerhalb der Reichweite der Weidetiere. Schon nach etwa zwei Jahren können Schweine, nach vier Jahren Schafe und nach fünf Jahren Rinder auf die Haubergflächen gelassen werden, die bis zum erneuten Kahlschlag als Weidefläche extensiv genutzt werden. Nach erneutem Holzschlag wiederholt sich der Kreislauf (POTT 1985, 30- 38; RADKAU und SCHÄFER 1987, 107-110).

Als Gegenteil hierzu muss die Bewirtschaftung der Eichenkratts in Schleswig-Holstein gesehen werden. Hier geschah die Nutzung allem Anschein nach unregelmäßig, wodurch die Eichen ihr krüppeliges und zerhauenes Aussehen annahmen und keine klaren Umtriebszeiten für eine Altersstrukturierung des Bestandes sorgten. Auch im Kratt dominierten die aus Stockausschlägen nachwachsenden Eichen. Vorrangig wurde das Holz zu Brennholz und geringem Werkholz verwendet. Der Übergang vom Kratt zur Heidelandschaft gestaltete sich oft fließend, so dass auch von einer extensiven Beweidung durch Rinder, Schafe oder Ziegen ausgegangen werden kann (CHRISTIANSEN 1912, 173-174). Die in den Forstordnung geforderte schlagweise Nutzung der Niederwaldbestände suggeriert, dass diese Art der unregelmäßigen Niederwaldnutzung auch in anderen Teilen Mitteleuropas verbreitet war und zur Förderung der Holz- und Futterproduktion der entsprechenden Einschränkungen bedurfte (vergl. MANTEL 1980).

Wuchsleistung

Berücksichtigt an die bei HAMM (1896) aufgestellten Regeln zur Niederwaldwirtschaft ist in den ersten 4 bis 12 Jahren der Zuwachs in Niederwäldern deutlich höher als in kernwüchsigen Wäldern (HAMM 1896, 56, SPURCK 1991; DEFORCE und HANECA 2008, 96). Die Überlieferungen von den Haubergen des Siegerlandes lassen vermuten, dass die grundlegenden Methoden für einen wuchsstarken Niederwaldbetrieb bereits im Mittelalter bekannt waren. Bei Weiden und Pappeln gibt HAMM (1896) ein Zuwachs von über 15 fm pro Jahr und Hektar an, Erlen liefern etwa 10 fm, Eiche und Birke etwa 8 fm, Hainbuche und Hasel etwa 6 fm und die Buche etwa 5 fm pro Jahr und Hektar. Einzelne Ruten können pro Jahr eine Länge von 1,5 m bei Pappeln und Weiden erreichen, bei Erlen sind es 1,2 m, bei Eichen und Hainbuchen 0,6 m und bei Buchen 40 cm (HAMM 1896, 55, BURSCHEL und HUSS 1987, 135). Aufgrund der kurzen Umtriebszeiten ist der Vorrat einer Niederwaldfläche recht gering und lässt sich - so lange der Niederwald steht - aufgrund der Vielzahl der gebildeten Ruten nur schwer errechnen. Umso einfacher ist die Bestimmung des Vorrates nach Kahlschlag der Fläche, wenn das gerade gewachsene Stockholz zu Holzstößen einheitlicher Stocklänge aufgeschichtet worden ist und

die Raummeterzahl berechnet werden kann. Der Vorrat liegt bei den meisten Niederwäldern zum Erntezeitpunkt unter 300 fm pro Hektar, oft werden nur knapp 200 fm erreicht. Ist die Umtriebszeit und der durchschnittliche Zuwachs eines Niederwaldes bekannt, lässt sich auch durch Multiplikation der beiden Faktoren der Vorrat des Niederwaldes ermitteln. Ein Hektar Hainbuchen-Niederwald bildet (nach HAMM 1896) im Durchschnitt 6 fm Holz im Jahr, also beträgt der Holzvorrat nach 20 Jahren Umtriebszeit 120 fm. Soll ein ganzer Hauberg mit mehreren Schlaggenerationen berechnet werden, muss das durchschnittliche Niederwaldalter mit dem durchschnittlichen Zuwachs multipliziert werden. Die Wuchsleistungen von in unregelmäßiger Nutzung stehenden, niederwaldartigen Gehölzfluren kann aufgrund der vielfältigen Beeinflussungen nicht berechnet werden, sie sind jedoch deutlich niedriger anzusetzen.

3.3.2 Hochwald

Erscheinung

Der Hochwald ist nicht nur in Schleswig-Holstein die heute dominierende Waldwirtschaftsform. Langschäftige, bevorzugt gerade gewachsene Stämme dominieren den Bestand. Im 19. und frühen 20. Jahrhundert wurden viele Niederwälder in Hochwald überführt, indem bei geeigneten Wurzelstöcken nur eine nachwachsende Rute stehen gelassen wurde, die sich zum Stamm ausbilden konnte (HAMM 1896, 255). Die Bäume im Hochwald stehen aus forstwirtschaftlichen Gründen meist eng beieinander, so dass ein geschlossener Kronenstand erreicht wird und jüngere Bäume aufgrund der Lichtkonkurrenz schnell den Kronenschluss erreichen. Die Stämme der Bäume sind dadurch im Idealfall lang, walzenförmig gerade und nicht als Zwiesel oder astreich gewachsen, die Kronen sind länglich und schmal. Die Baumartenzusammensetzung eines Hochwaldes kann je nach Boden, Klima oder forstwirtschaftlicher Intention sehr unterschiedlich sein. In Schleswig-Holstein dominiert auf mittleren bis trockenen Böden heute der Buchenhochwald, zum Teil gemischt mit Eichen und Hainbuchen, wohingegen in feuchten Senken und Flusstälern Erlen, Weiden und Pappeln bestandsbildend werden können. In sauren und lichten Bereichen dominieren auch Birken den Bestand, zum Teil gepaart mit Eichen und Hainbuchen. In vielen buchenreichen Hochwäldern sind neben Eichen und Hainbuchen, bisweilen auch Erlen, Ahorn und Eschen, seltener Linden und Ulmen eingesprengt. Auf den saureren Böden der Geest kann die Eiche im Mittel eine höhere Dominanz aufweisen als im Östlichen Hügelland, bestandsbildend ist die Eiche heute jedoch nur selten, zum Beispiel im Reher Kratt bei Kellinghusen (Kreis Rendsburg-Eckernförde). Nadelhölzer kommen in Schleswig-Holstein in natürlichen Beständen nicht vor, eine seltene Ausnahme kann auf außergewöhnlich trockenen Sandböden oder sauer vermoorten Böden die Kiefer sein, jedoch ist sie auf den genannten Flächen nicht bestandsbildend, sondern nur in Einzelexemplaren vorhanden.

Geschichte der Hochwaldbewirtschaftung

Über das Ideal der Bewirtschaftung von Hochwäldern ist seit dem Mittelalter vieles aufgrund der häufig verfassten Waldweistümer und Forstordnungen bekannt (MANTEL 1980). Die Forstordnungen nehmen vorrangig Einfluss auf das nicht direkt unter landwirtschaftlicher Nutzung stehende Gebiet. Während die Waldgebiete in der Nähe von menschlichen Ansiedlungen oft als Niederwald oder Hudewald (vergl. 3.1.4) genutzt wurden, wurden die außerhalb klarer Eigentumsverhältnisse liegenden Wälder schon ab dem 7. Jahrhundert von den merowingischen und fränkischen Königen zu Forsten erklärt, in denen diese das alleinige Nutzungsrecht für Holz, Bodenschätze, Fischerei und Jagd innehatten oder die Rechte als Lehen vergeben konnten (VERA 2002, 104). Der Grundsatz der Forstwirtschaft kann - damals wie heute - mit den einfachen Worten: „*Wald muss Wald bleiben*“ (RADKAU und SCHÄFER 1987, 59) umrissen werden. In den Forsten konnte sich dadurch eher als in den dauerhaft beweideten oder anderweitig genutzten Gebieten ein hoch gewachsener und geschlossener Waldbestand erhalten oder sogar entwickeln. Die Forstordnungen beinhalten ab dem 16. Jahrhundert nicht nur eine Beschränkung oder ein Verbot der Nebennutzungen, sondern auch Anweisungen zur Neupflanzung von Bäumen, auch wenn die natürliche Verjüngung durch Fruchtbäume das wesentliche Moment der Jungwuchserzeugung lieferte (RADKAU und SCHÄFER 1987, 17-18). Hieraus resultiert außerdem der schon früh erwähnte Schutz des Jungwuchses gegen Vieh- und Wildverbiss. Bis in das 18. Jahrhundert hinein wurden die Forstungen ausgedehnt und der Wald durch strengere Gesetzgebungen der landwirtschaftlichen Nutzung entzogen.

Auch in Schleswig-Holstein wurden im Zuge der Forstausweitung in vielen Bereichen die althergebrachten Waldnutzungsrechte in Siedlungsnähe mit der Begründung des Waldschutzes beschnitten. Begründet wurde dieser Schritt in den Präambeln der Forstordnungen durch die weite Verbreitung der als Waldverwüstung gewerteten landwirtschaftlichen Waldnutzung mit Waldweide und Niederwaldbetrieb (MAGER 1930, 155-156). Die drastische Darstellung zur Legitimation der Gesetzgebung schien im 17. und 18. Jahrhundert notwendig zu sein (RADKAU und SCHÄFER 1987, 64-65).

In Schleswig-Holstein traten Gesetze zum Schutze der Forstungen erst relativ spät in Kraft, auch wenn schon vor der Verfassung der Forstordnungen eingeforstete Bereiche existiert haben. Erste Anweisungen zum Schutz des Hochwaldes beginnen in Schleswig-Holstein im 16. Jahrhundert. Um 1550 wird der Export von Bauholz (HASE 1953, 65; AVERDIEK 1957, 103), um 1584 das Einfrieden und Einzäunen mit geschlagenem Jungwuchs verboten (CLAUSEN 1974, 17).

Ab 1580 ist unter Herzog Johann dem Älteren von Gottorf ein Holzvogt oder Waldaufseher ernannt worden, der unerlaubter Waldverwüstung Einhalt gebieten sollte. Ab 1623 regelt die Stapelholmer Konstitution den Holzeinschlag in den Regionen um Süderstapel und Friedrichsstadt (Kreise Nordfriesland und Schleswig-Flensburg) (MAGER 1930, 246, HEERING

1906, 120; HASE 1953, 33). Für den königlichen Anteil Schleswig-Holsteins tritt 1681 eine Holzordnung in Kraft, für den Gottorfer Anteil erst 1695. Für das Herzogtum Lauenburg ist die erste Holzordnung bereits 1656 belegbar (HASE 1997, 51-52; HÄRDTLE 1995, 35).

Auch wenn in den Forstordnungen oft vom Schutz des Waldes oder vom schädlichen Nutzen durch Viehwirtschaft, Niederwaldwirtschaft, Waldfrevel und Holzdiebstahl gesprochen wird, begründet sich die Formulierung der Forstordnungen nicht etwa aus reiner Naturliebe, sondern aus eindeutig wirtschaftlichen Interessen. Die Einführung und der Schutz des Hochwaldes führten zu geraden, vollholzigen Stämmen, zu hohen Holzvorräten pro Flächeneinheit und zu einem übersichtlichen Jagdgrund. War neben der Jagd zu Repräsentationszwecken zuerst der Holzvorrat eine entscheidende Wertanlage, um Bodenschätze abzubauen und eine Brennstoffversorgung früher Industriebetriebe sicherzustellen, wurde ab dem Spätmittelalter mit zunehmendem Holzbedarf und schwindender Waldfläche auch der Bauholzhandel sogar über größere Entfernungen immer einträglicher.

Problematik der Forstordnungen

Das größte Problem der Hochwaldwirtschaft war politischer Natur, denn durch die Einführung der Forstordnungen wurde der Konflikt um die Ressource Wald zwischen Landesherrschaft und Bauern immer weiter verschärft.

Die Forstordnungen bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts beschränken sich auf die Ausweisung von Forsten und die Definition der Nutzungsrechte. Im Allgemeinen sind Rindviehhaltung und Holzschlag von Nutzholz ohne Genehmigung oder Ausweisung verboten, jedoch das Sammeln toten Holzes und der Abtransport von Windbruch sowie die Schweinehude gegen Masttaxe erlaubt. Durch das zunehmende Einforsten und die Beschränkung der Waldnutzungsrechte wurden die Bauern zur Illegalität gezwungen, um ihren Holzbedarf zu decken. Der erste Schritt war der (mutwillige?) Zerhau bislang uneingeforsteter Waldflächen, um sie für eine Einforstung unbrauchbar zu machen, sie quasi durch eine landwirtschaftliche Nutzung zu prägen, um den Bedarf an Waldnutzungsrechten zu belegen (RADKAU und SCHÄFER 1987, 61), sowie der Holzdiebstahl in bereits eingeforsteten Flächen. Da der Diebstahl noch lebender Bäume unter Strafe stand, begannen die Bauern die Bäume durch Brennen, Anpflügen der Wurzeln oder Rindenschälen zu schädigen, um sie später als Totholz straffrei bergen zu können. Die Konsequenz der Gesetzgebung ab dem späten 16. Jahrhundert ist das strikte Verbot, Bäume zu schädigen und sie zum Absterben zu bringen; diese Verbotsklauseln sind in den älteren Forstordnungen nicht zu finden. Außerdem ist zunehmend der Terminus der „Holz- und Forstordnung“ zu finden, ein Indiz dafür, dass der Geltungsrahmen der Regularien auch auf die nicht eingeforsteten Gebiete übertragen wurde. Zur Durchsetzung der Forstordnungen wurden so genannte Hegereiter eingesetzt, die jeglichen Waldfrevel zu unterbinden hatten. Auch wenn die Formulierungen der Forstordnungen schon im Spätmittelalter auf ein Bewusstsein bezüglich des nachhaltigen Umgangs mit der Ressource Wald schließen lassen, stellen die Forstordnungen auf keinen Fall einen allgemeingültigen Ist-Zustand der mittelalterlichen Waldwirtschaft dar.

RADKAU und SCHÄFER (1987, 16) bringen diese Problematik auf den Punkt: „Zwar gibt es eine Fülle an forstgeschichtlichen Untersuchungen; aber diese stützen sich für die ältere Zeit vor allem auf die Masse der Forstordnungen. Was im Wald tatsächlich vor sich ging, ist damit noch nicht gesagt.“

Ob es vor dem 19. Jahrhundert je gelungen ist, die Forstordnungen in der überlieferten Form durchzusetzen, steht zu bezweifeln (RADKAU und SCHÄFER 1987, 103).

Auffällig ist, dass nicht nur die Ausdifferenzierung des Waldfrevels immer detaillierter ausgeführt wurde, sondern dass auch weitaus härtere Strafen für gleich bleibende Verbrechen angeordnet wurden. Dieses ist nur so zu interpretieren, dass die bestehenden Strafen nicht den erwünschten abschreckenden Charakter hatten und dass nur eine geringe Gefahr bestand, für das Vergehen haftbar gemacht zu werden. Auch zeigt das Brücheregister der Hüttener Harde (Kreis Rendsburg-Eckernförde) von 1698, dass der Holzdiebstahl eine gängige Vorgehensweise gewesen zu sein scheint, was aus der gestohlenen Holzmenge und den als straffällig ermittelten Personen hervor geht (siehe Tabelle2).

Tab. 2: Auszug des Brücheregisters der Hüttener Harde von 1698 (nach MAGER 1930, 225)

Haby:	64 Fuder
Groß und Klein Wittensee:	233 Fuder
Bistensee:	53 Fuder
Holzbunge:	39 Fuder
Bünsdorf:	45 Fuder
Der Pastor daselbst:	18 Fuder

Aus der seit dem Spätmittelalter immer wieder genannten Holznot, auch wenn sie in vielen Gebieten nur regionaler Natur war, entwickelte sich im ausgehenden 18. und beginnenden 19. Jahrhundert die moderne Forstwirtschaft, die bis heute bestrebt ist, nicht nur die Zuwächse zu vergrößern, sondern auch die Holzvorräte und die Holzdimensionen auf den Waldflächen zu erhöhen. Das Grundprinzip der modernen Forstwirtschaft ist die nachhaltige und langfristige Produktion von Holz zu verschiedensten Zwecken (vergl. CARLOWITZ 1713). Dieses beinhaltete neben der ausdrücklichen Förderung des Hochwaldes als Bauholzproduzent und Holzvorrat auch die Einführung schnell wachsender ausländischer Holzarten, vorrangig Nadelhölzer (ANONYMUS 1797) und Robinie (*Robinia pseudoacacia*; GÜNTHER 1798). Besonders für Schleswig-Holstein spielt hier August Niemann (1761-1832) eine bedeutende Rolle, da er 1785 eine Forstlehranstalt in Kiel gründete, die nach seinem Tode nach Kopenhagen verlegt wurde. Bis heute sind am Westufer der Kieler Förde die Versuchsflächen der Niemannschen Forstlehranstalt zu finden, in denen viele einheimische und ausländische Bäume zu Lehr- und Versuchszwecken angepflanzt wurden (NEUSCHÄFFER 1986, 17-18).

Bewirtschaftung

Vorrangiges Ziel der Hochwaldbewirtschaftung ist die Zucht von möglichst geraden und astfreien Hölzern. Frei stehende oder nur wenig beschattete Bäume wachsen astreich und nur mit einem kurzen Stamm, dafür mit einer ausgeprägten Krone (VERA 2002, 176). Dieses Holz ist für viele Bauzwecke sowie als Brennholz kaum geeignet; der astreiche Wuchs verhindert fast jede Bearbeitungsmöglichkeit mit Axt und Säge.

Im Hochwald wird durch einen engen Bestand an Nutzhölzern der lange, aufrechte und astarme Wuchs der Nutzhölzer gefördert. Krumme oder als Zwiesel gewachsene Stämme werden dem Bestand frühzeitig entnommen, so dass gut bearbeitbares Nutzholz Hauptprodukt dieser Waldform ist (HAMM 1896, 48).

Kernwüchse der meist genutzten Eichen und Buchenarten erreichen ihren maximalen Zuwachs mit 20-40 Jahren (HAMM 1896, 55). Um jedoch einen Hochwald wirtschaftlich zu betreiben, muss die Schlagreife eines Baumes beziehungsweise eines gleichaltrigen Bestandes ermittelt werden. Grundsätzlich gehen die jährlichen Zuwächse mit zunehmendem Baumalter zurück, in den Jahren der maximalen Wuchsleistungen sind jedoch der Holzvorrat und die erzielten Dimensionen für eine Nutzholzgewinnung meist zu gering. Es geht also darum, zwischen dem jährlichen Holzzuwachs, den erreichten Holzdimensionen und der maximalen Vorratsleistung den idealen Schlagzeitpunkt zu ermitteln. Als Maß hierfür gilt der durchschnittliche Gesamtzuwachs, der Quotient aus gesamter im Wachstum erbrachter Volumenleistung und Alter. Die Schlagreife ist in der Regel erreicht, wenn der laufende Zuwachs mit dem durchschnittlichen Gesamtzuwachs kulminiert. Sie liegt bei Buchen bei etwa 160 Jahren, bei Eichen bereits bei 125 Jahren. Gerade bei Eichen ist zu diesem Zeitpunkt der gewünschte Durchmesser meist noch nicht erreicht, weshalb zur gewinnbringenden Nutzholzerzielung der Bestand bewusst mit geringeren Zuwächsen erhalten wird (KRAMER 1988, 48-49 und 93). Werden einzelne Bäume aller Altersklassen entnommen, so dass sich jedes Bestandsalter kontinuierlich aus der jeweils jüngeren Altersklassen regeneriert, spricht man vom Plenterwald. Die Besonderheit des Plenterwaldes ist, dass er verschiedenste Nutzholzsortimente zu liefern vermag und somit gerade für kleinere Forstbetriebe wirtschaftlich interessant ist.

Der bis heute gültige Vorzug der Baumarten Eiche und Buche war zum einen durch die Mastnutzung für Schweine begründet, welche die Buheckern und Eicheln fraßen. Durch die weniger schädliche Wirkung welche eine maßvolle Schweinehude im Wald hatte, war in vielen Forsten eine Schweineweide durchaus erlaubt (vergl. Kapitel 3.3.2 und 3.3.4), sie bildete sogar in vielen Bereichen die Hauptnutzung der Forstungen. Der andere Hauptnutzen lag im Holz der Bäume. Buchenholz ist trotz seiner hohen Dichte und Stabilität nicht fäulnisbeständig, weshalb es für Bauzwecke wenig geeignet ist, es lieferte jedoch einen begehrten Rohstoff zur Holzkohle-, Brennholz- und Ascheherstellung. Zur Gewinnung von Bauholz für Schiffe und Häuser wurde vorrangig das für Fäulnis unanfällige Eichenholz verwendet. Weitere wichtige, in weit geringeren Mengen benötigte Nutzholzsortimente, lieferten Hainbuchen für

Maschinen, Kammräder in Mühlen, Pressen und Schrauben, Rollen, Axtstiele, Dreschflegel, Wagnerarbeiten und Möbel (ANONYMUS 1820, 136-166), Eschen und Hasel für Werkzeugstiele und Ahorn für gedrechselte Gefäße (SEYMOUR 1984, 96). Da man gerade für den Schiffbau besonders große und in ihrer Form krumm gewachsene Stämme benötigte, wurden entsprechende Bäume schon früh unter besonderen Schutz gestellt.

Wuchsleistung

Die Wuchsleistung von Hochwäldern kann nicht pauschal angegeben werden, sie ist abhängig von Holzartenzusammensetzungen, Wasser-, Licht- und Nährstoffangebot sowie von anderen Einflüssen wie Wildverbiss oder baumschädigenden Insektenlarven. Erschwerend kommt hinzu, dass - anders als bei der Niederwaldwirtschaft - der Zuwachs sich durch die hohen Umtriebszeiten, die mehrere Menschenalter betragen können, nicht mehr für jede Altersphase bestimmen lässt. Erst durch langfristig angelegte Versuche ist es in der modernen Forstwirtschaft gelungen, für die wirtschaftlich interessanten Baumarten Waldwachstumstabellen zu erstellen, mit denen sich abhängig von der Bodengüte Wachstums- oder Vorratsprognosen für artreine Bestände treffen lassen (SCHÖBER 1987). Für Wälder mit gemischter Artenzusammensetzung sind die Wachstumstabellen weniger geeignet, da die verschiedenen Baumarten andere Ansprüche an ihren Standort stellen und somit nicht allgemein „gute“ von „schlechten“ Standorten unterschieden werden können. HÄRDTLE (1995, 93 und 270) gibt für Buchen-Eichen-Mischwälder auf für sie besonders geeigneten Standorten je nach Bestandsalter jährliche Zuwächse von bis zu 8,1 fm/ha, bei Nadel- und Weichhölzern zum Teil Zuwächse über 12 fm/ha an. Die Wuchsleistungen heutiger schleswig-holsteinischer Laubwälder variieren je nach Standort zwischen knapp 3 fm auf ausgesprochenen Sandböden (TRENDELENBURG und MAYER-WEGELIN 1955) und 5 fm auf der Geest (mündl. Mitteilung v. Wenczowski †, Förster des Reviere Mörel) und 8 fm im Östlichen Hügelland pro Jahr und Hektar (mündl. Mitteilung von L. Fähser, Förster des Stadtwaldes Lübeck). Diese Zuwächse gelten für moderne, auf maximalen Stammholzertrag angelegte Wälder mit einheitlicher Altersstruktur und meist vergleichsweise geringen Vieh- und Wildverbiss. In historischen Zeiten, wo weder ein optimaler Bestandsschluss noch eine planvolle Struktur des Bestandes vorauszusetzen ist, dürften die Zuwachsleistungen deutlich geringer ausgefallen sein, zumal die heutigen Stickstoffimmisionen durch Industrie und Landwirtschaft noch nicht den Waldboden düngten. MITSCHERLICH (1963, 7) nimmt für prähistorische Zeiten einen durchschnittlichen Holzzuwachs von 4,5 fm pro Jahr und Hektar in den unberührten Waldflächen an.

Ebenso uneinheitlich wie die Bestimmung der durchschnittlichen Wuchsleistung gestaltet sich die Ermittlung des Holzvorrates auf gegebener Waldfläche. Zwar ist es möglich, die Holzmenge eines gefällten Baumes zu messen oder zu errechnen, jedoch gestaltet sich ein Baum als geometrisches Objekt so schwierig in der detaillierten Berechnung, dass allgemeingültige Formeln nur als Näherungswert verstanden werden können (vergl. DUHAMEL DU MONCEAU 1766, 311; RUBNER 1955, 209-212, PRETZSCH 2002). Oft werden zur Vorratsberechnung die

einzelnen Stämme in Brusthöhe vermessen und die Höhe mit trigonometrischen Hilfsmitteln ermittelt. Mit bekannter Höhe und Stammgrundfläche lässt sich ein walzenförmiger Stamm recht gut mit der Formel $V = g \cdot h \cdot (1/r + 1)$ berechnen (Holzvolumen = Grundfläche x Stammhöhe x (1 / Stammradius + 1)). Diese Formel verliert an Genauigkeit, wenn die Krone sich als zu astreich gestaltet, jedoch ist in der Regel auch bei astreichen Bäumen der ermittelte Wert als Richtgröße verwendbar. Andere Formeln, wie die Huber'sche Formel ($V = \gamma \cdot h$, mittlere Querschnittsfläche multipliziert mit der Stammhöhe) oder die Smalian'sche Formel, die die mittlere Querschnittsfläche aus dem dünnsten und dem stärksten Durchmesser ermittelt, sind für stehendes Holz ungeeignet (RUBNER 1955, 209-212).

Der Vorrat einer gegebenen Waldfläche errechnet sich aus der Summe des Holzvolumens der Einzelstämme. In den Ertragstabellen (SCHÖBER 1987) sind Vorratsleistungen von bis zu 499 fm/ha für einen 200-jährigen, nur mäßig durchforsteten Eichenbestand angegeben, in Fichtenbeständen können bis zu 767 fm/ha erreicht werden, mit den aus Amerika eingeführten Douglasien sind bei einem 100-jährigen Bestand Vorräte über 900 fm/ha zu erreichen. Auch diese Angaben beziehen sich wie die Angaben der Zuwachsleistung auf moderne Nutzwälder mit engem Baumbestand, nicht jedoch auf historische Wälder mit lockerem Schluss und uneinheitlicher Altersstruktur.

Auf einer heutigen schleswig-holsteinischen Hochwaldfläche von einem Hektar stehen je nach Bestandsdichte und Baumalter 200 bis 400 Festmeter Derbholz, ein Vorrat von mindestens 400 fm gilt nach den Richtlinien des Stadtwaldes Lübeck als anstrebenswert. Hierbei wird die Altersstruktur des Bestandes möglichst vielseitig belassen und nur gering in den Bestand eingriffen, so dass der Waldbestand als naturnah bezeichnet werden kann. (mündl. Mitteilung von L. Fähser; Forstamt des Stadtwaldes Lübeck 2004). Grundsätzlich gilt, dass mit zunehmendem Bestandsalter die Menge des Vorrates steigt, wobei die einzelnen überalterten Baumindividuen einen Großteil des Gesamtvorrates speichern. In Urwäldern können durchaus Vorratsleistungen von 700-1000 fm pro ha erreicht werden (LEIBUNDGUT 1982; THOMMES 1997, 16). Bei einem stark überalterten Baumbestand, wie er zum Beispiel in den Hudewaldrelikten bei Ivenack zu finden ist (vergl. Kapitel 3.3.4), kann ein Vorrat von 1000 Festmetern bereits aus wenigen Baumindividuen gebildet werden.

3.3.3 Mittelwald

Erscheinung

Der Mittelwald verbindet die Brennholz- und Stangennutzungen des Niederwaldes mit denen der Bauholzproduktion des Hochwaldes. Über einem Unterstand aus Stockausschlägen wird beim Mittelwald ein Überstand aus stärkeren, meist kernwüchsigen Nutzhölzern gehalten. Oft ist der Bestand an Überhältern plenterartig zusammengesetzt (HAMM 1896, 211-212). Die Übergänge zwischen Niederwäldern mit Überhältern und Mittelwäldern sind fließend,

außerdem können auch Hudewälder mit einem dichten Fruchtbaumbestand und dichterem Unterholzanteil durchaus Mittelwaldcharakter haben. Der Oberholzbestand wird meist von bauholztauglichen Arten gebildet; es dominieren Eichen, im Mittelgebirge auch Nadelbäume. Übergehaltene Buchen können aufgrund der großen Schattenwirkung nur im lockeren Bestand gehalten werden und dienen auch im Mittelwald vorrangig zur Mast- und Saaterzeugung. In Bruchgebieten ist auch der Erlenmittelwald mit 45- bis 60-jährigen Überhältern anzutreffen. Andere, zu Oberholz taugliche, einheimische Arten sind Esche, Ulme, Pappel, Ahorn, Birke und Weide; Hainbuchen eignen sich wenig als Oberholzbestand. Als Unterholz eignen sich besonders schattentolerante und ausschlagfähige Arten, vorrangig die Hainbuche, bei lichtem Oberholzbestand auch Erle, Ulme, die Ahornarten, Linde, Esche, Eiche, Buche, Weide sowie *Sorbus*-, *Prunus*- und *Pirus*arten. Die Oberholzarten können im Wesentlichen aus den im Unterholz vorkommenden Arten aufgezogen werden (HAMM 1896, 215-216). Das Oberholz schützt die das im Umtrieb bewirtschaftete Unterholz vor Wind, Hagelschlag und zu kräftiger Sonneneinstrahlung. somit ist es möglich Mittelwälder auch auf größeren Flächen anzulegen als dieses beim reinen Niederwald der Fall ist (HAMM 1896, 221).

Geschichte der Mittelwaldbewirtschaftung

Die ersten historischen Hinweise auf eine Mittelwaldwirtschaft stammen aus dem 16. Jahrhundert. In der Eichstätt'schen Verordnung von 1592 befinden sich detaillierte Anweisungen zur Anzucht und Pflege von Überhältern, jedoch scheinen die Prinzipien der Mittelwaldwirtschaft damals schon hinlänglich bekannt zu sein, so dass der Anfang der Mittelwaldwirtschaft sicherlich in einem früheren Zeitrahmen anzusetzen ist (HAMM 1896, 211-212). Auch auf einer Karte des Hunsrück von 1591 (Reprint bei RADKAU und SCHÄFER 1987, 62, Original im Landeshauptarchiv Koblenz) lässt sich ein in Ober- und Unterholz geteilter Waldbestand erkennen.

Aufgrund seiner vielseitigen Nutzungsmöglichkeiten scheint der Mittelwald eine im Mittelalter bevorzugte Waldform gewesen zu sein.

Bewirtschaftung

Die Aufgabe des Mittelwaldes besteht vorrangig darin, „*aufgegebener Fläche in kürzester Zeit nachhaltig das meiste und wertvollste Holz zu erziehen*“ (Ulrichs, zitiert in HAMM 1896, 221). Die gewinnbringende Bewirtschaftung eines Mittelwaldes gestaltet sich nach modernen forstlichen Gesichtspunkten als schwierig, da sich die lichtbedürftige Niederwaldnutzung und die Schatten spendende Hochwaldvegetation gegenseitig behindern. Ein weiteres Problem besteht in der Vorausplanung der Schlagführung, damit immer eine ausreichende Anzahl an Überhältern vom Unterholzumtrieb verschont wird. Die Ähnlichkeiten zur reinen Niederwaldwirtschaft sind besonders augenfällig, jedoch werden die Überhälter in der Mittelwaldwirtschaft länger als eine Umtriebsperiode geschont, bis die geforderten Nutzholzdimensionen erreicht sind (HAMM 1896, 211).

Besonderen Nutzen bringt der Mittelwald in Verbindung mit der selbstverwalteten bäuerlichen Holznutzung. Zwar ist nur ein nebensächlicher Erlös aus den im Vergleich zum Hochwald geringen Nutzholzmengen zu erzielen, jedoch hält ein gut geführter Mittelwald sämtliche Nutz- und Brennholzsortimente zu jeder Zeit bereit. Besonders vorteilhaft gestaltet sich die Mittelwaldwirtschaft für die Anzucht von Eichenstammholz, die für den Haus- und Schiffbau benötigten Dimensionen und Wuchsformen erwachsen im ungleichaltrigen geplenterten Überhalt weitaus schneller als im geschlossenen gleichaltrigen Hochwald (HAMM 1896, 215-216). Weitere Vorteile der Bewirtschaftung sind die bodenpflegliche Betriebsart und das hohe Potenzial der natürlichen Verjüngung. Durch die vielseitige Altersstruktur und die breite Palette der verfügbaren Holzarten ist nahezu jede Holz- und Nebennutzung in begrenztem Umfang aus derselben Waldfläche zu erzielen; des Weiteren ist der Mittelwald unanfällig gegen Windwurf, Frost, Hitze, Erosion und Insektenfraß (HAMM 1896, 228-229).

Die Nachteile der Mittelwaldwirtschaft (HAMM 1896, 229-232) bestehen darin, dass die Überhälter durch ihren relativen Freistand mehr Ast- und Reisigholz produzieren als im geschlossenen Hochwald, und dass das dadurch weiter ausladende Oberholz die Stockausschläge zum Teil zu stark ausschattet. Auch sind die zu erzielenden Vorräte geringer als auf vergleichbaren Hochwaldflächen. Die Bewirtschaftung eines Mittelwaldes kann so, je nachdem ob dem Ober- oder dem Unterholz der Vorzug gegeben wird, eher einer Hochwaldwirtschaft oder einer Niederwaldwirtschaft ähneln.

Wuchsleistung

Die Wuchsleistungen eines Mittelwaldes richten sich stark nach der Bestands- und Artenzusammensetzung. In einem unterholzdominierten Mittelwald liegen die Vorrats- und Zuwachswerte eher im Bereich des Niederwaldbetriebes, im oberholzdominierten Mittelwald, in dem ein fast geschlossener Oberholzbestand erreicht wird, sind die Zuwachswerte ähnlich denen eines Hochwaldes.

3.3.4 Hudewald

Erscheinung

Der Hudewald ist eine durch übermäßigen Verbiss von Weidetieren entstandene Kulturwaldform, die vor der Verkoppelung weite Bereiche der Waldgebiete Schleswig-Holsteins dominierte (MAGER 1930, 173). Durch die so genannte Waldhude, in welcher der Wald als Weidefläche genutzt wird und die Tiere vorrangig die jungen Triebe, Samen und Wurzeln fressen, werden die Bäume in ihrer Wuchsform verändert und der Aufwuchs negativ beeinflusst. Da der Verbiss nur in Reichweite der Tiere stattfindet, wird durch die Waldweide hauptsächlich der Jungwuchs in Mitleidenschaft gezogen, der Wald neigt durch die verminderte natürliche Verjüngung zum Überaltern. Im Gegensatz zu den anderen beschriebenen Waldformen ist der

Bestand an Bäumen deutlich lichter; die dem Verbiss weniger ausgesetzten Dornengewächse bilden einen Großteil des Unterholzes, in dessen Schutz einzelne junge Bäume aufwachsen können (POTT und HÜPPE 1991, 29). Die Übergänge vom Wald zur offenen Parklandschaft sind oft fließend. Viele Hudewälder wurden zusätzlich zum Verbiss geschneitelt, das heißt, laubtragende Äste wurden bis weit in die Krone hinein abgeschnitten, um das Laub als Winterfutter zu verwenden. Durch diese Behandlung weisen die Bäume nicht nur einen äußerst geringen Holznachwuchs auf, sie sind außerdem reich an abgestorbenen Seitenästen, Aststümpfen und sekundär mit Rinde überwachsenen Anwuchsstellen, viele Bäume sind hohl, drehwüchsig oder gespalten (POTT und HÜPPE 1991, 88-91). Somit ist das Holz als Nutzholz weitestgehend unbrauchbar, als Brennholz äußerst unangenehm zu zerteilen. Besonders beliebte Hudewaldbäume, denen auch in der Vergangenheit (vergl. MANTEL 1980, 91) eine gewisse Schonung widerfuhr, sind Eiche und Buche sowie andere Wildobstbäume, weil ihre Früchte sich hervorragend für die Schweinemast eignen. Im Zusammenhang mit der Schneitelung ist in einigen Gebieten Westniedersachsens ein Hudewald mit einem Buchen- und Eichenüberstand und einem kopfgeschneitelten Unterholz aus Hainbuchen zu rekonstruieren (POTT und HÜPPE 1991, 71, 59). Durch Pollendiagramme aus dem Lengener Moor (Kreis Ostfriesland) sind auch Ulme, Linde und Esche in deutlichen Anteilen nachzuweisen (POTT und HÜPPE 1991, 82), alle drei Arten wurden aufgrund ihres guten Futterlaubes geschätzt (HAMM 1896, 64-77). Gerade in intensiver beweideten Waldgebieten bilden die dornenbewehrten und stacheligen Pflanzen einen signifikanten Teil des Waldbestandes. Ist noch ein ausreichender Überstand vorhanden, kann sich in den frostärmeren, atlantisch geprägten Arealen die mit Dornenblättern bewehrte Hülse (*Ilex aquifolium*) ausbreiten, bei fehlendem Schutz durch Überhälter dominieren auf nährstoffreicheren Böden Schlehdorn (*Prunus spinosa*) und Weißdorn (*Crataegus spec.*), auf nährstoffarmen Sandböden Wacholder (*Juniperus communis*) und Ginster (*Genista spec.*) (POTT und HÜPPE 1991, 23-27)

Bewirtschaftung

Eine ausgeprägte Wirtschaftsorganisation im Sinne einer auf die Viehweide optimierten Waldumformung und -gestaltung ist aus den Schriftquellen für die Nutzung von Hudewäldern nicht zu erkennen. Vielmehr war die Weide die einfachste und gewinnbringendste Möglichkeit, die Waldflächen zu nutzen. In Schleswig-Holstein hatte besonders die Schweinemast eine große Bedeutung (MAGER 1930, 172-183); in vielen Regionen war sie der Hauptertrag der Waldflächen. Für Rinder, Schafe und Ziegen ist die Waldweide ebenfalls geeignet, jedoch muss der Viehbestand sehr gering sein, soll der Wald nicht durch übermäßigen Verbiss Schaden nehmen. Schon in der schleswiger „Allgemeinen Forst und Jagdverordnung“ vom 2. Juli 1784 ist die Schädlichkeit der Waldweide erkannt und verurteilt worden. In der Hoffnung, die verbissenen und heruntergekommenen Waldungen aufzuwerten, wird in weiten Gebieten Waldweide verboten, die Bauern sollen für den geschehenen Verlust entschädigt oder abgefunden werden, die hudefreien Wälder sollen geschlossen werden, in sämtlichen

Gehegen und herrschaftlichen Wäldern ist die Waldweide nicht länger geduldet und sämtliche Eicheln und Bucheckern sollen zur Aufzucht neuer Bäume dienen. Im Amt Appenrade, im 17. Jahrhundert ebenfalls zu Schleswig gehörig, wurde bereits zwischen 1660 und 1670 die Ziegenweide verboten, weil die Ziegen *ganz besonders großen Schaden an Rinde und Laub taten*. Das Verbot wurde jedoch nicht befolgt, worüber sich der Amtmann beim Herzog von Gottorf beschwerte (MAGER 1930, 173-174).

Eine maßvolle Beschränkung der Weide scheint es, nach den Schriftquellen zu urteilen, nicht gegeben zu haben. A. WAGNER (1875, 229-230) beschreibt, „*daß die sämtlichen Holzungen den größten Theil des Jahres über mit Viehweiden besetzt waren, daß eine Schonung selten erfolgte, daß die jungen Ausschläge vom Vieh vielmehr zertreten und verbissen waren*“, obwohl das Problem des verbissenen Jungwuchses und der damit verbundenen zunehmenden Überalterung des Baumbestandes auch schon im 18. Jahrhundert bekannt war (MAGER 1930, 174).

Langfristig stellt sich bei stetiger Waldbeweidung ein immer wiederkehrender Regenerationszyklus ein: durch die Beweidung öffnet sich der Wald immer weiter, Jungwüchse kommen immer weniger nach, bis der Wald zu einer offenen Parklandschaft mit einzelnen älteren Bäumen geworden ist. Das Nahrungsangebot für das Vieh verringert sich keineswegs, denn durch das hohe Lichtangebot kommen Gräser und junge Bäume gut nach, jedoch werden letztere durch das Vieh am Aufwachsen gehindert. Allein giftige und mit Dornen oder harten Blättern bewehrte Arten werden vom Verbiss geschont und verbreiten sich überdurchschnittlich häufig, so dass sich auf den lichten Bereichen eines Hudewaldes Ginster- und Schlehengebüsche, in schattigeren Bereichen auch Hülsensträucher ausbreiten. Im Schutze dieser Gebüsch, die als Regenerationskomplexe des Waldes fungieren, können junge Bäume aufkommen, die nach mehreren Jahren die Sträucher so weit überschatten, dass die Gebüsch verdrängt werden. Durch das Absterben älterer Baumindividuen werden neue Lichtungen geschaffen, an denen sich wieder Dornengebüsch ausbreiten können, so dass der Kreislauf von neuem beginnt. Der Kreislauf selbst hat ein Wiederholungsintervall von bis zu mehreren Jahrhunderten, so dass die ganze Zeit über der Eindruck einer parkartigen Landschaft bestehen bleibt. Bei einer zu intensiven Beweidung kann die Regeneration nicht in dem beschriebenen Maße erfolgen, da hierdurch die Entstehung von Trift- und Heideflächen vermehrt gefördert wird, welche bei weiterhin bestehender dauerhafter Beweidung offen bleiben. Als eindrucksvolles Beispiel können hier die nordniedersächsischen Heideflächen dienen (BUNZEL-DRÜCKE u. a. 2008, 20; POTT und HÜPPE 1991, 25). Der Übergang zu immer parkartigeren Landschaften bis hin zur auch für die Viehwirtschaft weniger geeigneten Heide lässt sich aus den Schriftquellen des 17. und 18. Jahrhunderts in vielerlei Gestalt bestätigen (MAGER 1930, 175- 178; VAUPELL 1863, 18-19).

Im Gegensatz zu Rindern und Ziegen zählten Schweine zu den harmlosen oder sogar nützlichen zur Waldweide getriebenen Tiere, gruben sie doch während der Nahrungssuche den Boden tiefgründig um und bereiteten ein erstklassiges Saatbett für Eichen und Buchen. Nach

VERA (2002, 125) leitet sich die Bezeichnung „Acker“ unter anderem für ein umgegrabenes und zur Saat bereitetes Feld von den nach Eicheln (engl. acorn) wühlenden Schweinen ab (Nach Kluge 1999, 13 ist die Herleitung aus dem indogermanischen *ag* für „sammeln“ allerdings wahrscheinlicher). Über das Jahr wurden die Schweine auf den brachliegenden Feldern gehalten, im Herbst wurden sie zur Mast in die lichten Hudewälder getrieben, in denen Eichen und Buchen besonders üppige Kronen ausbildeten und entsprechend reiche Mast an Eicheln und Bucheckern boten. Eine zusätzliche wichtige Nahrungsquelle für Schweine waren Mäuse, Engerlinge und Insekten, die die Verdauung der gerbsäurereichen Eicheln erst möglich machte. Die Schweinemast im Wald trug so auch zur Verminderung der Baumschädlinge bei (HOBE 1805, 178-182; VERA 2002, 125).

Schwierigkeiten traten erst auf, wenn im Wald zu wenig Mast für die eingetriebenen Schweine vorhanden war oder der Eintrieb zu früh erfolgte. Die Folge war ein Verbiss an Jungwuchs, Wurzeln und Rinde (MAGER 1930, 178-179).

Die Beeinträchtigung des Waldes durch die Schweinehude zeigte sich erst in einer übergreifenden Betrachtung der Wald- und Holzwirtschaft. Dadurch dass Eichen und Buchen im geschlossenen Bestand erst ab einem Alter von 60 Jahren Früchte tragen (PÖHLS 1956, 200), gewannen die ältesten Bäume eine herausragende Bedeutung für die Mast und erfuhren eine entsprechende Schonung, während sich die Holzentnahme für Bau- und Brennholz auf die mittleren und jüngeren Stämme konzentrierte. Als Folge dieses Wirtschaftens überalterte auch der unter Schweineweide stehende Wald und brach letztendlich mit Absterben der alten Mastbäume in sich zusammen. Trotz der wirtschaftlichen Bedeutung, welche die Schweinemast in den Wäldern hatte, wurde spätestens seit dem 17. Jahrhundert die Schweineweide durch Taxation und Verbote eingeschränkt, um einen vermehrten Jungwuchs aufkommen zu lassen, jedoch bezeugen die Brücheregister, dass oft mehr Schweine als erlaubt in die Waldungen getrieben wurden (MAGER 1930, 179-180).

Hieraus lässt sich mit einiger Sicherheit schlussfolgern, dass die Schweineweide auch in den vorherigen Jahrhunderten in einem waldschädigenden Ausmaß betrieben wurde.

Aus dem überlieferten Quellenmaterial lässt sich nur schließen, dass die Hudewälder im Laufe der Zeit immer weiter degradierten, bis der Wert des einstigen Waldes für Hude und Holzentnahme nicht mehr gegeben war. Die Konsequenz war oft das vollständige Roden der letzten Bäume und die Umformung in Kulturland oder Heide. Im Osten Schleswig-Holsteins wurden viele aufgelichtete Hudewälder zur Rodung an Glashütten verkauft (siehe Kapitel 5.3.3).

Wuchsleistung

Im Gegensatz zu ungestört aufwachsenden Wäldern ist der Holzzuwachs in Hudewäldern sehr gering. Neben dem Verbiss, der die natürliche Verjüngung weitestgehend unterbindet, führt auch das Beschneiden der Bäume zur Futterlaubgewinnung zu den geringen Wuchsleistungen der betreffenden Waldgebiete. Im Historisk-Arkæologisk Forsøgscenter in

Lejre (Dänemark) wurden die Auswirkungen der Schneitelwirtschaft auf den Baumzuwachs untersucht. Hierzu wurden mehrere Eschen und Ulmen von 1967 bis 1987 regelmäßig in den Kronen beschnitten. Die Zuwächse der beschnittenen Bäume wurden mit dem Zuwachs von unbeschnittenen Bäumen desselben Standortes anhand der Jahrringbreiten verglichen. Das verminderte Dickenwachstum des Stammes lässt sich eindeutig nachvollziehen, auch wenn die uneindeutige Darstellung der Versuchsergebnisse eine genaue Abnahme der Werte nicht zulässt (CHRISTENSEN und RASMUSSEN 1991). Ähnliche Beobachtungen konnte J. J. PENACK (2003) präsentieren. Er pflanzte 1980 zwei Sprosse von Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), wovon er einen nach acht Jahren das erste Mal beschnitt, den anderen ungehindert wachsen ließ. Durch den regelmäßigen Beschnitt verringerte der entsprechende Spross seinen Zuwachs, so dass nach 22 Jahren der unbeschnittene Baum einen Stammdurchmesser von 22 cm aufwies, der beschnittene Baum allerdings nur 14 cm. Die Stammholzproduktion des beschnittenen Baumes beträgt somit gemessen am Durchmesser nur 40% der Stammholzproduktion des unbeschnittenen Baumes. Inwiefern die Gesamtholzproduktion der beiden Stämme wirklich voneinander abweicht ist nicht untersucht worden, weil die Holzmasse der jährlich geernteten Ausschläge nicht ermittelt wurde.

Ist auf den Versuchsflächen von Christensen und Rasmussen sowie Penack nur eine deutliche Zuwachsminderung zu erkennen, kann laut POTT und HÜPPE (1991, 24-25) sogar ein negativer Zuwachs, also eine Bestands- und Vorratsdezimierung eintreten, wenn die alten Fruchtbäume absterben und der Wald sich parkartig auflöst. MITSCHERLICH (1963, 7) nimmt als groben Richtwert einen Zuwachs von 3,4 fm pro Jahr und Hektar Waldfläche an, etwa die Hälfte heutiger Wuchsleistungen in Laubwäldern in Schleswig-Holstein.

Zur kontrollierten Beobachtung der Auswirkungen des Viehverbisses auf den Aufwuchs und den Wiederausschlag von Waldflächen wurde im Winter 2007-2008 eine Erlenwaldfläche im Freilichtmuseum Molfsee, bestehend aus Erlenstöcken und Kernwüchsen verschiedenen Alters, auf den Stock gesetzt und über das Jahr 2008 dokumentiert. Die Schlagfläche wurde ab dem Frühjahr 2008 partiell durch Rinder beweidet, wodurch der Wiederausschlag im Vergleich zu den nicht beweideten Flächen deutlich gehemmt wurde. Im Frühjahr 2009 wurden die neu aufgeschossenen Ruten der beiden Areale verglichen. Die Ruten erreichten in den beweideten Gebieten im Mittel nur 1/3 der unverbissenen Rutenlänge, wobei die Erlen in stark versumpften Bereichen deutlich weniger verbissen wurden als die Erlen auf trockenen Standorten (vergl. PAYSSEN 2007b).

Ebenso schwierig wie die Angabe einer Zuwachsleistung ist die Angabe des zu erwartenden Vorrates auf einer Hudewaldfläche, da es sich nicht um einen geschlossenen, gleichförmigen Bestand handelt. So können die Vorräte auf einer Hudewaldfläche, die sich im stark aufgelichteten und verbuschten Zustand befindet, geringer als die eines Niederwaldes sein; ein Hudewald mit mehreren mächtigen Fruchtbäumen vermag in einem einzigen Baum so viel Holz zu speichern, wie heute auf einem halben Hektar Hochwald steht. Für beide Extreme gibt es Beispiele: so wird eine aufgelichtete Wacholderheide mit Schafbeweidung

einen so geringen Bestand an Buschwerk und Bäumen aufweisen, dass der Waldbegriff in Frage gestellt werden muss, die Königseiche in Kreisforst Koberg (Kreis Lauenburg) und die Ivenaker Eichen (Mecklenburg), die als Hudewaldrelikte gelten, beinhalten allein in den beschnittenen Stämmen etwa 160 bzw. 180 fm Holz.



Abb. 8: Königseiche im Kreisforst Koberg (Kreis Lauenburg, Schleswig-Holstein) und Ivenaker Eichen (Landkreis Demmin, Mecklenburg-Vorpommern)

4 Ergebnisse der Meilerexperimente

Spesso del medesimo legname sivede piu & mancho cotto o fatto con vno ordine o con vnaltro, o piu con vna fotre di terra, ocon vnalta coperto, quando si cuoce far in esso grandissima differētia, & ancho si vede esser gran differētia sel legame e giouene, o pur darbor vecchio seglite de legname schietto o pur nodoso, o se glie tagliato vio & dasse morticino, & ancho sel si fa di legname verde o pur quādo e feccho & bene stagio nato...

(Vannoccio BIRINGUCCIO, de la pirotechnia 1540, 61 v, Reprint 1977.)

(Oft findet man Kohlen aus gleichem Holz, die mehr oder weniger gebrannt oder nach verschiedenen Verfahren hergestellt sind. Es ist auch ein sehr großer Unterschied, ob die Kohlen während des Brennens mit dieser oder jener Erde bedeckt waren. Man bemerkt auch einen Unterschied darin, ob das Holz jung ist oder von einem älteren Baum her stammt, ob es rein oder astig ist, ob es beim Fällen gesund und kräftig gewesen ist und es macht zur einen Zeit mehr aus als zur anderen, ob die Kohle von dürrer und abgestorbenen Ästen gemacht ist. Ferner spielt es eine Rolle, ob man die Kohle aus frischem oder aus trockenem und gut abgelagertem Holz herstellt.)

(Vannoccio BIRINGUCCIO, de la pirotechnia 1540, Übersetzung Johannsen 1925, 210.)

Für alle archäologischen Untersuchungen an Handwerksplätzen oder frühen Industriestandorten gilt, dass die Fundstücke nicht absichtlich deponiert, sondern im Verlauf des Betriebes zufällig am Ort verblieben sind. Das gilt natürlich auch für die vom Verbrennungsprozess verbliebene Holzkohle. Sofern keine distinkten Schichtungen innerhalb des Befundes nachzuweisen sind, ist die Holzkohleanalyse nicht in der Lage, die genaue Holzartenzusammensetzung einer Feuerungsdauer zu fassen, sondern es können nur für den Gesamtzeitraum des Betriebes relevante Ergebnisse geliefert werden. Dieser Umstand ist besonders für die Interpretation von Meilerstellen interessant, da Holzarten, die in der Festigkeit zu unterschiedlich sind, einen unterschiedlich gesteuerten Verkohlungsprozess benötigen, damit der Brand Erfolg hat. Außerdem benötigen verschiedene technische Prozesse unterschiedliche Holzkohlequalitäten, weshalb schon in der historischen Literatur die Trennung der Holzarten empfohlen wird (PLINIUS lib. hist. nat. 16, 27-29; BIRINGUCCIO 1540, 207-210; BERG 1860, 101, 105-108). Ein in sich zu unterschiedliches Holzartenspektrum ist also in der Regel nur mit mehreren nacheinander betriebenen Meilern zu interpretieren.

Die Köhlerei, auch in Form eines bäuerlichen Nebengewerbes, nimmt bei der Rekonstruktion der Waldwirtschaft eine hervorragende Rolle ein. Im Vergleich zu anderen Produktionsstätten des mittelalterlichen Handwerkes sind in alten Köhlerstellen viele und vergleichsweise große Holzkohlestücke vorhanden, so dass eine detailreiche Analyse möglich ist (LUDEMANN 2001, 507). Außerdem besteht bei einer Meilerstelle der räumliche Bezug zur lokal betriebenen Waldwirtschaft. Gerade in Montanregionen wie dem Harz, aber auch im Sauerland, im

Schwarzwald und im Bayerischen Wald sind die Meilerstellen so zahlreich, dass auch räumlich hoch aufgelöste Vegetationszusammensetzungen ermittelt werden können (LUDEMANN 2001, 508; vergl. HILLEBRECHT 1982; NELLE 2002).

Um die Bedingungen, die zu einer bestimmten Holzarten- und Durchmesser-Verteilung führen genauer beschreiben zu können und um auch andere Wachstumsphänomene des Holzes für die Holzkohleanalyse nutzbar zu machen, wurden mehrere Holzkohlemeiler unter verschiedenen Fragestellungen betrieben und die Holzcharge mit der jeweils gewonnenen Holzkohleprobe verglichen. Auch O. NELLE (2002, 214- 221) verfolgte diesen Ansatz, jedoch konnten nur zwei Meiler in der Holzcharge stichprobenartig untersucht werden, bei einer weiteren Probe konnte ausschließlich ein Vergleich mit der Waldbeschreibung durch den Förster gezogen werden. Dieser erste Einblick in die Köhlerei-Praxis zeigte jedoch deutlich, dass sich die Durchmesser-Verteilung der Holzcharge mit der ermittelten Durchmesser-Verteilung in der Holzkohleprobe in Beziehung setzen lässt, dass also die ermittelte Durchmesser-Klassen-Verteilung ein sicher interpretierbares Indiz zur Waldrekonstruktion darstellt (Ludemann 1995; 1996).

Von Oktober 2006 bis Oktober 2008 wurden vom Verfasser im Schleswig-Holsteinischen Freilichtmuseum Molfsee, im Steinzeitdorf des Archäologisch-Ökologischen Zentrums Albersdorf (AÖZA) und an der rekonstruierten Turmhügelburg in Lütjenburg insgesamt neun Verkohlungs-Experimente unter verschiedenen Forschungsgesichtspunkten durchgeführt, wobei die Holzarten und verwendeten Durchmesser jedes einzelnen Versuches der jeweiligen Fragestellung angepasst war. Bei den Experimenten zur Meilerverkohlung wurde als Meilertyp der seit BIRINGUCCIO (1540, 212) immer wieder beschriebene ebenerdige Meiler gewählt, da dieser Meilertyp für den Untersuchungszeitraum des Spätmittelalters als der vorrangig verwendete gilt.

Im Folgenden werden die jeweiligen Fragestellungen sowie Holzcharge und Analyseergebnis der Meiler-Experimente beschrieben. Das handwerkliche Vorgehen beim Aufbau und Betrieb des Meilers richtete sich vorrangig nach den Beschreibungen DUHAMEL DU MONCEAUS (1762, 14-31) und CARLOWITZ' (1713, 383-394), (zu technischen Einzelheiten des Verkohlungsprozesses siehe Kapitel 5.1.1).

4.1 Versuch zum Schrumpfungsverhalten des Holzes während der Verkohlung

In der Literatur zur Holzkohle wird der Schrumpfungsgrad der Holzkohle zwischen 10% und 20% angegeben, jedoch ohne die Grundlage dieser Werteangabe zu erwähnen (SCHLÄPFER und BROWN 1948; MEYER 1997). Unter kontrollierten Bedingungen wurde in einem Experiment das Schrumpfungsverhalten verschiedener Holzarten überprüft. Hierzu wurden frische Eichen- und Erlenäste mit vergleichbarem Durchmesser (ca. 5 cm) genau in der Mitte zersägt und jeweils eine Hälfte davon in einer Retorte verkohlt. Nach dem Verkohlungsprozess wurden die ehemals aneinander befindlichen Schnittflächen miteinander

verglichen. Wie bei der Lufttrocknung des Holzes war die Schrumpfung in Längsrichtung am geringsten, in den untersuchten Fällen unter 1%, die Schrumpfung im Durchmesser jedoch beträchtlich. Während die Schrumpfung der Eiche nur bei etwa 10% (5,0 cm : 4,5 cm) lag, schrumpfte die Erle um gut 20% (6,2 cm : 4,9 cm). Die aus der Literatur entnommenen Werte konnten somit bestätigt werden.

4.2 Verkohlung von Erlen- und Birkenstammholz

Im Steinzeitdorf des AÖZA wurde im Oktober 2006 der erste Versuchsmeiler (Albersdorf 1) betrieben. Die Charge bestand aus einer Erle und einer Birke mitsamt ihrem stärkeren Kronenholz, die Stammdurchmesser lagen bei etwa 25 cm, die Stammhöhen bei jeweils 8 m. Die Bäume wurden in Meterstücke gesägt und so gespalten, dass kein Scheit stärker als 10 cm im Durchmesser war, einzelne Äste gelangten zum Teil ungespalten in den Meiler. Das Holz, welches im gespaltenen Zustand etwa ein halbes Jahr trocknen konnte, wurde vor Beginn des Einstellens gewogen, so dass das Holzgewicht mit dem der gewonnenen Kohle verglichen werden konnte, außerdem wurde das Holzvolumen des Meilers auf etwa 5 m³ berechnet. Diese Messungen waren allein als eine Art Vorversuch notwendig, um überhaupt die Effektivität, das heißt vor allem auch die handwerkliche Repräsentativität der Köhlereiversuche abzuschätzen. Weiterhin sollte die Durchmesser- und die Dichtungsverteilung des Holzes mit der der Holzkohleprobe verglichen werden.

Der Meiler wurde mit Eichen- und Buchenzweigholz entzündet. Nach Betrieb des Meilers wurde die Holzkohle mit einer Kartoffelfurche ausgezogen, wobei die zu kleinen Stücke in der Meilerstelle verblieben. Nach dem Abkühlen wurde die Holzkohle in Säcke verpackt und gewogen; eine Holzkohleprobe aus der Meilerstelle, die wie bei einem archäologischen Befund genommen wurde, wurde nach der oben genannten Technik mittels Stereolupe und Mikroskop untersucht.

Folgende Ergebnisse konnten aus der Untersuchung gewonnen werden: aus 2323 kg Holz wurden genau 500 kg Holzkohle gewonnen, wobei 185 kg Holz nicht vollständig verkohlten. Die Effektivität des ersten Versuchsmeilers (Gewicht der Holzkohle im Verhältnis zum eingesetzten Holz) lag damit bei etwa 23%, eine Effektivität zwischen 20% und 27% gilt laut THOMMES (1997, 102-108) bei professionellen Köhlern als Standard.

Auch die Gewichtung der Holzarten zwischen Erle und Birke ließ sich in der Holzkohleanalyse nachvollziehen: 1575 kg der Charge (68%) bestanden aus Erlenholz, 724 kg (31%) aus Birkenholz, andere Holzarten (Eiche und Buche) nahmen nur 24 kg (1%) der Charge ein. Die Holzkohleanalyse ergab eine Holzartenverteilung von 51% Erle, 42% Birke, 3,5 % Eiche und 3,5% Buche.

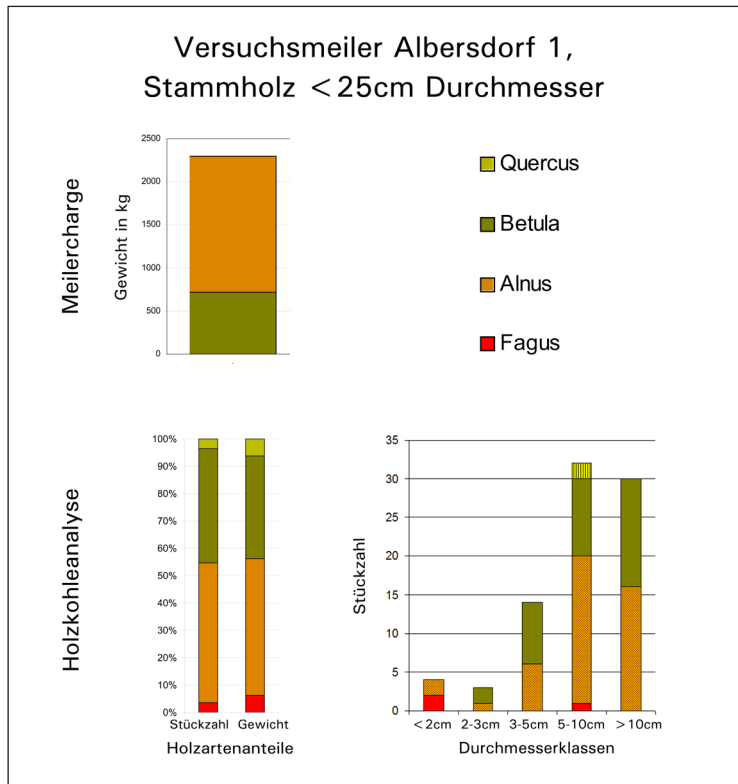


Abb. 9: Holzartenspektrum und Durchmesserverteilung des Kohlholzes und der analysierten Holzkohle in Versuchsmeiler Albersdorf 1. Es wurden 2323 kg Holz eingestellt, die genaue Anzahl der Scheite ist unbekannt. Nach der Verkohlung wurden 86 Holzkohlestücke analysiert, 14% der Holzkohlestücke wiesen Rinde auf. mD 7,2 cm

Auch wenn die Prozentzahlen von denen der Charge abweichen, ist dennoch die Gewichtung der Charge deutlich zu erkennen.

Bislang ging man in der Holzkohleanalyse bei der Durchmesserbestimmung davon aus, dass bei Verwendung von Stämmen über 15 cm Durchmesser in der damit erzeugten Holzkohle die größte Durchmesserklasse dominieren würde, da ein Großteil des Holzvolumens in der größten Durchmesserklasse enthalten ist (vergl. NELLE 2002, 219-222). Die Durchmesserverteilung der Holzkohleprobe des Meilers Albersdorf 1 zeigte jedoch entgegen der zuerst vermuteten Erwartung, dass trotz der vorrangigen Verwendung von Hölzern über 15 cm Durchmesser nur knapp 30% der Holzkohlestücke der größten Durchmesserklasse über 10 cm zugerechnet werden konnten, etwas dominanter zeigte sich die Durchmesserklasse von 5-10 cm. Möglicherweise wurde die Holzkohleprobe besonders von dem mit verkohltem Kronenholz beeinflusst. Zur genaueren Rekonstruktionsmöglichkeit des Stammdurchmessers bedurfte es also weiterer Experimente.

Neben diesen messbaren Ergebnissen wurde außerdem eine weitere Beobachtung gemacht: Während die gespaltenen Holzstücke vorrangig an der spitzen Spaltkante bröckelten und zu vergleichsweise kleinen Holzkohlestücken zerfielen, blieben die ungespaltenen Aststücke als solche zu erkennen und bröckelten nur etwas im Rindenbereich, wurden allerdings ob ihrer Größe dem Meiler vollständig entnommen. Diese Beobachtung führte zu der These, dass bei

ungespaltenen Hölzern vorrangig der wirkliche Durchmesser mit Rindenstücken ermittelt werden kann, während bei Spaltholz aus jedem Teil des Stammes Holz in die Probenmasse gelangt. Dieser Umstand könnte auch den hohen Anteil der Durchmesserklasse von 5-10 cm erklären.

4.3 Verkohlung von Hainbuchenstockholz und Knickholz unter 15 cm Durchmesser

Die Meiler Molfsee 1 bis Molfsee 3 wurden vorrangig im Hinblick auf die Rekonstruktion der verwendeten Holzdurchmesser betrieben und beprobt. Dabei wurde außerdem die Wirkung von gespaltenem und ungespaltenem Holz in den Fokus der Untersuchungen gerückt, um die aus Meiler Albersdorf 1 getroffenen Beobachtungen zu überprüfen.

Die Charge des ersten Meilers bestand aus Knickholz, vorrangig Hainbuchenknüppeln von 5-10 cm Durchmesser und verschiedenen anderen Hölzern in wesentlich geringeren Anteilen (vergl. Abb. 10). Hölzer über 10 cm wurden in der Regel gespalten, dünnere Stöcke, welche den Hauptanteil des Meilers ausmachten, wurden ungespalten eingestellt.

Der Versuchsmeiler wurde auf einer neu angelegten Kohlplatte vor der Schmiede des Freilichtmuseums Molfsee errichtet. Die Grassoden, die hierzu gestochen wurden, dienten als Abdeckung des Meilers. Der Rost (oder auch die Brücke) auf dem das Holz zur Verkohlung aufgestapelt wurde, bestand ausschließlich aus gespaltenem Linden- und Erlenholz, deren makroskopische Unterscheidung im leicht angerotteten Zustand nicht eindeutig möglich war.

Da das Holzgewicht wegen des sich ständig ändernden Wassergehaltes keine feste Größe darstellt, wurde auf das Wiegen der Holzcharge verzichtet, jedoch wurde das Gesamtvolumen des Holzes vor dem Einstellen gemessen (8,4 rm, entspricht etwa 5 t Hainbuchenholz). Außerdem wurden von jedem Holzstück Durchmesser und Holzart aufgenommen, um das real genutzte Holzspektrum mit dem Holzkohlespektrum vergleichen zu können. Die Durchmesser- und Holzartverteilung der Holzcharge zeigt einen deutlichen Schwerpunkt im Bereich 4-7 cm Durchmesser bei der Hainbuche, während die Linde deutlich in den Durchmessern über 15 cm vertreten ist.

Während des Betriebes musste der Meiler in einsackenden Bereichen mit vorbereitetem Holz nachgefüllt werden. Hierzu diente Eichenholz mit einem Durchmesser über 50 cm, um diese Eingriffe bei der Holzkohleauswertung nachvollziehen zu können.

Nach Abbrand des Meilers wurde die Holzkohle in Säcke verpackt und gewogen; insgesamt wurden aus den 8,4 rm Holz 1050 kg Holzkohle gewonnen.

In der Holzkohleanalyse stellt sich der Versuchsmeiler Molfsee 1 wie folgt dar: Wie auch in der Holzchargenbeprobung ist Hainbuche die vorrangige Holzart. Die weniger häufigen Holzarten jedoch unterscheiden sich zum Teil deutlich im prozentualen Anteil. Auch in den Durchmesser- und Holzartverteilungen dominiert die Hainbuche im Bereich zwischen 3-10 cm, was durchaus der Meilerbefüllung entspricht, die anderen Holzarten lassen auch hier wenig vergleichende Schlüsse zu. Die Diskrepanzen zwischen

der eingestellten Holzverteilung und der analysierten Kohle lassen sich im Nachhinein zum Teil erklären: Dass die Linde vergleichsweise wenig in der größten Durchmesserklasse vertreten ist, kann damit begründet werden, dass sie allein zur Errichtung des Rostes Verwendung fand und somit nicht vollständig verkohlt ist (das unverkohlte Lindenholz wurde in den Versuchsmeiler Molfsee 2 zum Entzünden eingestellt). Was erstaunt, ist die Tatsache, dass vergleichsweise viel Birke in der Holzkohle nachgewiesen werden konnte, sowie das doch recht häufige Auftreten von Erlenholzkohle. Wie es zu dem hohen Birkenkohlenanteil kommen konnte, ist unklar, jedoch ist bei der makroskopischen Holzartenanalyse eine Verwechslung von Erlen- und Lindenholz in der Meilercharge durchaus möglich gewesen. Vermutlich wurde ein Teil des Erlenholzes beim Einstellen als Lindenholz aufgenommen. Das Eichenholz mit großen Durchmessern, welches zum Auffüllen der Einbrüche diente, lässt sich in den Holzkohleproben nicht deutlich nachweisen, lediglich einzelne Eichenholzkohlen mit großen Durchmessern ließen sich in der Probe nachweisen. Der im Vergleich zur Holzcharge deutlich reduzierte Anteil an Buchenholz in der Holzkohleprobe lässt sich im Falle des Versuchsmeilers Molfsee 1 mit dem schon deutlich angerotteten Zustand des verwendeten Buchenholzes erklären: Morsches oder modriges Holz neigt dazu, zu Asche zu verglühen, ohne Kohle zu bilden (CARLOWITZ 1713, 391).

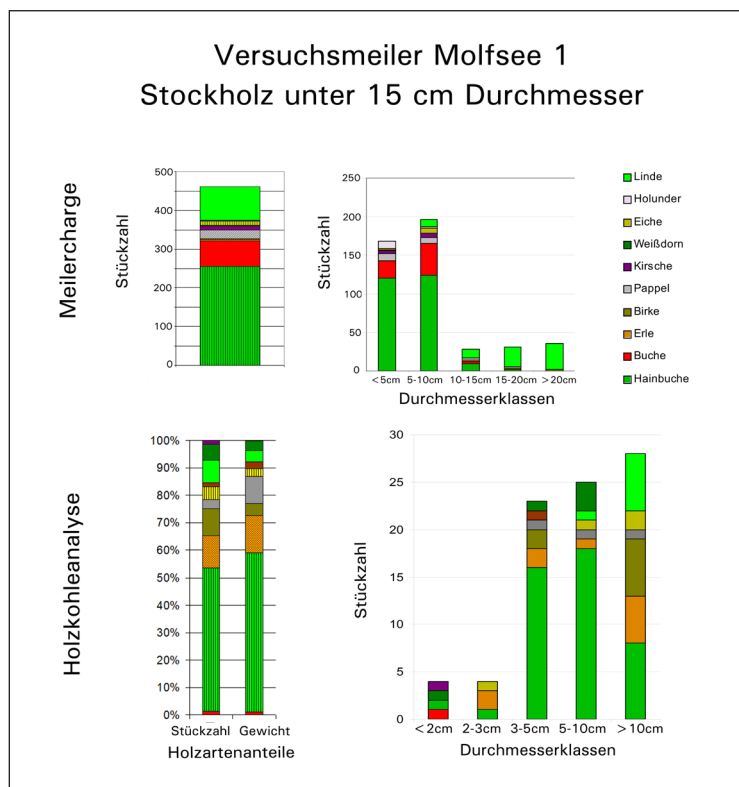


Abb.10: Holzartenspektrum und Durchmesserverteilung des Kohlholzes und der analysierten Holzkohle in Versuchsmeiler Molfsee 1. Es wurden 462 Stücke eingestellt, 84 Holzkohlestücke wurden analysiert. Der Anteil der Rindenstücke liegt bei 37%. mD 8,5 cm

Die auftretenden Diskrepanzen zwischen dem ermittelten Kohlholz und den Ergebnissen der Holzkohleanalyse führen deutlich die Schwierigkeiten vor Augen, welche die Artbestimmung

von abgelagertem, gespaltenem Brennholz mit sich bringt. Durch die Verwitterung der Oberfläche und die Ablösung der Rinde ist eine makroskopische Bestimmung sehr fehleranfällig und die Vergleichbarkeit des Artenspektrums von Holzsortiment und Holzkohleanalyse muss zumindest für das Experiment Molfsee 1 in Frage gestellt werden. Für alle weiteren Experimente wurde das Artenspektrum nach Möglichkeit klein gehalten und verstärkt auf eine getrennte Aufbewahrung der verschiedenen Holzarten geachtet. So weit es möglich war, wurde die Artbestimmung am noch stehenden oder frisch gefällten Baum vorgenommen, um Verwechslungen oder Fehlbestimmungen durch zunehmende Verwitterung auszuschließen.

Als weitere Erfahrung aus dem Versuchsmeiler Molfsee 1 lässt sich festhalten, dass eine zu vielseitige Holzartenverteilung nur schwer vergleichende Schlüsse zulässt.

Wichtige Aspekte der an Versuchsmeiler Molfsee 1 gerichteten Fragestellung, nämlich die Nachvollziehbarkeit der Holzdurchmesser anhand der Holzkohleproben, fielen positiv aus.

Vergleicht man die Holzdurchmesser der Charge und die Durchmesser der Holzkohle direkt in den Durchmesserklassen miteinander, zeigt sich, dass bei einem hohen Stockholzanteil vorrangig der Maximaldurchmesser des Holzes in der Holzkohleanalyse widergespiegelt wird. Das nach dem Versuchsmeiler Albersdorf 1 postulierte verstärkte Abbröckeln an der Rinde konnte bei Versuchsmeiler Molfsee 1 durch einen hohen Rindenanteil (37% der Holzkohlestücke hatten Rinde oder Waldkante) in der analysierten Probe nachgewiesen werden. Die Waldkantenstücke ließen sich alle in die Durchmesserklassen unter 10 cm einordnen, wobei ein Großteil der Rindenstücke den tatsächlichen Durchmesser der eingestellten Hölzer um 5 cm belegt.

4.4 Verkohlung von Hainbuchenstockholz und Knickholz über 15 cm Durchmesser

Der Versuchsmeiler Molfsee 2 wurde unmittelbar nach dem Brand von Versuchsmeiler Molfsee 1 auf der gleichen Kohlplatte gestartet. Hierbei waren die Holzdurchmesser wesentlich größer und es wurde auf eine weniger vielfältige Artenauswahl geachtet. Weide, Kirsche, Holunder, Buche und Birke sind nur in einzelnen eingestellten Stücken vertreten, der Großteil der Charge bestand aus Hainbuchenholz mit bis zu 30 cm Stammdurchmesser. Anders als im Versuchsmeiler Molfsee 1 wurde hier das starke, eingestellte Holz nicht gespalten. Auch im Versuchsmeiler Molfsee 2 wurden die Einbrüche mit Eichenholz über 50 cm Durchmesser verfüllt, zum Anzünden der Charge diente der noch schwelende Erlen- und Lindenrost vom Versuchsmeiler Molfsee 1. Aufgrund der Ähnlichkeit ist eine genaue Unterscheidung der eng verwandten Arten Hasel und Hainbuche beim Einstellen des Holzes nicht immer möglich gewesen. Ebenso wenig lassen sich Apfel und Weißdorn in der Holzkohleanalyse voneinander unterscheiden, weshalb sie unter einer Farbsignatur (*Pomoideae*, Kernobstgewächse) aufgenommen wurden.

Die weniger vielseitige Holzartenauswahl zeigt deutlich, dass die Ergebnisse der Holzkohleanalyse mit denen der Meilercharge besser vergleichbar sind. Alle wichtigen Holzarten der Charge sind in ähnlicher Gewichtung auch in der Holzkohle nachzuweisen. Die hohen Werte für Linde und Erle lassen sich damit erklären, dass sie aus dem vorher unverkohlten Rost des Versuchsmeilers Molfsee 1 stammen.

Der signifikant höhere Anteil an stärkeren Hölzern ließ sich in der Holzkohleanalyse nicht so eindeutig nachweisen wie vor dem Experiment vermutet. Die Durchmesserklassenverteilungen von Versuchsmeiler Molfsee 1 und Molfsee 2 unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander. Dieser Umstand ist erklärungsbedürftig, jedoch verständlich, wenn man das Bröckelverhalten der dicken, eingestellten Stämme über 15 cm betrachtet: Durch das schnelle Trocknen im Meiler zerfallen die dickeren, ungespaltenen Stämme zu unzähligen, kleinen Holzkohlestücken, welche beim Ausnehmen des Meilers zum Großteil in der Köhlerstelle verbleiben. Aus diesem Grunde gelangten vergleichsweise wenige Rindenstücke (8,5%) der größeren Durchmesser in die Holzkohleprobe, so dass anders als bei Versuchsmeiler Molfsee 1 kein absoluter Durchmesser der verwendeten Hölzer angegeben werden kann.

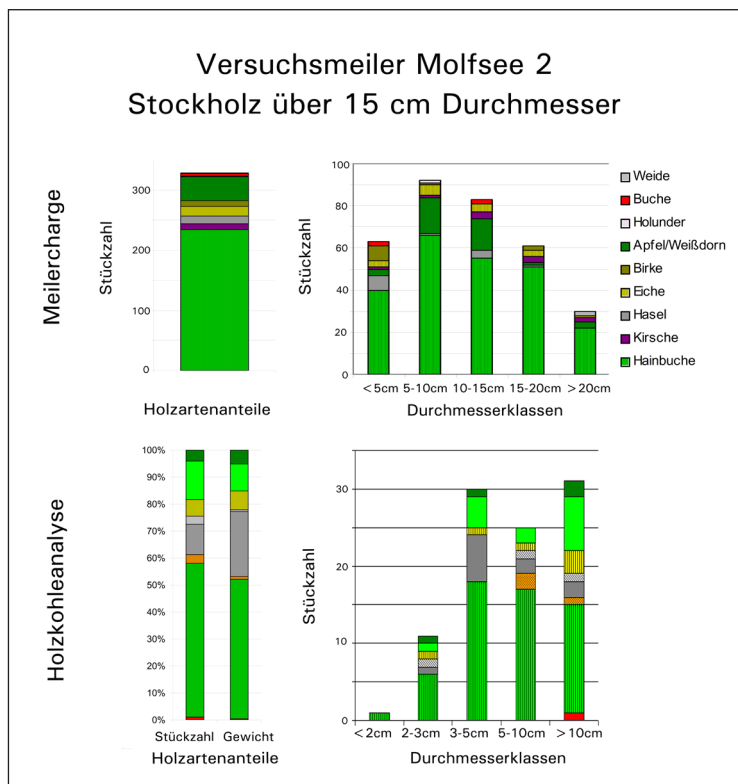


Abb. 11: Holzartenspektrum und Durchmesserverteilung des Kohlholzes und der analysierten Holzkohle in Versuchsmeiler Molfsee 2. Es wurden 329 Stücke eingestellt, 98 Holzkohlestücke wurden untersucht. Der Anteil an Rindenstücken betrug 8,5%. mD 8,2 cm

Aus Sicht eines Köhlers, der die gewonnene Holzkohle verkaufen möchte, ist das Einstellen von zu dicken, ungespaltenen Hölzern also keinesfalls eine Arbeitersparnis, sondern verringert den Anteil der nutzbaren Holzkohle deutlich, da zu kleine Holzkohlestücke nicht

aus der Meilerstelle gezogen werden können. Der aus der alten Literatur bekannte Wert von etwas mehr als armdickem Holz, welches zur besten Kohleausbeute führt, kann nach den Erfahrungen aus den Meilerexperimenten bestätigt werden (vergl. z. B. Carlowitz 1713, 391).

4.5 Verkohlung von Hainbuchenstammholz über 1 m Durchmesser

Der Versuchsmeiler Molfsee 3, der auf der gleichen Kohlplatte wie die vorangehenden Meiler errichtet wurde, sollte die Auswirkungen von extrem starken Hölzern auf die Holzkohleanalyse verdeutlichen. Hierzu wurde ein Hainbuchenstamm von knapp 10 m Länge und 1,2 m Stammdurchmesser in etwa 10 cm durchmessende Scheite gespalten und zu einem Meiler aufgeschichtet. Durch die zwischen den Scheiten entstehenden Zwischenräume hatte der Meiler ein Gesamtvolumen von knapp 18 Raummetern. Das Zählen der Charge entfiel, da nur ein einziges „Stück Holz“ die Charge des Meilers bildete. Die Holzkohleanalyse zeigte bei der Verwendung eines solch großen Stammdurchmessers einen deutlichen Schwerpunkt in der größten Durchmesserklasse, jedoch sind auch die kleineren Durchmesserklassen aufgrund des Bröckelverhaltens der Holzkohle vertreten. Rindenstücke kamen in der Holzkohleprobe nicht vor.

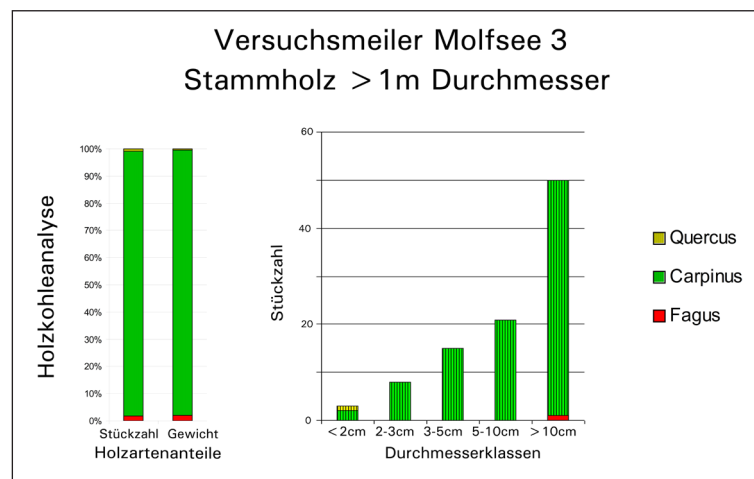


Abb. 12: Holzarten- und Durchmesserverteilung in der Holzkohleanalyse von Versuchsmeiler Molfsee 3. Es wurden 103 Holzkohlestücke analysiert, Rindenstücke waren in der Probe nicht enthalten. mD 9,6 cm

Eine deutliche Dominanz der größten Durchmesserklasse bei gleichzeitigem Fehlen von Rindenstücken muss also aller Wahrscheinlichkeit nach mit der Verwendung dimensionsstarker Holzsortimente interpretiert werden. Kommen hingegen viele Rindenstücke in der Probe vor, deutet die Holzkohleanalyse wie im Versuchsmeiler Molfsee 1 eher auf die Nutzung von Stockholz in ungespaltenem Zustand im Durchmesser zwischen 10 und 15 cm hin.

4.6 Verkohlung von Buchenkronenholz unter 15 cm Durchmesser

Auf dem Gelände der rekonstruierten Turmhügelburg in Lütjenburg wurde ein Versuchsmeiler errichtet, der ausschließlich aus Buchenastholz bestand, welches im Winter 2006-2007 geschlagen worden war. Das Astholz stammte von mehreren Buchen, deren Kronen nach den Forstarbeiten im Wald zurückblieben. Eine Zuweisung zu einzelnen Baumindividuen war nicht möglich, jedoch deuteten die sich weit verzweigenden Astgabeln auf ausgeprägte Baumkronen hin. Ein Großteil der für den Meiler verwendeten Äste hatte einen Durchmesser von etwas über 5 cm, so dass sie in die Durchmesserklasse von 5-10 cm eingeordnet wurden. An vielen Aststücken war ein deutlich asymmetrisch ausgeprägter Querschnitt (mit Zugholzbildung) zu erkennen, so dass die Möglichkeit bestand, dieses für Astholz häufige Wachstumsbild auch in der Holzkohleanalyse nachweisen zu können. Alle Äste unter 10 cm Durchmesser wurden ungespalten in den Meiler eingestellt, die wenigen stärkeren Äste wurden gespalten.

Nach Abbrand des etwa 6 m fassenden Meilers wurde eine Holzkohleprobe aus der in der Meilerstelle verbliebenen Lösche genommen. Die Holzkohleanalyse zeigte, dass der Schwerpunkt der Durchmesserverteilung genau wie bei der Holzcharge im Durchmesserbereich um 5 cm lag. Ein großer Teil der Holzkohlestücke zeigte deutlich die Struktur von Reaktionsholz, so dass eine sichere Ansprache als Astholz möglich war. Außerdem konnte an den Rindenstücken der letzte vollständige Jahrring erkannt werden, so dass auch die Winterfällung eindeutig nachzuweisen war. Der Rindenanteil lag bei 79%, so dass ähnlich wie bei den Versuchsmeilern Molfsee 1 und Molfsee 2 vorrangig der Maximaldurchmesser der Hölzer rekonstruiert werden konnte.

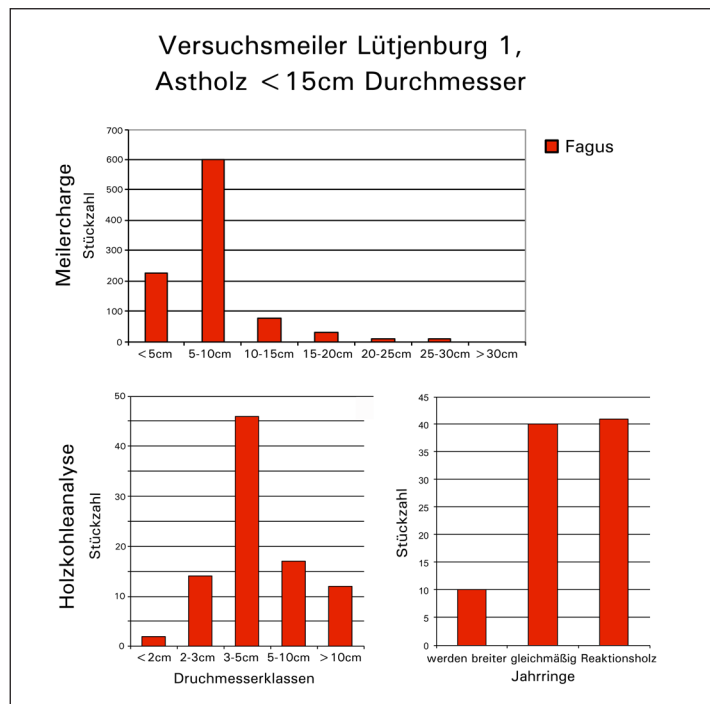


Abb. 13: Durchmesserverteilung des Kohlholzes sowie der analysierten Holzkohle und die Erkennungsmöglichkeiten der Wachstumsmerkmale von Astholz in der Holzkohle von Versuchsmeiler Lütjenburg 1. Es wurden 944 Aststücke eingestellt und 93 Holzkohlestücke untersucht. Rindenanteil: 82%; mD 5,6 cm

4.7 Verkohlung von Stockausschlägen und Astholz unter 15 cm Durchmesser

Im Frühjahr 2008 wurde im Freilichtmuseum Molfsee erneut ein Versuchsmeiler allein aus Erlenholz errichtet. Ziel der Untersuchung war es, bei gleichen eingestellten Durchmessern Astholz von Stockausschlägen zu unterscheiden. Es wurden insgesamt 4,4 rm Stockholz und 5,2 rm Astholz in den Meiler eingestellt. Die Durchmesser des Holzes variierten zwischen 2 cm und knapp über 10 cm, es wurden keine Hölzer gespalten. Das Holz stammte aus einem Erlenwäldchen des Museums, welches zum einen aus Stockausschlägen von 5-13 Jahren Alter bestand, zum anderen aus kernwüchsigen Erlen zwischen 16 und 50 Jahren.

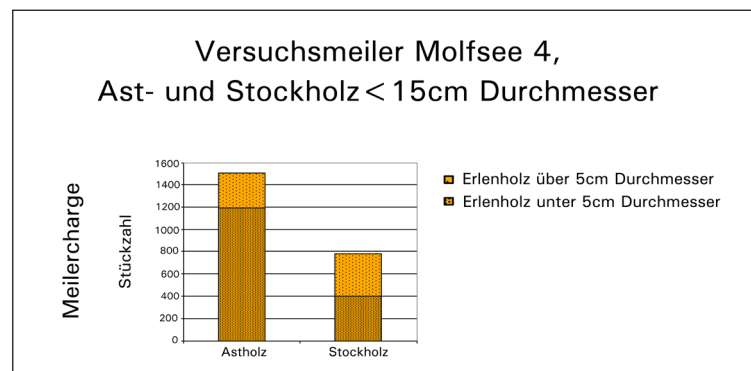


Abb. 14: Anteile von Ast- und Stockholz des Versuchsmeilers Molfsee 4. Eingestellt wurden 2288 Stücke.

Nach Abbrennen des Meilers wurde die Holzkohleprobe speziell auf den Mindestdurchmesser der einzelnen Kohlen sowie auf die Erkennbarkeit der Wachstumsmerkmale von Ast- und Stockholz untersucht. Die Untersuchung zeigte, dass sich sowohl die Wachstumsmerkmale des Stockholzes als auch die des Astholzes an vielen Holzkohlestücken erfassen ließen.

Der schnelle Wuchs des Stockholzes hat eine hohe Jahrringbreite in den ersten Wachstumsjahren zur Folge, die nach 5 bis 12 Jahren rapide zurück geht, da der nun wieder ans Licht gewachsene Trieb mehr Energie in die Blätterbildung investiert. Im Holzquerschnitt ist dieser Zeitpunkt durch ein plötzliches Schmalwerden der Jahrringe zu erkennen (SPURCK 1996; DEFORCE und HANECA 2008). Dieses Phänomen ließen 28% der untersuchten Kohlen erkennen. Beim Astholz ist es hingegen so, dass es zum einen geringe Jahrringbreiten aufweist, zum anderen durch den oft krummen Wuchs der Äste Zugholz ausbildet, was sich ebenfalls im Querschnitt durch ein asymmetrisches Jahrringbild erkennen lässt. Dieses Phänomen ließ sich bei 24% der beprobten Holzkohlen nachweisen.

Die übrigen Kohlen zeigten eine gleichmäßige oder sogar breiter werdende Jahrringverteilung und ließen keine eindeutige Einordnung nach Ast- oder Stockholz zu. Aufgrund der durchweg geringen Holzdurchmesser der Meilercharge ließ sich auch in Versuchsmeiler Molfsee 4 ein hoher Anteil von Rindenstücken (66%) in der Holzkohleprobe nachweisen.

Die Holzkohleauswertung zeigt, dass gleichmäßige Jahrringverteilungen sowohl in Ästen als auch in Stockausschlägen auftreten können. Besonders gerade wachsende Äste bilden oft wenig Reaktionsholz aus, so dass nicht jeder Ast als ein solcher auch im Querschnitt der Holzkohle

erkannt werden kann. Ebenso ist es bei Stockausschlägen möglich, dass bei kurzen Umtriebszeiten noch nicht der Zeitpunkt des verringerten Holzwachstums erreicht ist. Somit lassen sich an jungem Stockholz nur außerordentlich breite Jahrringe erkennen, nicht jedoch der abrupte Übergang. Die Jahrringbreite eines jeden Baumes ist jedoch sehr licht- und standortabhängig, so dass eine Aufnahme der breiten Jahrringe allein nicht sicher als Erkennungskriterium für Stockausschläge herangezogen werden kann.

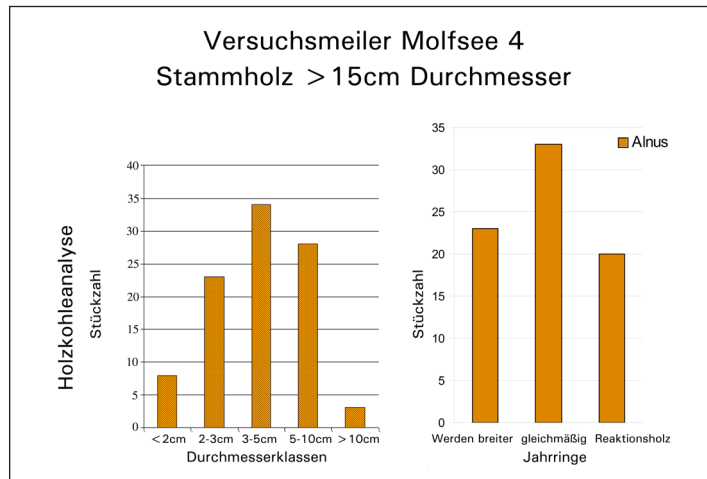


Abb. 15: Durchmesserverteilung der analysierten Holzkohle sowie die Erkennungsmöglichkeiten der Wachstumsmerkmale von Ast- und Stockholz in der Holzkohle von Versuchsmeiler Molfsee 4. Es wurden 2288 Stücke Erlenholz eingestellt, 99 Holzkohlestücke wurden analysiert. Der Anteil der Rindenstücke lag bei 66%. $mD=4,6$ cm

Auch wenn bei dieser Holzkohleuntersuchung die Prozentzahlen der Astholz- und Stockholzanteile nicht denen der Holzcharge entsprechen, kann doch allgemeingültig ausgesagt werden, dass die Rekonstruktion sowohl von Ast- als auch von Stockholznutzung anhand von Holzkohleproben möglich ist. Die Durchmesserverteilung der Holzkohleprobe lässt deutlich erkennen, dass der Großteil des Kohlholzes um und unter 5 cm im Durchmesser hatte, der hohe Anteil von Rindenstücken (66%) unterstützt diese Aussage.



Abb. 16: Versuchsmeiler Molfsee 5 im Betrieb, daneben die gewonnene Holzkohlemenge.

4.8 Verkohlung von Erlenstammholz über 20 cm Durchmesser

Anschließend an den Versuchsmeiler Molfsee 4 wurde ein weiterer Meiler (Molfsee 5) aus dem Stammholz des bereits genannten Erlenwäldchens errichtet. Das Meilervolumen war mit 18 rm von allen Versuchsmeilern das größte. Sämtliches Stammholz wurde gespalten in den Meiler eingestellt. Die Durchmesser des Stammholzes variierten vorrangig zwischen 15 cm und 50 cm. Nur ein geringer Massenanteil der Meilercharge bestand aus Hölzern unter 15 cm Durchmesser. Das Experiment sollte einen weiteren Vergleichswert zur Ermittlung der Verkohlungseffektivität ergeben und die negative Kontrolle der in den Versuchen Lütjenburg 1 und Molfsee 4 getätigten Beobachtungen bezüglich der Jahrringmuster zur Ermittlung der Wuchsformen ermöglichen. Die Ergebnisse des Versuchsmeilers Molfsee 5 lassen sich dahingehend zusammenfassen, dass aus den 18 rm Holz knapp 1700 kg Holzkohle gebrannt werden konnten und nahezu alles Holz während des Meilerbrandes vollständig verkohlte.

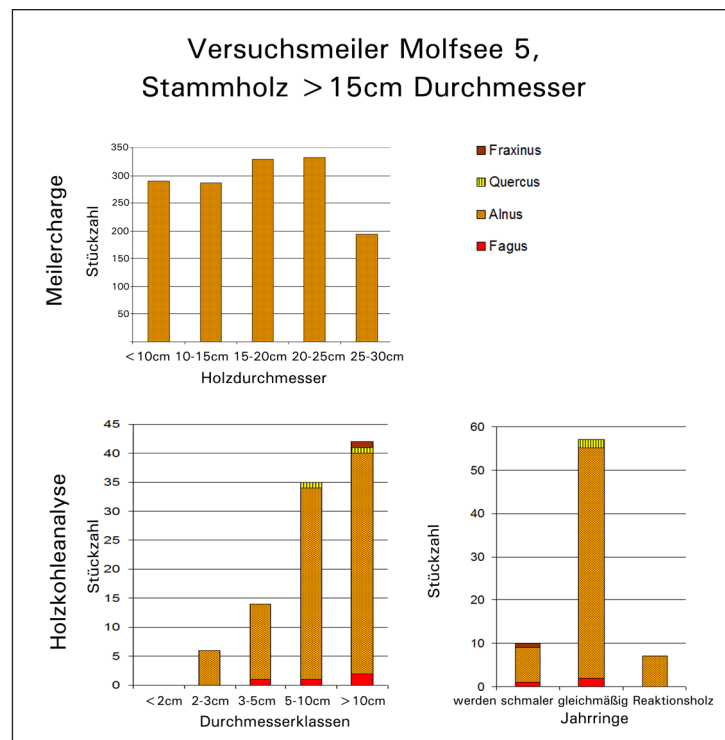


Abb. 17: Durchmesserverteilung des Kohlholzes und der analysierten Holzkohle, sowie die Erkennungsmöglichkeiten der Wachstumsmerkmale von Ast- und Stockholz in der Holzkohle von Versuchsmeiler Molfsee 5. Es wurden 1432 Stücke eingestellt, 101 Holzkohlestücke wurden analysiert. Der Anteil der Rindenstücke liegt bei 39%. mD 9,7 cm

In den 101 aus der Meilerstelle zur Beprobung entnommen Holzkohlen zeigte sich, dass an nur 17% der Holzkohlen asymmetrische oder in jüngeren Jahren größere Jahrringe zu finden waren. Der Rindenanteil hingegen ist mit 39% entgegen der postulierten Erwartung sehr hoch. Erklären ließe sich dieser Umstand mit den vergleichsweise großen Dimensionen der einzelnen beprobten Holzkohlestücke. Im Gegensatz zu den Hainbuchenkohlen aus den

Versuchsmeilern Molfsee 1, 2 und 3 brach die Erlenholzkohle sehr großstückig, so dass die Chance, Rindenstücke auszulesen vergleichsweise hoch war (Bruchgröße über 2 cm Kantenlänge). Eine nochmalige Analyse von 100 kleiner gebrochenen Kohlen (Bruchgröße unter 1,5 cm Kantenlänge) ergab, dass deutlich weniger Rindenstücke (23%) in der Probe nachzuweisen waren. Die in Einzelfällen nachzuweisenden Holzkohlen von Eiche, Esche und Buche stammen mit Sicherheit aus der Lösche von vorhergehenden Meilerbränden.

4.9 Verkohlung von angefaultem Holz mit Insektenfraßspuren

Eine in den anthrakologischen Untersuchungen von HILLEBRECHT (1982, 26) erwähnte Vermutung ist, dass die Nutzung von Totholz und Windbruch zur Kohlholzgewinnung durch die überdurchschnittlich häufige Nachweisbarkeit von Fraßspuren an der Holzkohle möglich sein müsste. Zu diesem Zweck wurde aus jeder der Versuchsmeilerchargen etwas Holz zurückgehalten und bis zu drei Jahren der Witterung ausgesetzt. Dazu wurden Eichen- Erlen- und Weidenäste mit deutlich sichtbaren Insektenfraßspuren zur Meilercharge (Molfsee 6) zugegeben. Das Kohlholz hatte insgesamt einen Zustand, dass es zu Brennholzzwecken nicht mehr tauglich gemacht hätte, viele Scheite und Stöcke waren so zerfressen und porös, dass sie von selbst zerfielen. Nach der Verkohlung wurden 100 Holzkohlestücke von geringer Bruchgröße (Kantenlänge unter 1,5 cm) aus dem Meiler ausgelesen und auf Fraßspuren untersucht. Lediglich bei vier Holzkohlestücken konnten Fraßspuren festgestellt werden. Auch bei einer Vergrößerung der Stückgröße (über 3 cm Kantenlänge) konnten kaum Fraßspuren an den Kohlen nachgewiesen werden. Aufgrund der geringen Anzahl an eindeutigen Fraßbelegen muss es als unwahrscheinlich gelten, die Verwendung von windbrüchigem oder angefaultem Kohlholz in Holzkohleproben statistisch einwandfrei nachweisen zu können.

4.10 Zusammenfassende Ergebnisse der Meilerexperimente

Grundsätzlich ist es möglich, anhand der Holzkohle aus Meilerstellen detaillierte Aussagen zur genutzten Waldvegetation zu treffen. Je größer die geborgenen Holzkohlen sind, desto präzisere Untersuchungen sind möglich, jedoch kann eine alleinige Auswahl von großen Holzkohlestücken zur Analyse die Probenmasse unrepräsentativ für die Fundstelle werden lassen. Von allen Holzkohlestücken, die von den durchgeführten Versuchen als Probemasse genommen wurden, konnte die Holzart eindeutig bestimmt werden, bei den meisten Holzkohlestücken (549 Stücke, 97% der analysierten Holzkohlen) war die Einordnung in eine Durchmesserklasse möglich. Reaktionsholz von Ästen, geringer werdende Jahrringbreiten bei Stockausschlägen und die Ausbildung des letzten Jahrringes ließen sich nur bei einem geringeren Anteil der Holzkohlen feststellen, grundsätzlich war jedoch ein Zusammenhang zu der Meilercharge zu erkennen.

Eine prozentgenaue Rekonstruktion der Holzcharge ist weder in Fragen nach der Holzart noch nach den Durchmessern möglich, ebenso wenig die prozentgenaue Angabe des Ast- oder Stockholzanteils der Meilercharge. Dennoch lassen sich Aussagen treffen, die zur Rekonstruktion des genutzten Waldbestandes hilfreich sind. So zeigt ein hoher Anteil an einer Holzart innerhalb einer Holzkohleprobe an, dass vorwiegend diese Art genutzt wurde. Die standortspezifischen Ansprüche der betreffenden Art wiederum geben Aufschluss über die Wachstumsbedingungen im Betriebszeitraum; Lichtgehölze (Pappeln, Weiden, Birken, Hasel) zeigen zum Beispiel einen geöffneten Waldbestand an. Lassen sich Hinweise auf Stockhölzer in den Holzkohleproben feststellen, liegt zumindest in Teilbereichen des Waldes eine planmäßige, in Umtriebszeiten geregelte Niederwaldwirtschaft nahe. Übersteigt der Anteil der als Astholz oder Stockholz identifizierten Holzkohlen 25% der Gesamtcharge, ist von einer vorrangigen Nutzung der betreffenden Wuchsform auszugehen, da an vielen Holzkohlen aufgrund zu geringer Stückgrößen die entsprechenden Details nicht erkannt werden können (vergl. Meiler Molfsee 1, 2 und 4 sowie Lütjenburg 1). Ein überdurchschnittlich häufiges Auftreten von Astholz ohne das gleichzeitige Vorkommen von großen Holzdurchmessern könnte damit interpretiert werden, dass das Kronenholz direkt im Wald verkohlt wurde, während die Stämme möglicherweise abtransportiert und anderweitig verwertet wurden.

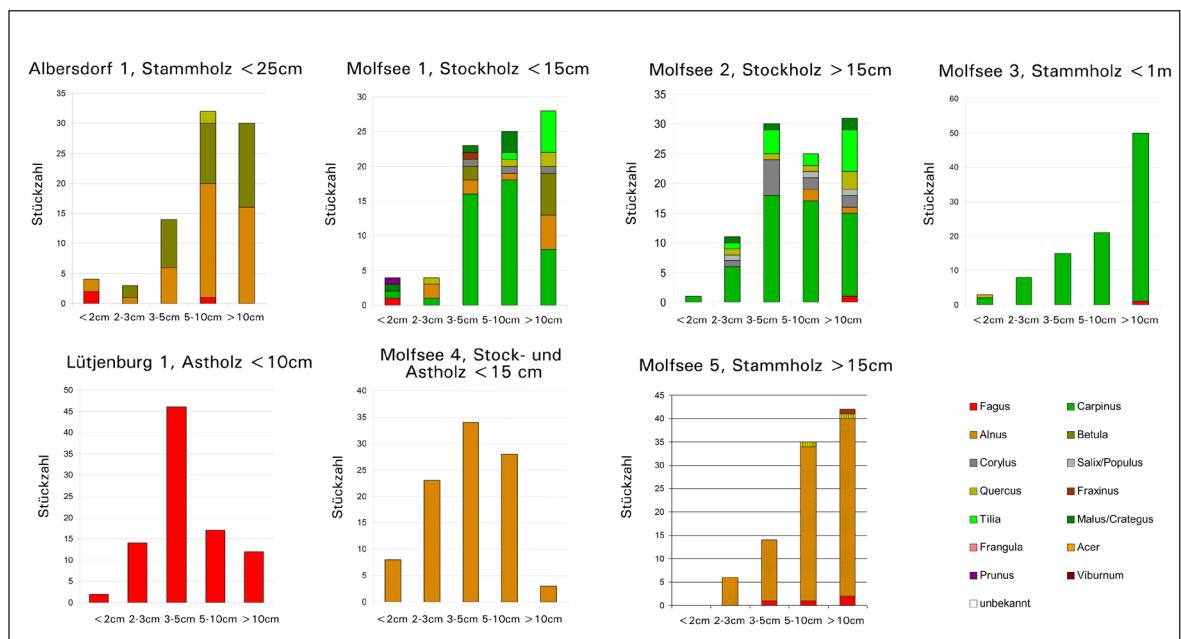


Abb. 18: Vergleichende Darstellung der Durchmesserverteilung, aufgeschlüsselt nach den nachweisbaren Holzarten, aus den Holzkohleproben der im Zusammenhang mit dieser Arbeit betriebenen Versuchsmeiler

Die Effektivität der Experimentalmeiler lag bei allen Versuchen zwischen 22% und 25%. Aus diesen Werten kann für die folgenden Berechnungen definiert werden, dass aus 100 kg Holzmasse im stehenden Meiler 20kg Kohlen, beziehungsweise aus einem Raummeter

Kohlholz etwa 100 kg Kohle gebrannt werden können. Im Mittel wiegt ein Raummeter der in den Versuchen hergestellten Erlenholzkohle im geschütteten Zustand 260 kg, Hainbuchenholzkohle ist mit einem Gewicht von 350 kg pro Raummeter etwa 40% schwerer. Als mittlere Dichte von Holzkohle kann aus den gemessenen Daten ein Wert von etwa 300 kg pro Raummeter angegeben werden.

5 Holzverbrauch in den Gewerken

...e cosa notissima che glie legno brucia to, & ifra le altre fue pprieta e cosa molto durabile & disposta da mantenersi buona nel suo essere nō solo gli anni mal i seculi tenēdosi in luocho asciutto, & ancho a lhumido & luocho molle si cōserua...io mi ricordo gia infra certe ruine hauerne veduto cauare che e stato arbitrato che ital luocho sotto terra fia stato piu che. 400. anni, & anchora era incorrozo cō la forma del carbone, come in quel luocho pur ieri stato mesio visusse...

(Vannoccio BIRINGUCCIO, de la pirotechnia 1540, 62 r, Reprint 1977.)

(Es ist auch allgemein bekannt, dass die Kohlen gebranntes Holz sind. Von ihren sonstigen Eigenschaften sei gesagt, dass sie sehr dauerhaft sind und die Fähigkeit besitzen, sich unverändert jahrelang, ja Jahrhunderte hindurch gut zu erhalten...Ich erinnere mich gesehen zu haben, dass man unter Ruinen Kohlen ausgegraben hat, die an dieser Stelle unzweifelhaft mehr als 400 Jahre im Boden gelegen haben...)

(Vannoccio BIRINGUCCIO, de la pirotechnia 1540, Übersetzung Johannsen 1925, 209-210.)

Im spätmittelalterlichen Handwerk und auch in der aufkommenden frühen Industrie basierte die Produktion von Rohmaterialien und Endprodukten meist auf der Verbrennung von Holz oder Holzkohle. Oft waren sogar während eines Fertigungsprozesses mehrere wärmeintensive Arbeitsschritte notwendig, so dass die für einen Produktionsprozess benötigte Holzmasse ein Vielfaches der hergestellten Produktmasse ausmachte. Anhand historischer und archäologischer Überlieferungen werden im Folgenden die Gewerke Köhlerei, Eisenverhüttung und Glasherstellung in ihren teilweise regional und zeitlich differierenden Produktionsverfahren beschrieben. Schwerpunkt bilden auch hier die auf Schleswig-Holstein zu beziehenden Überlieferungen aus geschichtlicher und archäologischer Forschung, jedoch ist das Heranziehen von überregionalem Vergleichsmaterial unverzichtbar. Darauf aufbauend folgt unter Berücksichtigung bislang erfolgter archäologischer und historischer Forschung sowie aus der Analyse verschiedenster Experimente eine Rekonstruktion des Holzbedarfes der genannten Gewerke. Auch wenn Ziegeleien und Kalkbrennereien mit Sicherheit ebenso zur Industrielandschaft des spätmittelalterlichen Schleswig-Holsteins gehören, müssen beide aufgrund der geringen historischen und archäologischen Quellenbreite weitgehend unberücksichtigt bleiben.

5.1 Köhlerei

Was die Kohlen beym Schmelzen/ zubereiten und zurichten [sic] der Metallen und sonsten vor ein nützlich/ ja unentbehrliches Werck/ solches ist jederman sonderlich bey den Berg-Wercken/ item Schmieden/Schlössern/ Gold-und Silber-Arbeitern und andern unzehligen Handwercks-Leuten zur Genüge bekannt. Da wir nun selbige ebenfalls aus denen Wäldern holen müssen/ so wird nicht übel gethan seyn/ wenn wir von dieser materie [sic] allhier absonderlich handeln. Es ist aber bey dem Kohlwerck vor allen Dingen dahin zu trachten/ wie man zu denen Kohl-Städten oder Plätzen/ bequeme Oerter bereitet/ damit die geschlagenen Sragen-Höltzer afselbigen füglich eingerichtet werden können.

Hannß Carl von CARLOWITZ, Sylvicultura oeconomica 1713, 383.

Die Herstellung von Holzkohle (Köhlerei) war vom Mittelalter bis ins 19. Jahrhundert ein wichtiger Wirtschaftszweig in Schleswig-Holstein, vorrangig in den waldreichen Regionen der Geest und des Östlichen Hügellandes (ANONYMUS 1795; MAGER 1930; PÖHLS 1956; 1968; KRÖGER 1990; ROHWER 1996; BRÄMER 2001). Über das Jahr gesehen verteilt sich die Arbeit der Köhler in zwei Abschnitte, im Winter wird Holz geschlagen, im Sommer verkohlt. Technisch gesehen handelt es sich bei der Köhlerei um die trockene Destillation des Holzes, Holzkohle ist das Endprodukt der unter weitgehendem Luftabschluss erfolgten thermischen Zersetzung (BROCKSIEPE 1976, 703). Unter zunehmender Wärme wird das Lignin des Holzes immer weiter chemisch aufgespalten, wobei ein Großteil der im Holz enthaltenen Stoffe entweder ausgetrieben oder zu Kohlenstoff umgewandelt werden. Im Gegensatz zu Holz enthält Holzkohle kein in den Zellen gebundenes Wasser und hat dadurch einen wesentlich höheren Brennwert, der fast an den Brennwert von Steinkohlenkoks heranreicht.

Tab. 3: Vergleichende Darstellung der Brennwerte von Holz, Holzkohle und Steinkohlenkoks (BROCKHAUS 1987, 667).

Brennstoff	Mittlerer Brennwert (kJ /kg)
Holz (lufttrocken)	16.500
Holzkohle (Hartholz)	29.000
Steinkohlenkoks	30.000

Die Zersetzung des Holzes gliedert sich in drei Temperaturbereiche und beginnt bei 100°C. Zwischen 100-170 °C verdampft das in den Poren und den Zellen enthaltene Wasser. Außerdem beginnt die Aufspaltung der thermisch instabilen Holzanteile Hemicellulose und Cellulose zu Kohlenmonoxyd, Kohlendioxyd, Ameisen- und Essigsäure sowie Kohlenstoff. Dieser Prozess ist endotherm und bedarf einer Energiezufuhr von außen, im Falle der Meilerverkohlung

geschieht dieses durch das Entzünden der Holzcharge. Durch den hohen Wassergehalt sind die aus dem Meiler austretenden Rauchgase weiß, zum Teil auch leicht gelblich gefärbt.

Im zweiten Temperaturbereich zwischen 200 und 280°C werden die Holzmoleküle (Lignine) aufgespalten. Es entweichen das chemisch gebundene Wasser sowie die bei der offenen Verbrennung flammengebenden Stoffe Holzteer, Wasserstoff, Methan und Acetylen. Dieser Abschnitt des Köhlereiprozesses verläuft exotherm; das im Meiler befindliche Holz beginnt schwach zu glühen. Durch Verringerung der Luftzufuhr muss der Verkohlungsprozess gezügelt werden. Die aus dem Meiler austretenden Gase haben, wie viele unvollständig verbrannte Kohlenwasserstoffe (z. B. die Abgase aus alten Benzinmotoren), eine bläuliche Färbung.

Zwischen 280 und 350 °C findet die sogenannte Restverkohlung statt. Aus dem fast vollständig zu Kohlenstoff umgewandelten Holz entweichen nur noch wenige, optisch nicht wahrnehmbare Gase. Der Prozess verläuft wieder endotherm, der Meiler wird durch vollständiges Unterbinden der Luftzufuhr erstickt (THOMMES 1997, 40-41).

Den größten Anteil der entweichenden Stoffe nimmt das vorher im Holz gebundene Wasser ein. Die weiteren bei der Köhlerei entstehende Stoffe, Holzessig, Teer, Terpentin, Holzgeist (eine methylalkoholische Verbindung) und Holzgas haben deutlich geringere Anteile (MEYER 1997, 27).

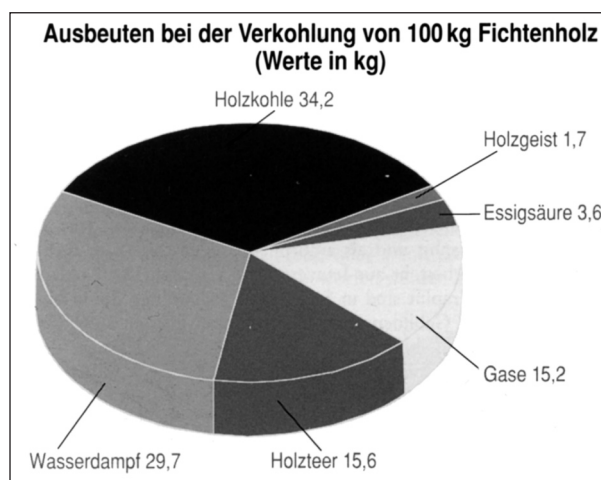


Abb. 19: Anteile der bei der Köhlerei entstehenden Stoffe bei der Verkohlung von Fichtenholz. Bei der Verkohlung von Laubholz ist der Anteil an Holzteer wesentlich geringer (MEYER 1997, 44).

Bis ins 19. Jahrhundert wurde ein Großteil der bei der Holzverkohlung entstehenden Nebenprodukte nicht genutzt, allein für den besonders bei Nadelhölzern austretenden Teer sind Aufnahmemechanismen auch archäologisch belegt (BREINL 1998). Seit etwa 1820 existieren gemauerte Meiler, welche neben der Holzkohleherstellung im großen Stil auch die Destillation der Nebenprodukte Teer, Terpentin und Holzessig zulassen (RADKAU und SCHÄFER 1987, 129).

Die nach dem Verkohlungsprozess entstandene Holzkohle ist durch und durch schwarz, hat beim Aufschlagen auf den Boden einen glas- oder metallartigen Klang, ist sehr leicht und brennt

ohne Flammen- und Rauchentwicklung langsam und gleichmäßig ab. Qualitätvolle Kohle sollte großstückig sein und die Struktur des genutzten Holzes klar erkennen lassen, außerdem wenig abfärben oder stauben (DUHAMEL DU MONCEAU 1962, 8-9; BERG 1860, 54-55; THOMMES 1997, 94-96). Die wichtigsten physikalischen und chemischen Eigenschaften von Holzkohle sind ihre schlechte Wärmeleitfähigkeit, die gute elektrische Leitfähigkeit, das Vermögen, verschiedenste Stoffe zu absorbieren (Aktivkohlefilter) und bei Brand ein stark reduzierendes Milieu zu erzeugen. Die chemische Zusammensetzung (in Gewichtsprozenten) von im Meiler hergestellter Holzkohle beträgt über 93% Kohlenstoff, andere nennenswerte Bestandteile sind Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff (jeweils um 2%) und ein Rest Asche (Meyer 1997, 43). Nach längerem Liegen kann Holzkohle aufgrund der natürlichen Luftfeuchtigkeit größere Mengen Wasser aufnehmen, was an einem funkenreichen Brand zu erkennen ist.

Je nach Holzart sind unterschiedliche Wirkungsgrade zu erreichen. Der Wirkungsgrad der Verkohlung wird in den meisten Werken als Gewichtsrelation von eingesetztem Holz zu gewonnener Kohle angegeben. Theoretisch ist bei der Verkohlung von Nadelholz ein Wirkungsgrad von 35,8% zu erreichen, bei Laubhölzern ist der Wirkungsgrad geringer, er liegt zwischen 23,8% bei Hartholz und 31,8% bei Weichholz. Die Werte beziehen sich auf lufttrockenes Holz mit 11% Wassergehalt (THOMMES 1997, 41). In der Praxis sind die hier angegebenen Wirkungsgrade nicht zu erwarten. Bei der klassischen Köhlerei verbrennt immer ein Teil des eingesetzten Holzes, um den Verkohlungsprozess zu starten, so dass je nach Verfahren ein geringerer Prozentsatz Holzkohle nach dem Verkohlungsprozess zurückbleibt.

Die Köhlerei ist ein schon in der Urgeschichte bekannter Prozess. Spätestens seit dem Aufkommen der ersten Metalle in der Kupfer- und Bronzezeit nutzt der Mensch Holzkohle, um die Erze zu verhütten und die Metalle weiter zu verarbeiten (HILLMER 1999). Möglicherweise sind Köhlereiprozesse sogar seit dem Mesolithikum bekannt, da hier schon Teer beziehungsweise Birkenpech – beides Nebenprodukte der Köhlerei – als Klebemittel genutzt wurden. In der Hallstatt- und Latènezeit (POTT und SPEIER 1993), sowie im klassischen Griechenland und im römischen Reich muss die Holzkohleproduktion aufgrund der vielseitigen Verwendung der Metalle ein wesentlicher Bestandteil der Wirtschaft gewesen sein. Für die vorrömische Eisenzeit beschreibt Theophrast (371-287 v. Chr. zitiert in ERNST 1966, 13; SPRENGEL 1822) den Verkohlungsprozess, im ersten Jahrhundert nach Christi Geburt wird die Verkohlung in stehenden Meilern von PLINIUS (ca. 23-79 n. Chr.; nat. hist. lib. 16, 27-29) beschrieben. Durch das gesamte Mittelalter bis in das 19. Jahrhundert hinein wurde Köhlerei einerseits als professionalisiertes Gewerbe in den Montangebieten und in der Nähe frühindustrieller Anlagen betrieben (BIRINGUCCIO 1540, CARLOWITZ 1713; RADKAU und SCHÄFER 1987 118-129; SCHIRREN 2008), andererseits als bäuerliches Nebengewerbe zur Versorgung der regionalen Abnehmer (ANONYMUS 1795; MAGER 1930, 120-123; GLEITSMANN 1981; 1982; BRÄMER 2001). Bis zur industriellen Revolution deckten allein die Köhlereien den Kohlebedarf für frühe Industrie, Handwerk und Montangewerbe; erst mit zunehmender Verbreitung der Eisenbahn Mitte des 19. Jahrhunderts wurde der Energiebedarf vorrangig durch die Verbrennung von Steinkohle gedeckt (RADKAU u. SCHÄFER 1987, 125, 135).

Erstaunlich ist, dass bereits bei Plinius die verschiedenen Brenneigenschaften von Holzkohlen aus unterschiedlichen Holzarten erwähnt werden. Das Wissen um die verschiedenen Eigenschaften spielt in vielen technischen Werken bis in das 19. Jahrhundert eine bedeutende Rolle und kann über Erfolg und Misserfolg eines Produktionsprozesses entscheiden. Kohlen von Eiche, Buche und Hainbuche sind bei der Eisenverhüttung beliebt (PLINIUS nat. hist. lib. 16, 27), Weichholzkohlen, besonders von Weiden, Pappel und Tannen, aber auch Holzkohlen von Ahorn haben in der Eisenverhüttung einen so großen Verbrauch an Holzkohle zur Folge, dass ihre Verwendung als Verschwendung gelten muss (BIRINGUCCIO 1540, 208-209). Die Kupfermühle bei Flensburg hingegen versuchte explizit, auf die Verwendung von Eichenkohlen zu verzichten (SPECK 1821). Im Silber- und Goldschmiedehandwerk eignen sich Birkenkohlen nicht (BIRINGUCCIO 1540, 208-209), ansonsten ist Birken-, Erlen- und Ahornholz vielseitig verwendbar (THOMMES 1997, 95). Allgemein unbeliebt waren schlecht gebrannte oder funkende Kohlen (CARLOWITZ 1723, 391). Die für andere Zwecke wenig taugliche Faulbaumkohle wurde schon im 17. Jahrhundert in Frankreich zur Schießpulverherstellung genutzt (ANONYMUS 1820). Widersprüchlich sind die Angaben über den idealen Wassergehalt des Kohlholzes vor der Verkohlung. Während CARLOWITZ (1713, 391) hervorhebt, dass die besten Verkohlungsergebnisse mit noch grünem Stockholz zu erzielen seien, besteht der anonyme Autor (1820) auf die Verwendung von gut getrocknetem Holz. In vielen der zitierten historischen Werke zur Köhlerei wird die Verwendung junger Stämme oder Stockhölzer als positiv hervorgehoben, da die Kohlen meist großstückiger sind und weniger zum Bröckeln neigen (vergl. RADKAU und SCHÄFER 1987, 127).

5.1.1 Produktionsabläufe unterschiedlicher Köhlereiverfahren

In der historischen Literatur zum Verkohlen des Holzes wird auf dreierlei Dinge eingegangen: auf die Anlage und Beschaffenheit der Meilerstelle, auf die Auswahl des Holzes beziehungsweise auf den Betrieb des Waldes und den eigentlichen Köhlereiprozess, das Aufbauen und Betreiben des Meilers. Dieser Einteilung der Produktionsabläufe wird auch in dieser Arbeit gefolgt.

Zur Herstellung von Holzkohle unterscheidet man im Wesentlichen vier Verfahren.

Offene Verkohlung

Das einfachste und ineffektivste Verfahren ist das Ablöschen einer Feuerstelle mit Sand und Wasser, wobei das nicht vollständig verbrannte Holz als Holzkohle übrig bleibt. Dieses Verfahren wird offene oder afrikanische Verkohlung genannt, da sie einigenorts in Afrika praktiziert wird (AVERY und SCHMIDT 1979, 17). Der Wirkungsgrad dieses Verkohlungsverfahrens ist sehr gering und bei etwa 10 % Kohlegewicht im Vergleich zum genutzten Holzgewicht anzusetzen (THOMMES 1997, 103). Archäologisch ist diese Form der Holzkohleherstellung nicht von einer gewöhnlichen Feuerstelle zu unterscheiden, im europäische Mittelalter ist diese Technologie

nach bisherigem Stand der Forschung nicht zur intentionellen Herstellung von Holzkohle verwendet worden. Lediglich DUHAMEL DU MONCEAU (1762, 4-6) nennt eine Variante dieser Methode, *Löschkohlen* zu erzeugen. Hierbei geht er vorrangig auf die Brandrückstände aus Bäckeröfen ein, die nach dem Auskehren des Ofens in Eisenwannen erstickt werden. Er hebt ebenfalls die geringe Effektivität und die schlechte Kohlenqualität dieses Verfahrens hervor. Es handelt sich bei dem Vorgehen jedoch nur um einen Vorschlag, Brennstoff zu sparen, nicht jedoch um eine regelhafte Möglichkeit der Holzkohleherstellung für Großverbraucher.

Grubenverkohlung

Bedeutender und weitaus besser archäologisch fassbar ist die Verkohlung in Gruben. Grubenmeiler sind seit der Bronzezeit, vermehrt aus der Eisenzeit (HOLSTEN u. a. 1991, 378-381; THOMMES 1997, 76) bekannt und treten in Eisenverhüttungskontexten bis in das Mittelalter auf. Als mittelalterliche Beispiele seien hier der Grubenmeiler im Eisenverhüttungsrevier Handewitt (Kreis Schleswig-Flensburg, Schleswig-Holstein; HINGST 1974, 152-153) und die Grubenmeiler im Eisenverhüttungsrevier Diezhölzetal (Lahn-Dill Kreis, Hessen; JOCKENHÖVEL und WILLMS 2005, 381) erwähnt. THOMMES (1997, 72-74) unterscheidet wannenförmige und schachtförmige Grubenmeiler. Die Größe der archäologisch nachgewiesenen Meilergruben ist überschaubar, wannenförmige Meiler sind selten größer als 2 m x 1 m x 0,5 m, schachtförmige Meiler selten tiefer als 2m. Ethnologische Vergleiche aus dem Iran belegen einen Grubenhinhalt von 10m³, allerdings sind solch große Grubenmeiler archäologisch in Mitteleuropa bislang nicht nachgewiesen worden (THOMMES 1997, 73). In der *Pyrotechnia* von Biringuccio (1540, 213) ist ein Grubenmeiler abgebildet, der zur Verkohlung von Stubben genutzt wird. Trotz der vergleichsweise geringen Effektivität von Grubenmeilern, die in der Regel von knapp 8% bis maximal 17% angegeben ist (THOMMES 1997, 100), muss von einer Verwendung dieses Meilertyps bis in die frühe Neuzeit ausgegangen werden. Unterstrichen wird diese These durch eine Phrase in der „Gräflichen Hohenlohischen Jagd- und Forstordnung de [sic] 1579, Tit. 31“ (zitiert in BERG 1860, 4-5).

Hier heißt es, „*dass kein Kohlenbrenner hinfürter seine Gruben oder Bratten darauf er die Kohlen brennen will für sich selbst, nach seiner Gelegenheit etc., sondern auf Anweisung der Forstbedienten machen soll*“. Auch bei CARLOWITZ (1713, 391) findet sich ein Zitat, dass die Verwendung von Kohlgruben noch im 18. Jahrhundert bestätigt: „*Wenn die Meuler-Köhler das große Holz in einer Revier verkohlet, sollen die Gruben- und andere Köhler nachfolgen/ und die Aeste und Reisig so die erstern liegen lassen/ mit aufräumen und verkohlen...*“

Die Grubenköhlerei hatte also durchaus neben der Köhlerei in stehenden Meilern Bestand.

Aufgrund der seit dem Mittelalter geringeren Bedeutung wird auch in der historischen Literatur die Grubenköhlerei nur am Rande behandelt (BERG 1860, 3-4; 89-92). Die ausführlichste Beschreibung der mittelalterlichen Grubenverkohlung stellte F.-J. ERNST (1966, 13) aus den Beschreibungen von Theophrast und Biringuccio zusammen. Hierbei wird die Grube von 1 ½ Ellen Durchmesser und Tiefe mit Birkenwurzeln, Kleinholz, Kastanien oder anderem Holz

gefüllt. In der Mitte der Grube bleibt ein Schacht frei, durch den der Grubenmeiler später entzündet wird. Das eingestellte Holz wird mit Farnkraut und erdfeuchtem Boden bedeckt und festgestampft. In diese Abdeckung werden einige Löcher zum Abzug der Holzgase eingestochen. Über den freiliegenden Schacht wird der Meiler durch Einfüllen von Glut und brennendem Holz entzündet. Wenn sich das Feuer überall hin verbreitet hat, wird der Schacht verschlossen. Die aus der Grubenabdeckung austretenden Gase ändern ihre Farbe von weiß über gelb zu blau. Wenn die Gase klar werden, ist die Verkohlung abgeschlossen und das Feuer wird durch Verschließen der Rauchöffnungen erstickt. Nach Erkalten der Glut kann die Grube zum Entnehmen der Holzkohle geöffnet werden. Ein Brand im Grubenmeiler ist bereits nach 10 bis 12 Stunden abgeschlossen.

Für die Zeit des 19. Jahrhunderts beschreibt BERG (1860, 89-92) die Grubenverkohlung als weniger ertragreich als die Verkohlung in stehenden Meilern, weshalb zu seiner Zeit nur gebündeltes Kleinholz von Zweigen und Ästen zur Grubenköhlerei verwendet wird. Das bei Berg beschriebene Verfahren unterscheidet sich von dem bei ERNST (1966) geschilderten dadurch, dass nicht die ganze Grube mit Holz gefüllt wird, sondern erst nach Anbrennen jedes einzelnen Holzbündels die Grube weiter gefüllt wird. Die Grube wird mit Rasensoden abgedeckt, wenn die Holzfüllung den oberen Rand erreicht. Die Verkohlungsdauer beträgt zwischen 24 und 36 Stunden.

Ethnografische Beobachtungen aus Afrika zeigen zwei nochmals leicht variierende Produktionsverfahren. In flachen Meilergruben wird das eingelegte Holz entzündet und erst nach kräftigem Anbrennen abgedeckt, bei tiefen Gruben wird die Meilercharge auf ein bereits bestehendes Feuer gestellt und ebenfalls erst nach deutlicher Flammenentwicklung verschlossen (HOLSTEN u. a. 1991, 367). Undokumentierte Versuche auf dem Gelände der rekonstruierten Turmhügelburg in Lütjenburg zur Technologie der Grubenköhlerei zeigten, dass bei einer vorherigen Abdeckung des Grubenmeilers das Feuer durch mangelnde Luftzufuhr erstickt. Die Maße der Grube entsprachen denen der Beschreibung von ERNST (1966; 70 cm Tiefe, 70 cm Durchmesser), es wurde Wurzelholz und Kleinholz von Birken eingestellt. Aufgrund der ethnografischen Parallelen, bei denen die Abdeckung der Meilergrube erst nach dem Entzünden vorgenommen wird, steht zu bezweifeln, dass eine so frühe Abdeckung der Meilergrube, wie Ernst sie beschreibt, zum gewünschten Erfolg führt.

Allen Beschreibungen der Grubenköhlerei ist gemein, dass sie eine geringe Kohlenausbeute im Vergleich zum eingesetzten Holz liefert und dass die Kohlen eine mindere Qualität haben. Als deutlicher Nachteil wird außerdem die fehlende Kontrollierbarkeit des Brandes durch Zuglöcher (Räume) genannt.

Stehende Meiler

Die Köhlerei in stehenden Meilern scheint eine bis in die Antike zurückreichende Tradition zu haben, sowohl Theophrast (zitiert in F.-J. ERNST 1966, 13) als auch PLINIUS (nat. hist. lib. 16, 27-29) beschreiben einen Köhlereivorgang, der nur als Verkohlung in stehenden Meilern verstanden werden kann. In Nord- und Mitteleuropa fehlen aus dieser Zeit Befunde der

Köhlerei in stehenden Meilern, erst ab dem Hochmittelalter setzt sich die effektivere Form des Standmeilers durch (vergl. THOMMES 1997, 69-72 und 74-80). Deutlich genauer als die antiken Quellen sind die Darstellungen der Meilerköhlerei ab dem 16. Jahrhundert, in verschiedenen Werken zum Bergbau und zur Forstwirtschaft wird bis ins Detail auf den Ablauf der Köhlerei eingegangen (BIRINGUCCIO 1540; CARLOWITZ 1713; DUHAMEL DU MONCEAU 1762; ZANGER 1773; AF UHR 1820; BERG 1860, ENDRES 1888). Für den in dieser Arbeit betrachteten Zeitabschnitt sind Standmeiler die weiter verbreitete Meilerform, Grubenmeiler scheinen weniger gängig gewesen zu sein. Bei der Meilerköhlerei wird das Holz auf einer zuerst angelegten Kohlplatte möglichst eng aufgeschichtet und mit Soden, Erde und „Lösch“ (einigenorts auch „Gestübe“ genannt, gemeint ist holzkohle- und aschehaltige Erde von vorangegangenen Meilerbränden) bedeckt, wobei die Anlage der Kohlplatte und der Aufbau des Meilers im Detail regionalen Unterschieden unterworfen sind. Die Meilergrößen sind sehr variabel, sowohl aus archäologischen Befunden als auch aus der historischen Literatur sind Meilergrößen zwischen 4 m und 12 m Durchmesser belegt (CARLOWITZ 1713, 383-385; DUHAMEL DU MONCEAU 1762, 18; ANONYMUS 1820; ZEIDLER 1972; HOLSTEN u. a. 1991, 378-381; HILLMER 1999, 9-10; PAYSSEN 2007a, 96; SCHIRREN 2008).

Die Meilerköhlerei beginnt mit der Anlage einer Kohlplatte. Hierzu wird ein kreisrunder Platz abgesteckt, von Holz, Steinen und Wurzelwerk befreit und eingeebnet. In bergigem Gelände wird für die Kohlplatte eine Terrasse im Hang angelegt (HILLEBRECHT 1982; THOMMES 1998, 44-46; NELLE 2002, 197). Individuell unterschiedlich ist die Gestaltung der Brandfläche, sie kann als flache Mulde (PAYSSEN 2007a, 96; MEYER 1997, 29), ebene Fläche (THOMMES 1997, 42-43; DUHAMEL DU MONCEAU 1782, 18) oder zur Mitte leicht ansteigend ausgeprägt sein (THOMMES 1997, 42-43; HILLMER 1999, 9-10). Der Boden sollte trocken, locker und durchlässig sein, um die bei der Verkohlung entstehenden Destillate aufnehmen zu können und für eine gleichmäßige Belüftung des Meilers zu sorgen (THOMMES 1997, 42-43). Weitere Standortbedingungen für eine Köhlerstelle sind der Zugang zu Wasser zum Ablöschen der Kohlen sowie eine windgeschützte Lage, um ein unkontrolliertes Abbrennen des Meilers zu vermeiden (HILLMER 1999, 9-10).

Aufgrund des ungleich geringeren Transportgewichtes ist bei der Meilerverkohlung eher von einem Holzkohlentransport zum Endverbraucher als von einem Kohlholztransport zur Meilerstelle auszugehen. Die Meilerstellen befanden sich somit aller Wahrscheinlichkeit nach direkt in den von den Köhlern genutzten Waldgebieten (vergl. BERG 1860, 9).

Als Holzcharge für einen stehenden Meiler kommt nahezu jedes Holz in Betracht, jedoch ist für einen gleichmäßigen Brand zu beachten, dass die Hölzer ähnliche Verkohleigenschaften haben sollten. So sollte Nadelholz nicht mit Laubholz in einem Meiler gemischt werden, ebenso wenig sollten hartes und weiches Laubholz gleichzeitig einer Verkohlung zugeführt werden (BERG 1860, 106; HILLMER 1999, 8). In einigen Werken zur Köhlerei wird die bevorzugte Verwendung von Jungwüchsen oder Stockholz hervorgehoben, da die Kohle von einer besonders guten Qualität sein soll und besonders die Stockhölzer schnell nachwachsen

und einen vergleichsweise einheitlichen Durchmesser haben (PLINIUS nat. hist. lib. 16, 27; CARLOWITZ 1713, RADKAU und SCHÄFER 1987, 127; HILLMER 1999, 9). Auch für die Köhlerei in Schleswig-Holstein wird die Nutzung von im Umtrieb gezogenen Weichhölzern zumindest für das ausgehende 19. Jahrhundert in Augenzeugenberichten beschrieben (SIEVERS 1959, 66).

Vor Aufschichtung des eigentlichen Meilers wird auf der Kohlplatte ein Rost oder Gebrück aus radialen Balken und darüber liegenden langen, dünnen Ästen errichtet. Dieses sorgt für einen gleichmäßigen Luftzug unter dem Meiler und wirkt einem eventuellen Einsinken des Meilers entgegen (THOMMES 1997, 43). In der Mitte der Rostkonstruktion wird nun der Quandelschacht errichtet. Er dient zum späteren Anzünden des Meilers. Zum Errichten des Quandels gibt es ebenfalls verschiedene Verfahren. Bei einer Verwendung von krummem, knüppeligem Holz oder gespaltenen Scheiten werden kurze Holzscheite blockhausähnlich übereinander geschichtet, bei einer Verwendung von gerade gewachsenem Stockholz oder Nadelhölzern kann der Quandel durch einen einzelnen Pfahl gebildet werden, der vor dem Entzünden des Meilers herausgezogen wird und so einen Schacht zum Anzünden der Charge hinterlässt (THOMMES 1997, 49-52, DU HAMEL DU MONCEAU 1762, 38, 45; CARLOWITZ 1713, 384; SIEVERS 1959, 67).

Die Meilercharge wird konzentrisch in zwei bis drei Stockwerken so eng wie möglich um den Quandel eingestellt, bis der Meiler eine gleichmäßige Kuppelgestalt annimmt. Das Kohlholz wird meist in drei bis dreieinhalb Fuß Länge zugerichtet, so dass jedes Stockwerk eine Höhe von etwa einem Meter erreicht (DU HAMEL DU MONCEAU 1762, 14). Der Meilerdurchmesser ist dadurch nahezu beliebig, die Meilerhöhe selten über etwa 3 m. Hölzer unter 10 cm Durchmesser können ungespalten als Kohlholz erhalten, dickere Stämme müssen vor dem Verkohlen gespalten werden, damit sie gleichmäßig verkohlen. Die einzelnen Scheite sollten auch in gespaltenem Zustand eine Breite von 35 cm nicht überschreiten, da ein unregelmäßiger Brand entstehen würde. Dickere Scheite sollten in die Mitte des Meilers gestellt werden, dünnere Scheite schließen die Lücken und bilden die äußeren Lagen des Meilers. Je trockener die Witterung ist, desto flacher muss das Holz eingestellt werden, damit die spätere Meilerabdeckung nicht abrutscht (THOMMES 1997, 52-53).

Die Meilerabdeckung besteht aus zwei Schichten, dem Gründach und dem Erddach und bedeckt den ganzen Meiler mit Ausnahme der Quandelschachtöffnung in der Meilerspitze. Das Gründach ist eine Schicht aus organischem Material, die das Einsinken des Erddaches verhindert. Es kann je nach Verfügbarkeit aus Nadelholzzweigen, Moos, Farnkraut, Reisig oder Stroh bestehen. Das Erddach besteht meist aus Rasen-, Blaubeer- oder Heidekrautsoden sowie der Kohlerde oder Lösche (bzw. dem Gestübe) von vorangegangenen Meilerbränden. Mitunter sind die Soden so fest, dass auf ein Gründach verzichtet werden kann, die Rasenseite der Soden liegt in diesem Fall der Meilerinnenseite zugekehrt (THOMMES 1997, 53-54). Ist ausreichend Lösche vorhanden, kann das Erddach auch allein aus der Lösche hergestellt werden. Plinius beschreibt alternativ eine Meilerabdeckung aus Lehm oder Ton (PLINIUS nat. hist. lib. 16, 29). Eine gut gepackte Meilerabdeckung verhindert, dass zu viel Sauerstoff in

das Innere des Meilers vordringen kann, so dass keine vollständige Verbrennung des Holzes stattfindet, sondern Holzkohle entsteht.

Der Betrieb des Meilers beginnt mit dem Anzünden des Quandels. Auch hier gibt es verschiedene Traditionen, wie dieses geschehen kann. Eine Möglichkeit ist das Entzünden des Quandels von unten durch eine Zündgasse, wobei ein brennender Lappen an einer langen Stange in das Zentrum des Meilers geschoben wird und eine Reisigfüllung im Quandelschacht entzündet, die andere Möglichkeit ist das Auffüllen des Quandelschachtes mit Glut oder brennendem Holz (CARLOWITZ 1713, 385 und 388; THOMMES 1997, 48-52). Bei beiden Varianten muss der Quandel über eine längere Zeit mit Brennholz befüllt werden, bis der Meiler sicher in Brand geraten ist. Erst jetzt kann auch der Quandelschacht abgedeckt werden. Ein sicheres Zeichen, dass die Verkohlung begonnen hat ist das sogenannte „Stoßen“ des Meilers: Durch die starke Erwärmung kommt es zu Holzgasverpuffungen, die bei einer zu kräftigen Meilerabdeckung zur Explosion des Meilers führen können (THOMMES 1997, 59; CARLOWITZ 1713, 386). An der Spitze sowie am Fuß des Meilers werden einzelne Löcher - in der Köhlerei „Räume“, „Plätze“ oder „Zuglöcher“ genannt - eingestochen, mit denen das Feuer im Meiler reguliert werden kann. Die aus den oberen Räumen austretenden Abgase zeigen deutlich den Fortschritt der Verkohlung an. Zuerst ist der Rauch gelblich-weiß, es tritt vorrangig Wasserdampf aus, Teer kondensiert deutlich sichtbar an den Fasern des Gründaches. Eine zunehmende Blaufärbung der Abgase zeigt den Beginn der zweiten Verkohlungsphase an. Spätestens zu diesem Zeitpunkt muss mit einer deutlichen Sackung des Meilers gerechnet werden. Oft bricht der Meiler stellenweise an der windzugewandten Seite ein, da der Brand zu der Seite des zugeführten Sauerstoffs wandert (SIEVERS 1959, 67; CARLOWITZ 1713, 386-387). Wenn mit fortschreitendem Verlauf der Verkohlung die Abgase immer durchsichtiger werden, werden die Räume weiter nach unten verlagert, um das Feuer auch in die unteren Bereiche des Meilers zu ziehen (THOMMES 1997, 57). Bei jeder Verlagerung der Zuglöcher wiederholt sich der Wechsel der Rauchfarben, der Meiler verkohlt von oben nach unten. Ziel dieses Vorgehens ist ein möglichst langsamer und kontrollierbarer Verkohlungsprozess entgegen der natürlichen Brandrichtung von unten nach oben. Während des ganzen Prozesses muss auf eine stetige Abdeckung des Meilers geachtet werden, um eine zu heftige Luftzufuhr zu unterbinden. Durch Sackungen entstandene Risse müssen so schnell wie möglich mit Lösche oder Soden bedeckt werden, größere Einbrüche müssen vorher oftmals noch mit Kleinholz aufgefüllt werden (THOMMES 1997, 58; CARLOWITZ 1713, 387).

Nach einigen Tagen bis Wochen, abhängig von der Meilergröße und der Witterung, ist die Verkohlung abgeschlossen. Alle Räume werden nun geschlossen und der Meiler beginnt langsam auszukühlen. Der Meiler wird nun, da er ausgebrannt ist, *Stück* genannt, der Prozess des Auskühlens wird als *Garen* bezeichnet. Zur bessern Abdichtung wird die Meilerdecke oft noch mit Wasser besprengt und mit einem Holzhammer verdichtet. Teilweise rieselt die Erdabdeckung durch die verkohlten Reste des Gründaches und erstickt die Glut im inneren

des Meilers (BERG 1860, 159). Der Meiler ist etwa auf die Hälfte des ursprünglichen Volumens zusammengeschrumpft (DUHAMEL DU MONCEAU 1762, 29).

Das Ausnehmen der Holzkohle beginnt mit der Öffnung der Meilerabdeckung. Der Zeitpunkt, an dem dieses geschehen soll, wird nicht in allen Werken angegeben, THOMMES (1997, 60) und BERG (1860, 160) beschreiben die Öffnung vor der Morgendämmerung, da in der Dunkelheit die in der Kohle bestehenden Glutnester weitaus besser als bei Tageslicht zu sehen sind. Nachdem die Abdeckung an einer Stelle des Meilers entfernt wurde, wird die Kohle mit einem Rechen, einer Forke oder einer Schaufel ausgezogen und zum Abkühlen ausgebreitet. Glutnester werden mit Wasser abgelöscht oder mit Lösche erstickt (CARLOWITZ 1713, 189 und 391, KLEIN 1836, 68-69). Ein zu zeitiges Aufhäufen oder Verpacken der Kohle kann zur Selbstentzündung führen, weshalb die Kohlen mindestens 12 Stunden auskühlen sollten. Zu kleinstückige Kohle verbleibt im Meiler und wird unter die Lösche gemischt (THOMMES 1997, 60-61).

Diese Form der Holzkohleherstellung hat sich bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts nur wenig geändert, sowohl im Harz als auch in Franken und Mecklenburg gibt es noch gewerbsmäßig betriebene Köhlereien, die zumindest gelegentlich noch mit Standmeilern arbeiten (MEYER 1997). Die Effektivität eines stehenden Meilers variiert zwischen 12% und 30%, allerdings kann bei Laubhölzern eine Kohlenausbeute von 21% - 22% des eingestellten Holzgewichtes aufgrund vieler Experimente als Durchschnitt angegeben werden (THOMMES 1997, 101-102; eigene Experimente in Kapitel 4.10).

Retortenköhlerei

Als viertes, auch schon seit dem späten Mittelalter betriebenes Verfahren, ist die Retortenköhlerei zu nennen. Hierbei wird die Verkohlung in einem meist gemauerten Behälter vorgenommen, der auf unterschiedliche Weise konstruiert werden kann. Der Vorteil dieses Verfahrens ist der vergleichsweise geringe Arbeitsaufwand, da die Meilerabdeckung nicht bei jedem Meilerbrand neu errichtet werden muss, der daraus resultierende Nachteil ist der teilweise weite Transportweg des Kohlholzes. Die Retortenköhlerei spielte aufgrund ihrer Standortbindung vor dem 19. Jahrhundert eine geringe Rolle, erst mit der Erfindung der beweglichen Retorte aus Stahlblechen wurde die Retortenköhlerei während des 20. Jahrhunderts zum vorrangig verwendeten Verfahren (HILLMER 1999). Im Mittelalter selbst wurde die Retorte für die Herstellung kleiner Kohlechargen im medizinischen oder alchemistischen Bereich verwendet. Sie findet gelegentliche Erwähnung in alchemistischen Werken (JOHANNSEN 1941), der *de la pyrotechnia* von BIRINGUCCIO (1540) und der *ars vitraria experimentalis* von KUNCKEL (1679).

5.1.2 Archäologische Überlieferung von Meilerplätzen

Während Befunde von Grubenmeilern häufiger im Kontext ur- und frühgeschichtlicher Siedlungen oder Verhüttungsplätzen auftreten (HINGST 1974; HOLSTEN u. a. 1991, 378-381), ist die archäologische Überlieferung von Platzmeilern vor allem aus dem Mittelgebirgsraum belegt (JOCKENHÖVEL und WILLMS 2005, 89; LUDEMANN 2008, 87). Hierfür gibt es mehrere Ursachen. Zum einen machte die oftmals starke Hangneigung dieser Regionen – damals wie heute – den Ackerbau oder eine sonstige landwirtschaftliche Nutzung schwierig, so dass sich ein Großteil der Landwirtschaft auf die Tallagen und das Flachland beschränkte. In den bewaldeten Bergregionen hingegen siedelten sich im Laufe des Hochmittelalters verschiedene Gewerke mit erhöhtem Holzverbrauch an und nutzten das Holz, welches sie in den dichter besiedelten Regionen nicht mehr in den benötigten Mengen vorfinden konnten. Da ein Großteil der Metall verarbeitenden Montanbetriebe nicht das Holz selbst, sondern Holzkohle verwendeten, finden sich in den Mittelgebirgen unzählige Meilerstellen unterschiedlichster Datierung, welche die Holzkohle zum Schmelzen der Bergerze lieferten (HILLEBRECHT 1982; NELLE 2002; LUDEMANN und NELLE 2002, LUDEMANN 1996). Zu dem weitaus größeren Holzkohlebedarf durch die aufkommende Metallindustrie, der die Anlage vielzähliger Meilerstellen nach sich zog, konnten sich die einstmals angelegten Meilerstellen gut als Bodendenkmal erhalten, da Meilerstellen des Mittelalters und der frühen Neuzeit bis heute nicht vom Ackerbau oder von sonstigen Geländeingriffen überprägt wurden.

Ein weiterer Grund für die umfangreichere archäologische Dokumentation der Köhlerei in den Mittelgebirgen ist die deutliche Sichtbarkeit einer Meilerstelle in Hanglage. Da für den Meilerbetrieb eine ebene Fläche notwendig ist, war es an vielen Orten nötig, eine Terrasse anzulegen, auf der der Meiler stehen konnte (vergl. CARLOWITZ 1713, 383; THOMMES 1997, 66-72). Diese Terrassen zeichnen sich deutlich in den Hängen ab, so dass eine Meilerstelle durch eine Oberflächenprospektion oder Laserscanauswertung vergleichsweise leicht entdeckt werden kann (JOCKENHÖVEL und WILLMS 2005, 89; THOMMES 1997, 64; T. Ludemann, mündliche Mitteilung September 2008). An verschiedenen Meilerstellen im Harz (HILLEBRECHT 1982), im Bayerischen Wald (NELLE 2002; RÜTHER und NELLE 2006) und im Schwarzwald (LUDEMANN und NELLE 2002) wurden bereits anthrakologische Untersuchungen durchgeführt, so dass aus diesen Regionen bereits erste Aussagen über die langfristige Auswirkung der Köhlerei auf den Waldbestand getroffen werden können.

Im Flachland sind die archäologischen Überlieferungsbedingungen deutlich schlechter als in den Mittelgebirgsregionen. Zum einen kann davon ausgegangen werden, dass der Bedarf an Holzkohle nicht so groß war wie in den Montangebieten, so dass insgesamt weniger Meilerstellen vorhanden sind, zum anderen wurden durch die weitgehende landwirtschaftliche Nutzung der Norddeutschen Tiefebene viele Meilerstellen in ehemaligen Waldgebieten zerstört. Trotzdem sind einige Fundkomplexe bekannt, auf denen sich mehrere Meilerstellen befinden. Zu nennen seien über 300 Meilerstellen in der Wietzeniederung bei Isernhagen

(Kreis Burgdorf, Niedersachsen) (SCHULZ 1972; 1973), eine Gruppe von drei Meilern bei Hintersee (Kreis Uecker-Radow, Mecklenburg-Vorpommern; SCHIRREN 2007) sowie einige hundert Kohlenmeiler, die im Zuge des Braunkohletagebaus bei Peitz und Jänschwalde (Spree-Neiße Kreis, Brandenburg; LIPSDORF 2000; RÖSLER 2008) archäologisch untersucht wurden. Ähnlich wie in den Mittelgebirgsregionen kann bei den großen Meileransammlungen ein industrieller Kontext angenommen werden.

Die Meilerstellen in der Wietzeniederung sind im Rahmen der Ausgrabung der ebenfalls dort vorhandenen Eisenverhüttungsanlagen untersucht worden. Die Eisenverhüttungsanlagen wurden anhand der auftretenden Keramik in das 13. bis 16. Jahrhundert datiert, für die Meilerstellen wurde ein ähnliches Alter angenommen. Naturwissenschaftliche Datierungen sind nicht durchgeführt worden (SCHULZ 1972; 1973; ZEIDLER 1972). Durch die großflächige Störung des Oberbodens, bedingt durch ackerbauliche Maßnahmen konnte die Größe und die Befundsituation der Holzkohlenmeiler nicht eindeutig bestimmt werden, sie zeichnen sich nur als holzkohlreiche Linsen von mehreren Metern Durchmesser im Boden ab. Durch H. ZEIDLER (1972) wurden neben zwei Eisenverhüttungsplätzen 25 Meilerstellen anthrakologisch untersucht. Die Größe der Meilerstellen variierte meist zwischen 3-6 m, selten über 11-15 m (SCHULZ 1972, 313 und 319). Es wurden 490 Holzkohlestücke analysiert, die einzelnen nachgewiesenen Arten hatten unterschiedliche Anteile an der Gesamtverteilung. So entfielen 23% auf die Birke (*Betula*), 20% auf Erle (*Alnus*), 14% auf Hasel (*Corylus*), 12% auf Hainbuche (*Carpinus*), 12% auf Eiche (*Quercus*), 4% auf Kiefer (*Pinus*), 4% auf Weide (*Salix*), 4% auf Pappel (*Populus*), 2% auf Ulme (*Ulmus*) und jeweils etwa 1% auf Esche (*Fraxinus*), Linde (*Tilia*), Vogelbeere (*Sorbus*), Ahorn (*Acer*) und Kreuzdorn (*Rhamnus*). Zeidler interpretiert diese Waldzusammensetzung als feuchten, stark durch den Einfluss der Eisenverhüttung aufgelichteten Wald, der den Bruchbereich und die etwas trockeneren, sandigen Lagen beidseits des Wietzgrundes bedeckte. Holztransporte über weitere Strecken sind nicht anzunehmen.

Die vermutlich neuzeitlichen Meilerstellen im Spree-Neiße Kreis (Brandenburg) stehen aller Wahrscheinlichkeit nach in Verbindung mit dem nahe gelegenen Eisenhüttenwerk Peitz. Das Werk produzierte vom 16. Jahrhundert bis 1858 Eisen auf der Basis von Holzkohle. Aufgrund des Braunkohletagebaus in der Region Jänschwalde wurden im Vorfeld größere Flächen offen gelegt und archäologisch untersucht. Von über 200 registrierten Meilerstellen wurden 107 näher untersucht. Die Meiler zeichneten sich im hellen Sandboden als kreisförmige bis ovale, mit Kohle gefüllte Gräben von Durchmessern zwischen 3 m und über 20 m ab. Im Profil ist zu erkennen, dass es sich um Platzmeiler handelt, bei denen die Kohlplatte zur Mitte hin leicht ansteigt (RÖSLER 2008). Die räumliche Dichte sowie die Größe der meisten bislang untersuchten Meilerstellen von meist 8 m und mehr machen eine vorwiegend industrielle Nutzung wahrscheinlich. Vermutlich sind ganze Waldstriche zur Köhlerei freigegeben worden, da sich die Verbreitung der Meilerstellen in einigen Gebieten streng nach den bestehenden Flur- und Gemeindegrenzen richtet (LIPSDORF 2000, 215, vergl. Abb. 20).

Während einige im Wald befindliche Meilerstellen obertägig als flach gewölbte Hügel zu erkennen waren, waren freiliegende Meilerstellen teils von meterhohen Sanddünen überlagert und wurden nur aufgrund der großflächigen Erdarbeiten entdeckt. An einem Holzkohlestück aus einem der überdeckten Meiler ließ sich das dendrochronologische Datum 1850 gewinnen, womit die industrielle Bedeutung der Holzkohle bis in die Industrielle Revolution hinein deutlich wird. Die Befundsituation spricht dafür, dass es durch die übermäßige Waldnutzung zur Versorgung der Eisenhütte Peitz zur Entwaldung und zu Sandverwehungen kam, welche die geöffneten Flächen überdeckten. Nur in Gebieten mit noch bestehender Waldbedeckung blieb die ehemalige Bodenoberfläche konstant, so dass die Meilerbefunde obertägig sichtbar blieben. Bei einigen Meilerstellen in unmittelbarer Nähe der Ortschaft Horno konnten in und neben den Meilerstellen die Befunde von Gruben und Rinnen dokumentiert werden (LIPSDORF 2000, 219-220). Während die Gruben innerhalb der Meilerstelle als Standloch für den Quandelpfahl interpretiert werden, könnten die Gräben und Gruben außerhalb der Meilerstelle Belüftungskanäle oder Einrichtungen zur Teergewinnung gewesen sein. Die schon an früherer Stelle zitierten Werke zur Köhlerei in stehenden Meilern geben jedoch keinen Hinweis auf die Funktionsweise solcher Einrichtungen.

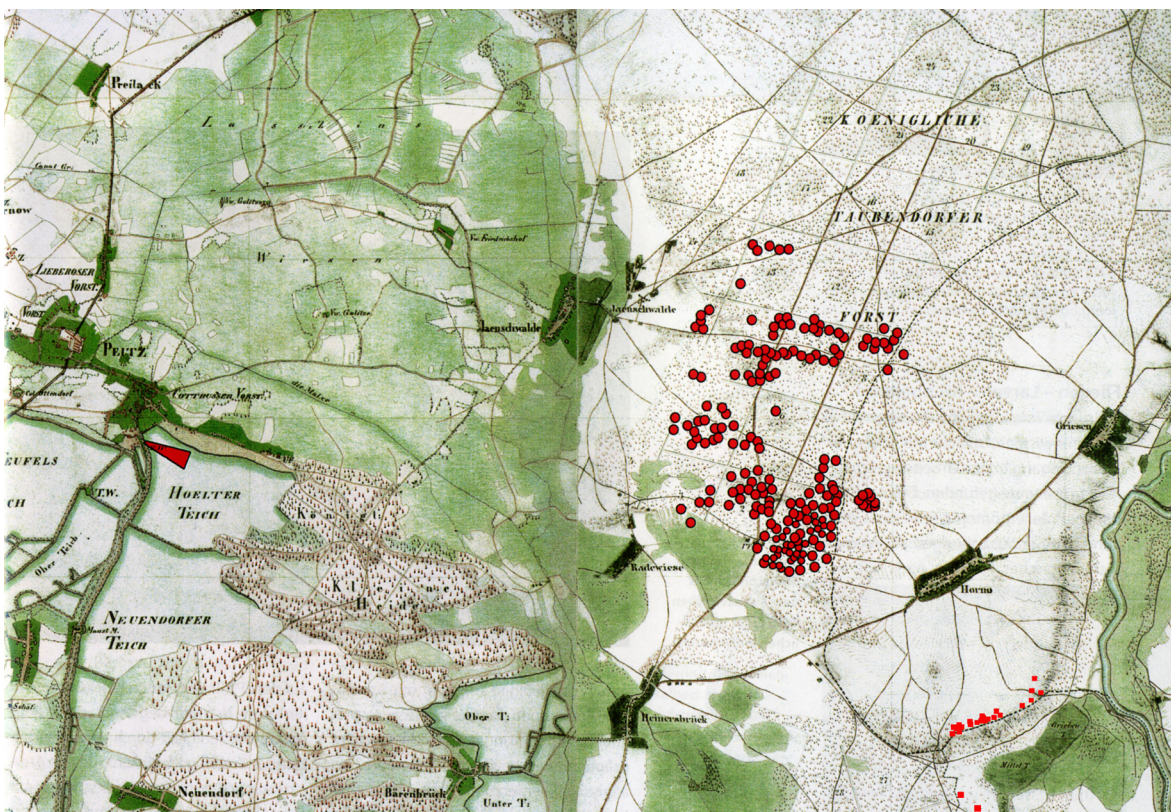


Abb. 20: Meilerstellen beim Eisenhüttenwerk Peitz in Brandenburg
(Karte nach RÖSLER 2008 ergänzt durch LIPSDORF 2000, 215)

Außer dem erwähnten dendrochronologischen Datum gibt es kaum archäologische Hinweise auf die Datierung der Meilerstellen. Einer der Meiler bei Horno wird von einem vermutlich mittelalterlichen Pflughorizont gestört, so dass insgesamt von einer mittelalterlichen bis

neuzeitlichen Nutzung auszugehen ist. Anthrakologische Untersuchungen an der Holzkohle so wie Radiokarbondatierungen wurden nicht durchgeführt, so dass wenig über die Datierungen der einzelnen Meilerstellen beziehungsweise über die Auswirkungen der Köhlerei auf die Vegetationszusammensetzung im Zuge der Eisenverhüttung in Peitz ausgesagt werden kann. Allein aus historischer Überlieferung ist bekannt, dass die ehemaligen Eichenwälder der Peitzer Heide um etwa 1600 einem Kiefernbestand wichen (LIPSDORF 2000, 221).

In Schleswig-Holstein sind bis in die jüngste Vergangenheit so gut wie keine Meilerstellen bekannt gewesen. Neben einer Erwähnung in der unpublizierten Landesaufnahme im archäologischen Landesamt Schleswig-Holstein brachten erst die Forschungen von V. ARNOLD (2006) im Riesewohld (Kreis Dithmarschen) und Y. EHLERS (2006) im Raum Bargstedt (Kreis Rendsburg-Eckernförde) erste Relikte der Köhlerei in den Fokus archäologisch-botanischer Untersuchungen. Es fanden keine Ausgrabungen statt, wohl aber detaillierte anthrakologische Untersuchung anhand des Holzkohlematerials im Boden.

Im Riesewohld (Kreis Dithmarschen) sind zwei Bereiche bekannt, in denen Köhlerei ausgeübt wurde. Drei als Standmeiler anzusprechende Meilerplätze befinden sich in dem zu Odderade gehörigen Flurstück *Höll*. Die Stelle liegt nahe dem Waldrand an einem feuchten Erlenwald, weiter im Waldesinneren dominieren zunehmend Buchen und Hainbuchen den Bestand. Jede der etwa 9 m durchmessenden Kohlplatten ist von einem leichten Wall umgeben, in den Wällen und den ehemaligen Meilerflächen findet sich vielfach Holzkohle. Zur zeitlichen Einordnung wurde eine Radiocarbonatierung durchgeführt, die auf eine Betriebszeit während des neuzeitlichen Kalibrierungsplateaus hindeutet, also eine Datierung von 1700 bis ca. 1950 in Frage kommt. Eine der Meilerstellen wird allerdings durch einen Knick gestört, so dass die Anlage der Meilerstellen vor 1800 anzunehmen ist (mündliche Mitteilung V. Arnold, Oktober 2006).

Aus allen drei Meilerstellen wurden Holzkohleproben entnommen und auf ihre Holzart hin analysiert. Die Holzkohlezusammensetzungen gleichen sich derartig, dass die Meilerstellen im Flurstück *Höll* zusammenfassend dargestellt werden können (vergl. Kapitel 6.2.3). Von den 139 untersuchten Holzkohlestücken nahm die Erle den größten Anteil für sich ein, des Weiteren finden sich Hainbuche, Hasel, Weide, Pappel und Eiche unter den genutzten Holzarten. Laut der Analyse von ARNOLD (2006) bilden auch die Waldweidezeiger Schlehe und Weißdorn einen deutlichen Anteil der Holzartenzusammensetzung. Aus Schlämmproben konnten Holzkohlen von Heideästchen geborgen werden, die aller Wahrscheinlichkeit nach aus der Meilerabdeckung stammen. Alles deutet darauf hin, dass das Holz der direkten Umgebung zum Betrieb der Meilerstellen herangezogen wurde. Viele der älteren umstehenden Bäume zeigen noch Spuren der einstigen Niederwaldwirtschaft, sie verzweigen sich im Stamm knapp über der Erdoberfläche.

Der andere Bereich des Riesewohldes, in dem eine Köhlereitätigkeit archäologisch nachweisbar ist, befindet sich, ebenfalls in der Gemarkung von Odderade, auf dem Flurstück „*Kahlbüth*“ (Kohlenbeute). Mindestens zwei Meilerstellen zeichnen sich als Gruben von etwa einem halben Meter Tiefe und 6-7 m Durchmesser im Waldboden ab. Eine Meilerstelle (*Kahlbüth*

süd) wurde durch ARNOLD (2006) beprobt, die andere (*Kahlbüth* nord) im Rahmen dieser Arbeit archäologisch untersucht (vergl. Kapitel 6.2.2.). Die Holzkohlezusammensetzung ähnelte den Meilern im Flurstück *Höll*, auch wenn die Hasel in der Probe *Kahlbüth* süd deutlich dominanter ist.

5.1.3 Schriftquellen und Flurnamen

Ab dem späten Mittelalter gibt es aus Schleswig-Holstein einzelne schriftliche Zeugnisse zur Holzkohleherstellung. Meist handelt es sich um Einträge in Rechnungsbüchern von Klöstern, Amtshäusern oder Herrnsitzen, in denen die als Fronabgabe geforderten Mengen von Holzkohle verzeichnet wurden. Auch wenn die Aufzeichnungen sicherlich lückenhaft sind, wird deutlich, dass es sich bei der Köhlerei um ein häufiges, jedoch selten um ein professionelles Gewerbe handelte, welches meist von Bauern als Nebengewerbe betrieben wurde.

Die älteste Angabe zur Köhlerei in Schleswig-Holstein allgemein stammt aus dem Raum Ahrensböök (Kreis Ostholstein) und datiert auf 1380. In der Quelle wird zwei Köhlern die Nutzung eines Holzschlages bei Tankenrade (Kreis Ostholstein) zugesagt (SHRU 6, Q. 320, S. 220; UBSL 4, 1873, Q. CCCLXXVIII, S. 417). Aus den Regesten ist ebenfalls ersichtlich, dass auch im 15. und 16. Jahrhundert im Verwaltungsbereich des Klosters mehrere Bauern Köhlerei betrieben haben, wobei aufgrund der Nennung verschiedener Flurnamen von einer vorwiegenden Nutzung von Hainbuchenniederwäldern auszugehen ist (SHRU 1998, Bd. 10, 187-188, 347; vergl. Kapitel 6.3.4). In der Region um Ahrensböök können aus dem betreffenden Zeitraum zwei Köhlerstellen archäologisch nachgewiesen werden (vergl. Kapitel 6.3.2).

Der älteste Beleg für eine auch quantitativ näher bezeichnete Kohlelieferung stammt aus dem Zinsbuch des Bischofs von Schleswig (Lib. Cens. Ep. Sles.) aus dem Jahr 1462. Von der Villa Jersmark in der Treeneniederung (Jerrisbek, Kreis Schleswig-Flensburg) ist hier eine Lieferung von „28 *Last carbonum*“ (ca. 56 t) verzeichnet (MAGER 1930, 97). Auch die Bauern der ebenfalls in der Treeneniederung gelegenen Ortschaften Hollingstedt und Ellingstedt brachten in diesem Zeitraum Kohle nach Schleswig (MAGER 1930, 190), wenig später, im 16. Jahrhundert, sind außerdem Holzkohlelieferungen aus den nahe gelegenen Ortschaften Espertoft und Hüning belegt. Jeder abgabepflichtige Bauer musste 24 Tonnen (gemeint sind mit Holzkohle gefüllte Fässer, ca. 5 metrische t) Holzkohle an das Amtshaus in Schwabstedt liefern. Die Vogtei Treia in der Treeneniederung im Amt Schwabstedt (heute in den Kreisen Nordfriesland und Schleswig-Flensburg) mit den angegliederten Dörfern Ipland, Espertoft, Grüft und Goosholz lieferte im 16. Jahrhundert ebenfalls beachtliche Mengen Holzkohle nach Schleswig. Für 1509 sind 336 Tonnen (ca. 14 t), für 1558 264 Tonnen (ca. 11 t) und für 1589 20 Lasten (26-40 t) im Amtsbuch des Schleswiger Bischofs vermerkt. Pro Hufe entfielen

2-3 Lasten (vermutlich 2 Wagenladungen á ca. 600-700 kg Holzkohle je Last, vergl. KRÖGER 1990) Kohle als zu leistende Abgabe. Aus diesen Aufzeichnungen können Transportwege von maximal 7 km von den Meilerstellen zur Vogtei, und darauf 15 km von der Vogtei bis zum Verbrauchsort in Schloss Gottorf rekonstruiert werden (MAGER 1930, 123).

Im 17. Jahrhundert kommt es zur Ausweisung des zum Verkohlen tauglichen Holzes, außerdem wird in Teilen statt der noch im 16. Jahrhundert geforderten Holzkohlemenge nun alternativ auch eine Geldabgabe eingezogen (MAGER 1930, 190). In Gegenden, wo nach wie vor genug Holz für die Holzkohleproduktion vorhanden ist, wird weiterhin Holzkohle als Abgabe, teils in beachtlichen Mengen produziert:

Im Jahr 1604 lieferten 10 Hufner aus Silberstedt (Kreis Schleswig-Flensburg) 340 Fuder (ca. 200-230 t) Holzkohle nach Gottorf (MAGER 1930, 123). In Jübeck (Kreis Schleswig-Flensburg) zahlten die Bauern jährlich Geld für das Recht, Kohle zu brennen und damit zu handeln (Mager 1930, 122).

Aus der Aufstellung der Kohlelieferungen vom 15. bis zum 17. Jahrhundert wird ersichtlich, dass die Wälder der Treeneniederung über einen Zeitraum von mehreren Jahrhunderten intensiv zur Holzkohleproduktion genutzt wurden und stetig an Fläche verloren. Aus den Meyerschen Landkarten in der Landesbeschreibung DANCKWERTHS (1652) geht hervor, dass am Ostufer der Treene bis nach Silberstedt noch größere Waldgebiete zur Verfügung standen, doch um den Ort Jübeck sowie in weiten Teilen der Arensharde (Kreis Schleswig-Flensburg) bereits weite Heideflächen das Schwinden der Wälder anzeigen. Um 1800 ist die Treeneniederung weitgehend entwaldet (DU PLATH 1804-1805), um 1850 ist allein ein schmaler Waldstreifen westlich von Silberstedt in der Karte verzeichnet (GEERZ 1850).

Von einer ähnlich intensiven Holzkohleproduktion muss im Raum Bargstedt und Nortorf (Kreis Rendsburg-Eckernförde) ausgegangen werden. Um 1589 ist in den Amtsrechnungen des Kirchspieles Nortorf vermerkt, dass „...*in seiner Majestät Wald sind 878 Last* (ca. 2100 t) *Kohlen gebrannt...*“ wurden (ROHWER 1996, 147).

Gemeint ist mit Sicherheit das heutige Holtdorfer Gehege, welches in der Varendorfschen Karte als großflächiger herrschaftlicher Wald gekennzeichnet ist, und in dem eine Köhlerei mit mehreren Meilerstellen nachgewiesen werden konnte (vergl. Kapitel 6.1). Auch im 18. und 19. Jahrhundert ist in den Flurkarten des Ortes Bargstedt am Ostrand des Holtdorfer Geheges eine Meilerstelle eingezeichnet, ebenso eine Köhlerei im Nordosten des Ortes Bargstedt. Die in den Flurkarten verzeichneten Meilerstellen wurden von Y. EHLERS (2006) lokalisiert, beprobt und ausgewertet. Neben den konkret als Meilerstellen gekennzeichneten Plätzen sind in den Flurkarten weitere Flurnamen verzeichnet, die ebenfalls auf eine Köhlerei- oder Hüttentätigkeit hindeuten.

Eine nicht näher spezifizierte Köhlereitätigkeit kann in den Hüttener Bergen vermutet werden. Die Bauern der Hüttener Harde (im Kreis Rendsburg- Eckerförde) haben seit „*ehedem die Freiheit genossen vom wintfallen Holt Kohlen zu brennen...*“ im Jahr 1680 soll

die ganze Ortschaft Brekendorf (in den Hüttener Bergen) allein vom Kohlebrennen gelebt haben (MAGER 1930, 190).

Eine ähnliche Köhlereitradition wie in der Treeneniederung oder in den Hüttener Bergen ist vom 16. bis zum 18. Jahrhundert im Kirchspiel Kaltenkirchen (Kreis Segeberg) nachzuweisen (PÖHLS 1968, 198; BRÄMER 2001). Besonders im späten 18. Jahrhundert mehren sich die Beschwerden über seit längerem anhaltende Waldzerstörungen durch zum Teil illegale Köhlerei durch die bäuerliche Bevölkerung. Im Amt Segeberg hat die Köhlerei derart bedenkliche Ausmaße angenommen, dass aller Wald verwüstet wird (ANONYMUS 1795).

Neben den Hinweisen auf ganze Köhlereiregionen gibt es immer wieder Hinweise auf einzelne, kleine Köhlereien, die zum Teil auf Honorarbasis betrieben wurden (ROHWER 1996, 147-149; SIEVERS 1959; BRÄMER 2001). Für das Jahr 1683 zum Beispiel ist in den Plöner Amtsrechnungen verzeichnet, dass ein Köhler für das Herstellen der Holzkohle aus 90 Buchen im Waldstück Griepen (heute vermutlich das Waldstück Grippen) bei Stocksee (Kreis Plön) pro Tag zwölf Schilling als Lohn erhielt (PÖHLS 1968, 198). Leider ist von diesen Köhlereien meist nicht bekannt, wo genau sie ihre Holzkohle hergestellt haben, so dass von einem weiteren Verfolgen dieser Hinweise abgesehen wurde. Deutlich wird jedoch auch hier, dass die Köhlerei oftmals von Kleinbauern zur Aufbesserung ihres Einkommens ausgeübt wurde.

Weitaus häufiger als durch archäologische oder historische Überlieferung finden sich Hinweise auf Köhlereitätigkeit in Form von Flurnamen. Offensichtliche Hinweise auf ehemalige Köhlereitätigkeit enthalten Flurnamen mit Wortbestandteilen wie Miel, Millern (Meiler), Col, Kahl, Kohl, Käh, Köhl (Kohle) und Kahlen, Kählen, Kolling, Köhlen, Kölling (Bezeichnung der Köhlereitätigkeit). Weniger eindeutig, allerdings nicht weniger häufig sind Flurnamen, die mit etwas Phantasie mit der Köhlerei in Verbindung gebracht werden können. Hierzu gehören Namensbestandteile wie Hölle oder Höllen, Brand, Brann, Haye (Einteilung eines Niederwaldschlages) sowie Borstel (evtl. als „Brandstelle“ zu deuten) (MAGER 1930, 188-189; WEGENER 1956, 227-228; PÖHLS 1968). In vielen Flurstücken mit den genannten Namensbestandteilen ist Köhlerei archäologisch oder archivarisches belegbar (MAGER 1930, 116-123; NELLE 2002, 240, 248; PÖHLS 1968, 199-200; DORNBUSCH 1990), so auch bei den Meilern im Riesewohld (Flurnamen Höll und Kahlbüth), dem Waldstück Köhlen in der Gemeinde Pronsdorf (Kreis Segeberg) und den Köhlereien in der Region zwischen Silberstedt und Treia (Kreis Schleswig-Flensburg), wo das noch bestehende Waldstück den Namen *Rumbrand* trägt.

Durch die neben anderen holzintensiven Wirtschaftsformen weit verbreitete Köhlerei zeichnet sich in vielen Regionen ein Schwinden der Holzreserven ab. Bestätigt wird diese Annahme durch eine Verringerung der Holzkohleabgaben an die Landesherrschaft und gesetzliche Regulierungen zum Brenn- und Kohlholzgebrauch. Die erste *Schleswiger Hochfürstliche Holzverordnung* von 1681 enthält bereits diesbezügliche Anweisungen. Hier wird festgelegt, welches Holz zum Kohlen brauchbar ist oder welches Holz besser als Bauholz

Verwendung finden sollte: „wenn an unsere Hofstadt Kohlen müssen gebrannt werden, so soll zu solchem kein anders als untaugbares, insbesondere weiches Holz von Ellern imgleichen alte ausgegangene Eich-Bäume, Äste und dergleichen genommen werden“ (MAGER 1930, 188, vergl. Anhang 11.3.1).

Unabhängig von konkreten ortsgebundenen Angaben über die Köhlerei gibt es eine besonders reichhaltige historische Literatur aus der frühen Neuzeit bezüglich der verwendeten Köhlereitechniken. Nach der sehr allgemeinen Darstellungen der Meilerköhlerei bei Theophrast (Zitiert in F.-J. ERNST 1966, 13) als auch PLINIUS d. Ä. (nat. hist. lib. 16, 27-29) sind bis heute keine historischen Darstellungen oder Beschreibungen der Köhlerei aus dem Mittelalter bekannt. Erst bei BIRINGUCCIO (1540, 206-214) werden sowohl die Techniken der Grubenverkohlung als auch die der Verkohlung in stehenden Meilern dargestellt. Weitere Angaben zur Köhlereitechnik, zum Teil mit Angaben zur Erzielung besonders guter Kohlequalitäten bei gleichzeitigem Einsparen von Kohlholz, werden ab dem beginnenden 18. Jahrhundert vielfach publiziert (FLORINUS 1705; CARLOWITZ 1713; DUHAMEL DU MONCEAU 1762; ZANGER 1773; AF UHR 1820; KLEIN 1836; BERG 1860; ENDRES 1888). Durch die detaillierten Beschreibungen ist das generelle Vorgehen beim Köhlereiprozess ebenso gut nachvollziehbar wie die teils regionalen Besonderheiten im Köhlereibetrieb.

Schon bei BIRINGUCCIO (1540, 209) wird erwähnt, dass nahezu jede Holzart zum Kohlenbrennen tauglich ist, jedoch in der erzeugten Holzkohle starke Unterschiede bestehen und nicht jede Kohle zu jedem Zweck verwendet werden sollte. Er bedauert, dass allein der Mangel an geeigneten Hölzern viele Köhler dazu zwingt, weniger brauchbare Holzarten zu verwenden, um den Bedarf an Holzkohle zu decken, auch wenn dabei viel Holz verschwendet wird.

Hannß Carl von CARLOWITZ (1713) beschreibt in seiner *Silvicultura oeconomica* vorrangig die Anlage von Niederwäldern zur nachhaltigen Brennholzzucht für den Bergbaubetrieb, jedoch widmet er ein ganzes Kapitel dem Köhlereibetrieb, um auf die Gefahr unnötigen Holzverbrauches bei schlechten Köhlereitechniken hinzuweisen.

Besonders ausführlich gestalten sich die Ausführungen zur Köhlereitechnik in den Werken von Henry Louis DUHAMEL DU MONCEAU (1756), übersetzt aus dem Französischen, Carl David AF UHR (1820), übersetzt aus dem Schwedischen, und Carl Heinrich Edmund Freiherr von BERG (1860). Allen Werken ist ebenso wie der *Silvicultura oeconomica* gemein, dass sie geschrieben wurden, um einen möglichst effizienten Umgang mit dem stets knappen Kohlholz zu lehren. Wie aus den Untertiteln und Vorworten der Publikationen schon ersichtlich ist, richten sich die Ausführungen nicht nur an berufsmäßige Köhler, sondern ebenso an Forstbedienstete, Hüttenleute, Landwirte und andere Berufsgruppen, die mit Holzkohle umgehen und gegebenenfalls selber Köhlerei als Nebengewerbe betrieben. Neben den äußerst detaillierten Darstellungen der verschiedenen Köhlereitechniken ist auch hierin ein eindeutiger Hinweis darauf zu sehen, dass die Köhlerei in vielen Fällen als Nebengewerbe ohne zwingende Berufsausbildung ausgeübt wurde.

5.1.4 Experimente

Als älteste wissenschaftliche Experimente, die zur Ermittlung der Effektivität verschiedener Verkohlungsverfahren dienen, müssen die Untersuchungen von C. D. AF UHR (1820) gelten. Seitdem wurde durch zahlreiche Experimente die Effektivität verschiedener Verkohlungsverfahren vielfach erneut ermittelt, so dass eine breite Quellenbasis zur Ermittlung der Verkohlungseffektivität bei verschiedensten Voraussetzungen vorhanden ist. P. THOMMES (1997, 100-101) stellte einen Großteil der bis 1997 erfolgten Köhlereiexperimente zusammen, ebenfalls um den Holzverbrauch dieses Gewerbes abschätzen zu können. Er ermittelte aus den jeweils verfügbaren Angaben der einzelnen Experimente die Effektivität der verschiedenen Verkohlungsverfahren, ausgedrückt als gewonnenes Kohlegewicht in Relation zum verwendeten Holzgewicht.

Den vorliegenden Experimenten zufolge ist die Effektivität von stehenden Meilern, wie sie für die spätmittelalterliche Holzkohleherstellung anzunehmen ist, zwischen 20% und 25% anzusetzen, wobei durchaus weniger effektive Verkohlungsexperimente durchgeführt worden sind. Grundsätzlich ist die Verkohlungseffektivität von Mulden- oder Grubenmeilern mit meist unter 20% etwas geringer.

Tab. 4: Effektivitäten verschiedener Köhlereiexperimente in Abhängigkeit vom eingesetzten Holzgewicht nach THOMMES 1997, 100-101.

Ertragsabschätzung für die Verkohlung von Holz				
Zeile	% DHGmin	% DHGmax	Meilerart	Quelle
1	7,84	7,84	Grubenmeiler	Horne 1982; Horne 1982b
2	8	10	Grubenmeiler	Horne 1982; Horne 1982b; Uhart 1952
3	8	13	earthmound pit	GTZ-SEP o.J.
4	9,8	13,73	Großgruben	Horne 1982; Horne 1982b
5	10	20	keine Angabe	Craddock 1995
6	10	10	Stehender Meiler	Atlanta unpubl.
7	10	10	afrik. Verkohlung	Avery & Schmidt 1979
8	11	17	Grubenmeiler	Horne 1982; Horne 1982b; Uhart 1952
9	12,15	12,15	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
10	12,2	12,2	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
11	13	31	Casamance Meiler	Achterberg 1988, 58
12	13,05	13,05	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
13	13,12	13,12	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
14	13,33	13,33	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
15	13,57	13,68	Stehender Meiler	Hammersley 1973, ...; Crossley 1966, ...
16	13,65	13,65	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
17	13,75	13,75	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
18	14,05	14,05	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
19	14,15	14,15	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
20	14,25	14,25	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
21	14,45	14,45	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
22	14,65	14,65	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
23	14,87	14,87	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
24	15	17	keine Angaben	Percy 1862; Valerius 1851. p. 232
25	15	15	Stehender Meiler	Emrich 1985
26	15,3	15,3	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
27	15,35	15,35	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
28	15,52	15,52	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
29	15,91	15,91	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
30	16,22	16,22	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
31	16,54	16,54	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
32	17	21,33	Stehender Meiler	Percy 1862, 144; Sauvage
33	17,5	17,5	Stehender Meiler	Pleiner 1969
34	17,5	17,5	Stehender Meiler	Pleiner 1969
35	19	19	Stehender Meiler	Percy 1862, 144; Sauvage
36	19,5	28	keine Angaben	Percy 1862, 144; Scheerer
37	20	20	keine Angabe	Achterberg 1988 (30-1-44)
38	20	22	keine Angaben	Percy 1862, 144; Valerius
39	20	28	keine Angaben	Percy 1862, 144; Valerius
40	20	28	Stehender Meiler	Berg 1830, 172; Uhr 1820
41	22,14	22,14	Stehender Meiler	Gayer 1919, 463; Berg 1830, 184
42	20,6	20,6	Stehender Meiler	Percy 1862, 147; Beschoren 1840, B III 1
43	20,8	20,8	Erdmeiler	Achterberg 1988, 58
44	20,8	20,8	Ziegelmeiler	Achterberg 1988, 59; Paddon&Robinson 1984
45	20,9	20,9	Stehender Meiler	Percy 1862, 147; Beschoren 1840, B III 1
46	20,94	20,94	Stehender Meiler	Berg 1830, 172

Ertragsabschätzung für die Verkohlung von Holz				
Zeile	% DHGmin	% DHGmax	Meilerart	Quelle
47	21,30	21,30	Stehender Meiler	Percy 1862, 147; Beschoren 1840, III 1
48	22,10	22,10	Casamance Meiler	Achterberg 1988, 59; ILO 1985; u. a.
49	22,46	22,46	Stehender Meiler	Gayer 1919, 463; Denz 1910
50	22,70	22,70	Stehender Meiler	Percy 1862, 147; Beschoren 1840, III 1
51	23,40	23,40	Stehender Meiler	Percy 1862, 147; Beschoren 1840, III 1
52	24,10	24,10	transp. Meiler	Achterberg 1988; TPI 1983; u. a.
53	24,60	24,60	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
54	24,70	24,70	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
55	24,75	24,75	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
56	25,00	25,00	Stehender Meiler	Adam o.J., 1
57	25,00	25,00	Stehender Meiler	Gayer 1919, 463
58	25,00	25,00	Stehender Meiler	Percy 1862, 147; Beschoren 1840, III 1
59	25,00	25,00	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
60	25,00	27,00	Retorte	Percy 1862, 144; C. B. Hamley
61	25,05	25,05	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
62	25,10	25,10	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
63	25,22	25,22	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
64	25,25	25,25	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
65	25,60	25,60	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
66	25,65	25,65	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
67	25,65	25,65	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
68	25,71	25,71	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
69	25,87	25,87	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
70	25,95	25,95	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
71	26,00	26,00	Half-Orange-Kiln	Achterberg 1988, 60; Carrillo 1985
72	26,07	26,07	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
73	26,15	26,15	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
74	26,45	26,45	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
75	26,90	26,90	Grubenmeiler verb.	Achterberg 1988, 57
76	27,00	27,00	Retorte	Percy 1862, 144; Lampadius 1827, 48
77	27,72	27,72	Stehender Meiler	Karsten 1832, III 34; Percy 1962, 146
78	30,00	30,00	Madeira Meiler	Malinowski 1984, 52
79	33,00	33,00	Bienenkorbmeiler	Achterberg 1988, 61; Acesita 1982
80	34,70	34,70	Industrieretorte	Brocksiepe o.J. 422
81	42,35	42,35	Stehender Meiler	Gruber 1989, 554; Denz 1910
82	42,85	42,85	Grubenmeiler	Englund, Lars-Erik 1991, 35
	20,22	21,19	Mittelwert	
	7,84	42,85	Minimum & Maximum	

Weitere Köhlereiexperimente wurden von H. HOLSTEN u. a. (1991) durchgeführt. Vorrangiges Ziel der Versuche war die Ermittlung der Effektivität verschiedener Köhlereiverfahren. Im Laufe der Versuchsreihe wurden zwei Platzmeiler und drei Grubenmeiler betrieben. Die Platzmeiler waren im Vergleich zu den archäologisch nachweisbaren Meilerstellen mit 1 m beziehungsweise 2 m sehr klein. Im größeren der beiden Meiler wurden 675 kg Buchenholz zu 144 kg Holzkohle gebrannt, was einer Effektivität von 21,3% entspricht. Ein deutlich geringerer Wirkungsgrad (8,9%) wurde in dem kleineren Meiler erreicht, wo 415 kg Holz zu 37 kg Holzkohle verkohlt wurden. In beiden Versuchen war der Anteil des angekohlten Holzes mit 21,5% beziehungsweise 60,7% sehr hoch, so dass bei beiden Meilern von einer nur unvollständigen Verkohlung gesprochen werden kann.

Die Grubenmeiler wurden in 60 cm tiefen Gruben mit Größen zwischen 1 m x 70 cm und 1,8 m x 1,4 m errichtet.

In die erste Grube wurden insgesamt 131 kg Buchenholz eingestapelt und mittels glühender Holzkohle entzündet. Die Grube wurde mit Soden abgedeckt.

Nach knapp 24 Stunden konnten 23,5 kg Holzkohle (17,9% des Holzgewichtes) dem Grubenmeiler entnommen werden. Die Effektivitäten der beiden anderen Meiler betragen 12,1% und 24,4%. Die bislang aufgeführten Experimente zu den verschiedenen Köhlereiverfahren zeigen, dass es grundsätzlich sowohl mit Standmeilern als auch mit Grubenmeilern möglich ist, eine hohe Effektivität zu erreichen. Die Steuerung eines Grubenmeilers gestaltet sich allerdings ungleich schwieriger, so dass eine hohe Effektivität mehr dem Zufall überlassen scheint. Deutlich besser zu steuern sind stehende Meiler, bei denen an jeder beliebigen Stelle gezielt Luft zugegeben werden kann.

Experimente mit vollkommen anderer Fragestellung wurden durch O. NELLE (2002, 212-227) durchgeführt. Die Kernfragestellung seiner Untersuchung beinhaltete nicht die Effektivität der Köhlerei, sondern die Nachweismöglichkeit der verwendeten Holzdurchmesser. Grundsätzliches Prinzip der Experimente war die Vermessung des Kohlholzes des jährlich betriebenen Waldmünchner Meilers (Oberpfalz) und die nachfolgende Analyse von Löscheproben und produzierter Holzkohle. Es zeigte sich, dass die Durchmesserspektren des Kohlholzes und die ermittelten mittleren Durchmesser denen in der analysierten Holzkohle weitgehend entsprechen, also grundsätzlich eine Vergleichbarkeit von Holzkohle und Meilercharge besteht. Im Kontrast zu den Meilerversuchen wurden außerdem offene Feuer abgebrannt, wobei das Feuerholz und die Rückstände in der Feuerstelle auf ähnliche Art und Weise verglichen wurden. Die Vergleichbarkeit der Proben ist nicht so eindeutig wie bei den Meilerversuchen, aber immer noch deutlich genug, um aus der Holzkohleprobe Hinweise auf die Zusammensetzung des Feuerholzes zu erhalten. Durch diese Experimente konnte der theoretische Ansatz, dass sich die Holzcharge eines Meilers oder einer beliebigen anderen Feuerstelle in den Verbrennungsrückständen widerspiegelt, eindeutig belegt werden. Die Experimente von NELLE (2002) sind somit auch wesentliche Grundlage der Methode dieser Arbeit (vergl. Kapitel 2.4 und Kapitel 4).

Tab. 5: Übersicht über die Ergebnisse der Köhlereiexperimente bei NELLE 2002, 227. die mD Werte (mittlerer Durchmesser) sind statistische Mittelwerte, stellen jedoch nicht die tatsächlich verwendeten Holzdurchmesser dar. Sie dienen zur Vergleichbarkeit der Proben.

Untersuchungen rezenter Kohle		Interpretationen historischer Kohle	
Objekte	Holzsortiment [Durchmesser in cm]	mD [cm]	Holzsortiment nach vergleichbarer mD mögliche Nutzung
Feuerstellen	kleine Äste, Astmaterial max. 10, vereinzelt wenig darüber	1,5-6,2	Schwachholz, kein/kaum Holz über 10 cm Durchmesser → Brennholz/Feuerstelle → Astholzvermeilerung
Meiler	Eichenscheite 10-15 aus intakten Niederwäldern	7,3	Schwachholz bis 15 cm Durchmesser → Niederwald
	Eichenscheite 7-10-20 (30) aus z. T. durchgewachsenen Niederwäldern	8,6	mittelstarkes Holz überwiegend um die 15-20 cm, mit Beimischung von Ästen wie auch etwas stärkerem Holz → junge Bäume → starkes Astholz
	Buchenscheite (3)-7-10-15-20-(30)	10,7	→ Bestände mittleren Alters
	Buchenscheite 10-15-20-(40)	11,0	Stämme mittlerer Größe zs. mit Astholz bzw. sehr starkes Astholz → alte Bestände, deren Stammholz anderweitig genutzt wurde
	noch kein rezent verkohltes Material als Referenz!	13-15	Starkholz/Stammholz → große Bäume → nur Stammholz

5.1.5 Rekonstruierter Holzverbrauch

Den Holzverbrauch in der Holzkohleherstellung für ein Land wie Schleswig-Holstein für eine gegebene Zeit zu rekonstruieren ist aufgrund der Quellenlage unmöglich, dafür ist zu wenig über die Ausbreitung dieses Gewerkes bekannt. Die Vielzahl der in anderen Regionen entdeckten Meilerstellen, die ausführliche Behandlung der Köhlerei in Forsthandbüchern und die häufige Nennung der Köhlereitätigkeit im bäuerlichen wie im industriellen Kontext verdeutlichen, dass die Köhlerei als äußerst häufiger, jedoch in Schleswig-Holstein archäologisch nur schwer fassbarer Industriezweig gelten muss.

In seltenen Fällen wie in den Dörfern der Umgebung Treia finden sich historische Aufzeichnungen zu im Rahmen der Spann- und Fuhrdienste abgelieferten Holzkohlemengen, doch muss unklar bleiben, wie viel Holzkohle außerhalb der Lieferungen für den privaten Verkauf oder Eigenbedarf hergestellt wurde. Oftmals sind die Überlieferungen auch nur unvollständig erhalten, so dass lediglich ein schlaglichtartiger Einblick in einzelne Jahrgänge gewährt wird (MAGER 1930, 122-123, Kröger 1990). Angaben über die jährlich verwendete Menge Holz finden sich in historischen Akten nicht, so dass aus der historischen Literatur wenig über die produzierte Kohlenmenge oder die erreichte Effektivität der spätmittelalterlichen Köhlereien gesagt werden kann.

Die Experimente im Rahmen dieser Arbeit (Kapitel 4) sowie die zitierten Experimente von THOMMES (1987, 102-104), die Experimente von HOLSTEN u. a. (1991) sowie die Angaben bei POTT und SPEIER (1993) tragen dazu bei, die Effektivität von historischen Meilerstellen abzuschätzen. Im Mittel kann von einer Kohlenausbeute von 20% bis 25% ausgegangen werden, so dass ein Gewichtsanteil Holzkohle der vier bis fünffachen Gewichtsmenge Holz äquivalent ist. Bei einem solchen Wirkungsgrad wird möglichst wenig Holz für die Erzeugung der benötigten Wärmeenergie verbrannt. Bei MANTEL (1990, 215-216) sind weitaus ungünstigere Wirkungsgrade von 12,5% und 10% angegeben. Grundsätzlich hängt der Wirkungsgrad der Verkohlung zum einen von der Geschicklichkeit des Köhlers, zum andern aber auch stark von den verwendeten Holzarten ab (LUDEMANN und NELLE 2002, 18-19). Mit Nadelhölzern kann im Mittel ein etwas höherer Wirkungsgrad erreicht werden als mit Laubhölzern (MEYER 1997, 44). Leider ist der meist in der Literatur zu findende Wirkungsgrad, bei dem Holzgewicht und das aus ihm gewonnene Kohlegewicht in Beziehung gesetzt werden, wenig für historisch relevante Modellierungen geeignet (eine Ausnahme bildet KLEIN 1836, der verschiedenste Raum- und Gewichtsrelationen angibt). Der Grund hierfür ist die sehr variable Dichte eines Holzes, abhängig von Wachstumsbedingungen und Wassergehalt. Bei einem Darrgewicht um $0,7 \text{ t/m}^3$ welches für die zur Köhlerei häufig verwendeten Holzarten Buche, Hainbuche, Eiche und Hasel ein akzeptabler Richtwert ist, entspräche ein Festmeter Holz mit 700 kg Gewicht etwa 1,67 Raummetern und lieferte bei einem Wirkungsgrad von 20% bis 25% 140 bis 175 kg Holzkohle. Meist ist jedoch unklar, welchen Wassergehalt und welches Gewicht das Holz zu Beginn der jeweiligen Untersuchung hatte, Darrtrockenheit kann allerdings in den seltensten Fällen vorausgesetzt werden. Für historische Modellierungen, bei denen die Größe einer Meilerstelle bekannt ist, gestaltet sich eine Beziehung zwischen (rekonstruierter) Raumgröße des Meilers (siehe unten) und gewonnenem Kohlegewicht als praktikabler. Laut MANTEL (1990, 215-216) sind 0,6 bis 1,4 Festmeter oder 1 bis 2,3 Raummeter Holz notwendig, um 100 kg Holzkohle herzustellen. Die Experimente im Rahmen dieser Arbeit lassen einen Richtwert von einem Raummeter Holz für die Herstellung von 100 kg Kohle als realistisch erscheinen, was einer Effizienz von etwa 25% entspräche. Anders herum ausgedrückt würden 100 kg Holzkohle 0,6 fm entsprechen, einem Wert, der innerhalb der von MANTEL (1990, 215-216) angegebenen Berechnungsgrößen liegt.

Gelingt es, die heute ungebräuchlichen Mengenangaben der historischen Quellen realistisch in heutige Maßsysteme zu überführen, kann zumindest für die überlieferten Lieferungen ein Holzäquivalent angegeben werden. Unter der rein hypothetischen Annahme, dass der 10. Teil der Produktion im Sinne einer Steuereinnahme an den Landesherren ging, können auch vorsichtig Größenordnungen für den Gesamtverbrauch einzelner Regionen angegeben werden.

In Bereichen mit fehlender schriftlicher Überlieferung kann durch die Auswertung archäologischer Fundstellen die Menge des verbrauchten Holzes ebenfalls größenordnungsmäßig rekonstruiert werden. Wie aus der Literatur zum historischen

Meilerbetrieb ersichtlich ist (vergl. Kap. 4.1.3), gestaltet sich die Form eines Meilers in der Regel als Halbkugelabschnitt, in dem das Kohlholz möglichst eng gepackt ist. Die Größe der archäologisch nachgewiesenen Meilerstelle entspricht etwa der Grundfläche des Meilers, die Höhe des Meilers überschreitet in der Regel nicht 3 m, da meist nicht mehr als drei Stockwerke Holz eingestellt werden. Das Holzvolumen eines Meilers berechnet sich demnach aus

$\frac{2}{3} \pi r^3$ bei Meilerstellen unter 6 m Durchmesser oder

$\frac{2}{3} \pi r^2 \cdot 3 \text{ m}$ bei Meilerstellen über 6 m Durchmesser.

Sowohl von KLEIN (1836, 119) als auch von BERG (1820, 67) werden neben diesen Formeln noch andere Berechnungsmöglichkeiten angegeben, jedoch sind die dafür notwendigen Bezugsgrößen nicht einem archäologischen Befund zu entnehmen.

Das in den verschiedenen Formeln errechnete Volumen entspricht der Raummeterzahl des eingestellten Holzes. Ein Raummeter entspricht etwa 0,6 Festmeter, so dass auch das reine Holzvolumen ohne Luftzwischenräume berechnet werden kann.

Was durch diese Berechnung nicht ermittelt werden kann, ist die Angabe der Nutzungsdauer einer Köhlerstelle und die Anzahl der Meilerbrände pro Jahr. Aus der historischen Köhlereiliteratur ist zu ersehen, dass eine Köhlerstelle an Qualität gewinnt, je länger sie genutzt wird. Es können also pro Jahr durchaus mehrere Meiler hintereinander auf einer Kohlplatte gefahren werden, die Brände können jedoch auch in verschiedenen Jahren erfolgt sein. Wiedernutzungen längst aufgelassener Köhlerstellen, besonders wenn zur Anlage der Meilerstelle eine Terrasse errichtet wurde, sind ebenfalls zu vermuten. Weder durch naturwissenschaftliche Datierungsmethoden noch durch eine exakte Analyse der Stratigraphie sind diese Fragen bislang zufriedenstellend zu klären. Die in dieser Arbeit untersuchten Meilerstellen wiesen zum Teil eine vollkommen unterschiedliche Holzkohledichte im Befund auf, so dass viel benutzte von wenig benutzten Meilerstellen unterschieden werden können, wobei jedoch der Zeitraum der Nutzung unbekannt bleibt (vergl. Kapitel 6.1 und 6.2). Bei einer vollkommenen Auslastung einer Kohlplatte mit 6 m Durchmesser (ein Maß, welches etwa der durchschnittlichen Größe der entdeckten Meilerstellen entspricht) sind pro Jahr kaum mehr als 10 Meilerbrände zu schaffen. Jeder Meiler dieser Größe braucht mindestens zwei bis drei Tage zum Aufschichten, eine Woche zum Brennen und einen Tag zum Ausnehmen und Auskühlen der Kohle. Nicht in die Berechnung einbezogen ist der Zeitaufwand für das Fällen der Bäume und den Abtransport des Holzes.

5.2 Eisenverarbeitung

Zu dē allem/ ligende sie zū stercksten auff dieser meinūg/ daz durch Bergwerck gantze felder verherget werdē. Derhalben ist vor alten zeiten in Italia durch gesatz verbottē wordē/ dz keiner des ärztzes halbē/ die erden grübel/ die fruchtbare feldt sampt den weinbergē und ölgartē verwüste. Grosse un kleine weldt werdē ietzunder ausgehauē/ dan zum gebeuw un gezeug/ auch allerley rüstungen/ unnd das ärtz zū schmelzen/ muß man täglich ein unzelbarlich holz haben/ so aber die wäldt und hötzer ausgehauwen/ werden die Vögel unnd wilde thier außgereuttet/ under welche dr meiste teil den mensche ein sehr kostliche un liebliche speiß gebendt. Man wäschet das ärtz/ aber vergiffet darmitt die bäch und flüß/ un werde also die fisch eintweders auß dē wassern vertribē/ oder ertödet. Derhalben/ so die einwoner deren landtschafften der felder/ wälden/ höltzen Bächē un flüssen verwüstungen halber/ in grosse not un gebrechē aller dingē komment/ daruon sie ihr leben erhaltē müssendt/ un von wegē des holtzes mangell/ grösseren kosten treibē/ zu aufferbauung dr heusern/ syhet man augenscheinlich/ das auß de Bergwerck/ mehr verlust un schadē/ dan nutz kome.

Georg AGRICOLA, Vom Bergwerck xii Bücher etc. Das erst Buch 1557, 6, einen Streit der Antike zitierend.

Vor Einführung des Steinkohlekoks für den Hochofenbetrieb war allein Holzkohle der Brennstoff und das Reduktionsmittel für die Eisenverhüttung. Der zunehmende Bedarf an Eisen verlangte nach einer professionalisierten Produktion und damit nach der immer weiterreichenden Nutzung von Waldbeständen. Der wesentliche technische Ablauf der Eisenverhüttung bestand im Mittelalter in der Reduzierung des Eisenerzes zu reinem beziehungsweise aufgekohltem Eisen, ein Prozess, der bei Eisenerzen aufgrund der hohen Sauerstoffbindung extrem reduzierende Bedingungen erfordert (TYLECOTE 1962, 183). Das Erz, meist ein Gemenge von Gestein und Eisenoxiden wurde im Holzkohlefeuer erhitzt, wobei das durch die mangelnde Sauerstoffzufuhr im Ofen entstehende Kohlenmonoxid die Eisenoxide über mehrere Stufen zu Eisen reduzierte. Durch die zunehmende Wärme im Ofen verflüssigte sich das Gestein und lief mit einem Teil des noch vorhandenen Eisenoxides ab, welches als Flussmittel für die notwendige Viskosität der Schlacke sorgte. Im Ofen blieb das reduzierte Eisen zurück.

Der Prozess ist, auch wenn regional verschiedene Ofenformen nachweisbar sind, grundsätzlich identisch, jedoch sind starke Qualitätsunterschiede und Wirkungsgrade zwischen den verschiedenen Erzen anzunehmen. In Schleswig-Holstein wurden von der Eisenzeit bis ins hohe oder sogar späte Mittelalter Raseneisenerze im Rennfeuerverfahren verhüttet, eine Weiterentwicklung zum Hochofenbetrieb, wie sie in vielen Regionen in der frühen Neuzeit stattfindet (vergl. AGRICOLA 1556), ist vor der industriellen Revolution bislang nicht belegbar.

5.2.1 Produktionsabläufe der Eisenverhüttung

Die Eisenherstellung und -verarbeitung ist in allen Produktionsstufen äußerst holzintensiv. Nach Aufstellungen von JOHANNSEN (1953, 90) waren in spätmittelalterlichen Eisenhütten der Oberpfalz von 11832 Hüttenbeschäftigten 5180 (ca. 44%) Personen ausschließlich mit Holzfällen und Holzkohleherstellung beschäftigt. Damit stellen die Waldarbeiter den größten Anteil an der Gesamtbelegschaft. Nicht alles Holz, welches eingeschlagen wurde, diente zur Produktion von Holzkohle. Bereits beim **Abbau** vieler Erze, soweit dieser unter Tage geschah, wurde Holz zum Abstützen der Stollen und Gruben sowie zur Konstruktion verschiedenster Maschinen benötigt. Die zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen des Georg AGRICOLA (1556) geben einen guten Einblick in den vielfältigen Gebrauch des Holzes in den Montanbetrieben. Umso erstaunlicher ist, dass das Vorhandensein von Holz und Wald trotz der hohen Abhängigkeit als allgemeine Voraussetzung in der spätmittelalterlichen Literatur weitgehend undiskutiert bleibt. Als Konsequenz aus dem immensen Holzbedarf wurden die Eisenverhüttungsanlagen im Mittelalter in abgelegene und walddreiche Gebiete verlegt, vorrangig in die erz- und holzreichen Mittelgebirge. Als Beispiele hierfür seien der Harz (HILLEBRECHT 1982), das Lahn-Dill Gebiet (JOCKENHÖVEL und WILLMS 2005) und die Erzgruben in Sachsen genannt (AGRICOLA 1556, CARLOWITZ 1713). Für den Abbau des in Schleswig-Holstein anstehenden Raseneisenerzes sind groß angelegte Gruben unnötig, da sich diese Erze dort bilden, wo eisenhaltiges Grundwasser mit Luftsauerstoff in Berührung kommt. Raseneisenerz ist ein Sammelbegriff für verschiedene Eisen- und Manganausfällungen, welche postglazialen Ursprungs sind und meist in 20-40 cm mächtigen Bändern oder eben so mächtigen Linsen mit 3-10 m Durchmesser knapp unter der Erdoberfläche auftreten (JÖNS 1997, 58). Vorrangige Verbindung ist Eisenhydrat oder auch Goethit ($\text{FeO}\cdot\text{OH}$) (LUND und JOUTTIJÄRVI 2000, 53); der Gehalt an Eisenverbindungen liegt je nach Qualität zwischen 20% und 75% der Erzmasse (JÖNS 1997, 58). Die mächtigsten Raseneisenerzvorkommen finden sich in Schleswig-Holstein auf den Geestgebieten des Mittelrückens und den Altmoränenkuppen sowie in flachmoorigen Niederungsgebieten innerhalb der Sander- und Talsanderflächen, im Nahbereich der ehemaligen Eisrandlagen der Weichselvereisung sowie in feuchten Niederungen von Bächen und Auen (JÖNS 1997, 58; vergl. Abb.3).

Die Eisenherstellung und -Verarbeitung an sich gliedert sich in vier Arbeitsschritte, die Aufbereitung des Erzes, die Verhüttung, das Ausschmieden und Reinigen der Eisenluppe und das Fertigen des Werkstückes.

Zur **Aufbereitung des Erzes** werden die abgebauten Erzbrocken im Wasser von lose anhaftendem Erdreich gereinigt und danach zusammen mit Holz aufgeschichtet und erhitzt. AGRICOLA (1556, 310) nennt diesen Vorgang das Rösten. Hierbei werden viele organische Verunreinigungen verbrannt, lose Erde wird getrocknet und rieselt vom Erz herunter und das im Erz enthaltene chemisch gebundene Wasser wird ausgetrieben. Das Erz nimmt durch

diesen Vorgang eine dunkelrote Farbe an und lässt sich leicht zerbrechen. Bei Johannsen hingegen wird der Vorgang des Röstens speziell für sulfidische Erze angewendet, wenn neben gebundenem Wasser auch schwefelhaltige Verbindungen ausgetrieben werden (JOHANNSEN 1953, 110). Als weiterer Schritt werden die Erzbrocken durch Zerpochen auf eine einheitliche Größe gebracht, J. LUND und A. JOUTIJÄRVI (2000) ermittelten durch Experimente Hasel- bis maximal Walnussgröße als beste Beschickungsgröße für Rennfeueröfen, ähnliche Werte gibt auch Johannsen aufgrund seiner historischen Forschung an (JOHANNSEN 1953, 111).

Zu den **technischen Einzelheiten des Verhüttungsprozesses** gibt es eine umfangreiche Literatur aus ganz Europa, welche Aussagen aus archäologischer Forschung, Interpretation von Bildmaterial und experimentelle Erfahrungen zusammenträgt. Durch die vielfältigen räumlichen und zeitlichen Bezüge variieren die beschriebenen Ofenformen, Zufuhrintervalle von Zug- oder Gebläseluft, Menge und Qualität des verwendeten Erzes, Holzkohlebedarf und Betriebsdauer beträchtlich, auch wenn im Kern das gleiche Verhüttungsverfahren angewandt wurde. In der experimentellen Forschung dominieren in den Versuchen Ofenformen der römischen Kaiserzeit und des Frühmittelalters (SOUCHOPOVA und STRANSKY 1991; THOMMES 1997, 185), jedoch funktionierten die im Mittelalter verwendeten Eisenverhüttungsöfen nach dem gleichen Prinzip. Der wesentliche Unterschied der Verfahren besteht darin, dass in den kaiserzeitlichen Öfen Schleswig-Holsteins die Schlacke meist in eine unter dem Ofen befindliche Grube geleitet wurde (JÖNS 1997), während man im Hochmittelalter die Schlacke seitlich aus dem Ofen abstach (HINGST 1969). Morphologisch sind großvolumige Schlacken der unterschiedlichen Zeitperioden somit in der Regel zu unterscheiden (vergl. Abb. 4).

Versuche speziell zur Verhüttung von Raseneisenerz mit eisenzeitlichen beziehungsweise kaiserzeitlichen Ofenformen wurden von Holsten und Nikulka (NIKULKA 1990, HOLSTEN und NIKULKA 1990), LUND und JOUTIJÄRVI (2000) und von REEPEN und DREXLER (2004) durchgeführt. Die folgende Beschreibung des Verhüttungsprozesses von Raseneisenerz basiert auf den Ergebnissen der genannten Untersuchungen sowie auf den Erkenntnissen aus dem kaiserzeitlichen Verhüttungsplatz Joldelund (JÖNS 1997), da diese Verfahren am ehesten auch für die Eisenverhüttung im schleswig-holsteinischen Mittelalter Geltung haben dürften.

Die eigentliche Eisenverhüttung geschah von der Eisenzeit bis in das Spätmittelalter im direkten Verhüttungsverfahren, in dem schmiedbares Eisen als Endprodukt hergestellt wurde. Beim direkten Verhüttungsverfahren entsteht zu keiner Zeit eine Temperatur, die ausreichend wäre, das Eisen selbst zu schmelzen und es durch eine übermäßige Kohlenstoffanreicherung zu Gusseisen oder Roheisen werden zu lassen, vielmehr wird das oxidreiche Eisenerz durch die reduzierenden Eigenschaften des Holzkohlefeuers zu Eisen umgewandelt wohingegen allein die Schlacke ausgeschmolzen wird und abläuft.

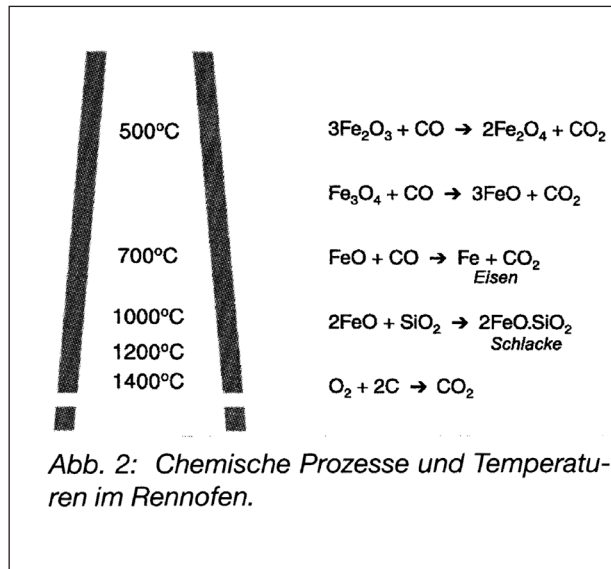


Abb. 21: Schematische Darstellung der Temperaturen und der chemischen Prozesse während des Verhüttungsvorgangs (LUND UND JOUTTIJÄRVI 2000, 57).

Vor der ersten Beschickung des Ofens mit Erz ist davon auszugehen, dass der Ofen mit Holz oder Holzkohle vorgeheizt wurde. Im Allgemeinen wird in den publizierten Experimenten wenig über die Qualität oder die Bruchgröße der verwendeten Holzkohle angegeben, allein HOLSTEN und NIKULKA (1990, 381, vergl. HOLSTEN u. a. 1991), erwähnen, dass sie Buchenholzkohle verwendeten, REEPEN und DREXLER (2004, 161) geben für ihre Experimente eine ideale Bruchgröße von 2-5 cm an, ohne jedoch die Holzart der verwendeten Kohlen zu nennen.

Die Beschickung des Rennfeuerofens erfolgt als Gemisch von Erz und Holzkohle beziehungsweise schichtweise. Beide Verfahren sind experimentell erfolgreich getestet worden, wobei die schichtweise Beschickung effektiver zu sein scheint (LUND UND JOUTTIJÄRVI 2000). Im Verlaufe des Verhüttungsprozesses sackt das Erz immer weiter im Ofen herab, während der Ofen von oben her kontinuierlich weiter befüllt wird. Die verbrennende Holzkohle erzeugt durch die Bildung von Kohlenmonoxid ein reduzierendes Milieu im Ofen, wodurch dem Eisenoxid des Erzes mit zunehmender Temperatur der gebundene Sauerstoff entzogen wird und als gasförmige Kohlenstoff-Sauerstoff-Verbindung aus dem Ofen entweicht. Durch diesen Vorgang werden die verschiedenen Eisen-Sauerstoff-Verbindungen zu reinem Eisen reduziert. Der benötigte Luftstrom erfolgte durch die Belüftungslöcher am unteren Ende des Ofens und wurde entweder durch den natürlichen Zug im Ofen oder durch Blasebälge reguliert. Bei Temperaturen zwischen 1100°C und 1200°C verflüssigen sich die noch vorhandenen Eisenoxide und bilden zusammen mit den mineralischen Bestandteilen des Erzes die Schlacke. Die aus dem Erz verbleibenden noch festen Eisenpartikel klumpen sich im Verlaufe des Verhüttungsprozesses zusammen und bilden die sogenannte Luppe, einen mit Schlackeresten verunreinigten, porösen Eisenschwamm, der sich auf dem Ofengrund, beziehungsweise auf der geschmolzenen Schlacke absetzt. Wenn der Rennofenbetrieb so lange andauert

hat, dass die Schlacke oder das produzierte Eisen die Belüftungslöcher verstopft, muss der Verhüttungsprozess abgebrochen werden und der Ofen auskühlen.

Nach **Abschluss des Verhüttungsprozesses** wird die Luppe aus dem Ofen entnommen. Dieses geschah bei eisenzeitlichen Öfen oft durch das Zerschlagen der Ofenwandung. In den Abbildungen des Georg AGRICOLA (1556, 367; vergl. Abb. 25) kann bei frühneuzeitlichen Öfen eine während des Betriebes zugemauerte Entnahmeöffnung erkannt werden, so dass der Ofen über mehrere Betriebsdurchgänge genutzt werden konnte. Auch HINGST (1969, 428; vergl. Abb 22) rekonstruiert bei den Öfen aus Flensburg-Wassersleben eine kleine Schlackeabfluss- und Entnahmeöffnung mit Ziegelumfassung.

Es folgt der Arbeitsschritt des **Ausheizens und Ausschmiedens der Luppe**. Da die schwammförmige und poröse Luppe in den Poren noch einen hohen Anteil an Schlacke enthält, muss diese mechanisch ausgetrieben werden. Hierzu wird die Luppe erneut auf eine Temperatur um 1200°C gebracht und mittels eines Hammers vorsichtig verdichtet. Die bei dieser Temperatur flüssige Schlacke wird durch das Zusammenpressen der Poren verdrängt, wobei das Eisen miteinander verschweißt wird und mit zunehmender Dauer des Prozesses an Reinheit und Homogenität gewinnt.

Als letzter Schritt folgt die **Herstellung des endgültigen Werkstückes** durch verschiedene schmiedetechnische Verfahren wie Strecken, Stauchen, Biegen, Trennen und Schweißen.

5.2.2 Archäologische Überlieferung von Eisenverhüttungsplätzen

In Schleswig-Holstein ist eine Vielzahl von Eisenverhüttungsplätzen aus verschiedenen Zeitstellungen bekannt. Ein Großteil der meist durch Beifunde datierten Verhüttungsplätze kann chronologisch in die römische Kaiserzeit eingeordnet werden (HINGST 1976, 119), etwa 15% der datierbaren Plätze können als mittelalterlich angesprochen werden (Datenbasis bei JÖNS 1992-1993, 51. Von 1546 bekannten, jedoch vorrangig undatierten Eisenverhüttungs-Fundstellen konnten 65 dem Mittelalter zugewiesen werden). Als gut untersuchter Eisenverhüttungsplatz in Schleswig-Holstein ist vor allen anderen der Fundort Joldelund (Kreis Nordfriesland) zu nennen (JÖNS 1997), der in die römische Kaiserzeit datiert. Die meisten mittelalterlichen Fundplätze, die im Zusammenhang mit der Eisenverhüttung stehen, wurden ausschließlich in kurzen Fundberichten veröffentlicht (HINGST 1971, 1974), allein zum Eisenverhüttungsrevier Flensburg-Wassersleben (Stadt Flensburg und Kreis Schleswig-Flensburg) gibt es etwas ausführliche Untersuchungen (HINGST 1969; THOMSEN 1971; PIASKOWSKY 1983). Die bislang dokumentierten und datierten Verhüttungsöfen Schleswig-Holsteins lassen den Schluss zu, dass die mittelalterlichen Öfen mit einem Durchmesser von etwa einem Meter deutlich größer als die eisenzeitlichen waren. Durch archäologische Befunde im Eisenverhüttungsrevier Flensburg-Wassersleben lässt sich für das hohe Mittelalter an dieser Stelle ein Ofentyp rekonstruieren, der im Aufgehenden von der Form

her etwa einer Birne glich und dessen Höhe etwas unter 1 m betragen haben mag. Die Datierung in das hohe Mittelalter wurde anhand von Keramik- und Ziegelformen von HINGST (1969, 426), vorgenommen. Das Baumaterial der zehn dokumentierten Öfen beinhaltete unter anderem Bruch von Klosterformatziegeln, ebenso war der für das Mittelalter typische seitliche Schlackenabstich zu erkennen. Jeder Ofen ließ sich aufgrund der hohen nachgewiesenen Schlackevolumina in den örtlichen Schlackehalden vermutlich mehrfach benutzen. HINGST (1969, 428) kommt in seinen Berechnungen auf 18 bis 30 Durchläufe pro archäologisch nachgewiesenem Ofenstandort.

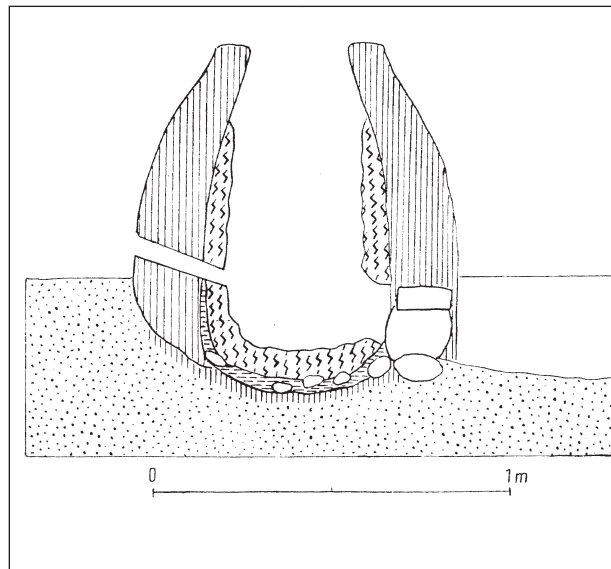


Abb. 22: Mittelalterlicher Eisenverhüttungs-ofen aus dem Eisenverhüttungsrevier Flensburg-Wassersleben (HINGST 1969, 428).

Morphologische Ähnlichkeiten zu den Ofenbefunden in Flensburg-Wassersleben und Schlackeformen der dortigen Halden bestehen zu Eisenverhüttungsplätzen im Handewitt (Kreis Schleswig-Flensburg), im Niederungswald Brokenlande bei Padenstedt (Kreis Rendsburg-Eckernförde), bei Bad Bramstedt (Kreis Segeberg), beim Duvenstedter Brook (Kreis Stormarn), zwischen Stafstedt und Luhnstedt (Kreis Rendsburg-Eckernförde), bei Dätgen (Kreis Rendsburg-Eckernförde), im Borsteler Wohld (Kreis Pinneberg), dem Schmedebarg zwischen Bargstedt und Gnutz (Kreis Rendsburg-Eckernförde) und bei Tarp in der Treeneniederung (Kreis Schleswig-Flensburg) (HINGST 1969; 1971; 1974; 1991). Zu den Fundorten Handewitt, Flensburg-Wassersleben und Bargstedt-Schmedebarg existieren metallographische Untersuchungen der Schlacke (THOMSEN 1971; PIASKOWSKY 1983), ansonsten sind kaum weitere Untersuchungen zu den genannten Eisenverhüttungsplätzen verfügbar.

Schon Freise bemerkte, dass häufig Holzkohlestücke im Bereich antiker Hüttenplätze zu finden und oftmals sogar Meilerstellen in unmittelbarer Umgebung vorhanden sind. Damit sind anthrakologische Untersuchungen dieser Plätze möglich. Für die Verhüttungsplätze im nördlichen Europa erwähnt er eine Nutzung von Fichten, Buchen und Eichenkohle, während die Etrusker Kastanien- und die Ägypter Akazienkohle nutzten (FREISE 1908, 85).

Archäologisch/botanische Untersuchungen zum Holzbedarf in der Eisenverhüttung sind in Schleswig-Holstein allein am Eisenverhüttungsplatz Jodelund durchgeführt worden (DÖRFLER und WIETHOLD 2000). Demnach sind relativ große Stämme von Eichen (*Quercus*) und Erlen (*Alnus*) zur Holzkohleherstellung für die Eisenverhüttung herangezogen worden, Niederwaldwirtschaft kann ausgeschlossen werden. Enge Jahrringe bei vielen Eichenstücken deuten auf FEuchte Standorte, beziehungsweise eine lang anhaltende Stresssituation für den Baum hin, wie sie durch intensive Beweidung oder regelmäßiges Schneiteln entsteht (vergl. CHRISTENSEN und RASMUSSEN 1991; DÖRFLER 2000, 229). Durch experimentell gestützte Untersuchungen und Modellierungen konnte allerdings eine von der Eisenverhüttung ausgehende Überbeanspruchung des Waldes, die sich in einer Auflichtung des Bestandes oder in der Bildung von Niederwäldern äußern würde, weitgehend ausgeschlossen werden (DÖRFLER und WIETHOLD 2000, 231-235).

Außerhalb Schleswig-Holsteins sind drei mittelalterliche Eisenverhüttungsreviere zu nennen, die auch bezüglich ihrer Holzversorgung untersucht wurden.

Der Eisenverhüttungsplatz in der Wietzeniederung bei Isernhagen (Kreis Burgdorf, Niedersachsen) weist eine Vielzahl von Meilerstellen und Eisenverhüttungsöfen sowie zerstreute Schlackefunde auf, die sich über ein Gebiet von 3,5 Quadratkilometer erstreckten. Hinweise auf eine dauerhafte Besiedlung des Gebietes fehlen, jedoch konnten insgesamt 34 Meilerstellen und 32 Schlackehalden eindeutig angesprochen werden (SCHULZ 1972, 308-312), auf der gesamten Prospektionsfläche ist inklusive der zerpflegten Befunde von mindestens 375 Meilern (SCHULZ 1972, 325) und 359 Schmelzplätzen auszugehen (SCHULZ 1972, 321). Anhand der Keramikfunde konnte die Eisenverhüttung über den Zeitraum von etwa 300 Jahren in das 13. bis zum 16. Jahrhundert datiert werden (SCHULZ 1972, 317, vergl. Kapitel 5.1.2). Ähnlich wie in Flensburg-Wassersleben erscheinen die Schmelzöfen im Vergleich zu den historisch dokumentierten Öfen der Montanregionen vergleichsweise einfach. Die Holzartenzusammensetzung spricht für eine vorrangige Nutzung der produktionsreichen Bruchwälder, die Holzarten Birke und Hasel deuten außerdem auf aufgelichteten Charakter der genutzten Waldflächen hin. Eine Niederwaldwirtschaft ist wahrscheinlich, kann aber auf Grund der aufgenommenen und publizierten Daten nicht bewiesen werden.

Deutlich umfangreicher untersucht und publiziert wurde das Eisenverhüttungsrevier Diezhölzetal im Lahn-Dill Kreis, Hessen. Die Anfänge der Eisenverhüttung gehen in dieser Region in die Hallstatt- und Latènezeit zurück und lassen sich bis in die Neuzeit verfolgen. Ab dem 15. Jahrhundert n. Chr. wurden wassergetriebene Hammerwerke an der Dill und ihren Nebenflüssen errichtet. Wie im benachbarten Siegerland bestand auch hier in historischer Zeit zwischen der Eisenverhüttung und der Haubergwirtschaft eine enge Verbindung, um die Brennstoffversorgung zu sichern. Verhütungsfähige Erze standen in Form von Braun- und Spateisengängen sowie als Roteisen reichlich zur Verfügung (JOCKENHÖVEL 1996a, 12-15).

Zahlreiche Schlackehalden, vorrangig entlang der Bachläufe, wurden als Überreste einstiger Verhüttungsanlagen erkannt und weitergehend untersucht. Die insgesamt 325 Plätze liegen einzeln oder in kleinen Gruppen zerstreut im Prospektionsgebiet (JOCKENHÖVEL und WILLMS 1993), die meisten Plätze sind jedoch durch Bachbaumaßnahmen, Dammanlagen, Straßenbau und neuzeitliche Köhlereitätigkeit gestört. Viele Schlackehalden wurden außerdem partiell abgetragen, um die noch recht eisenhaltigen Schlacken des Mittelalters in den weiterentwickelten Schmelzöfen des 16. bis 20. Jahrhunderts erneut aufzuschmelzen. Der Datierungsschwerpunkt der untersuchten Verhüttungsplätze liegt im späten Mittelalter, insgesamt sind Plätze vom 7. bis zum 14. Jahrhundert n. Chr. nachweisbar (JOCKENHÖVEL 1996a, 18-20).

Auch wenn die Verhüttungsanlagen fast regelhaft in Wassernähe gebaut zu sein scheinen, gibt es bislang keine archäologischen Hinweise auf sogenannte *Massenhütten*, deren Maschinen und Blasebälge mit Wasserkraft angetrieben wurden. Da die durch die Prospektionen aufgefundenen Meilerstellen auf den Hangterrassen deutlich jünger als die Eisenverhüttungsplätze datieren, muss für den Zeitraum des Hüttenbetriebes von Grubenverkohlungen ausgegangen werden. Im Zuge des Spätmittelalters verlagerte sich die Eisenverhüttung mit zunehmend größeren Öfen und wassergetriebenen Hämmern zu den größeren Bachtälern, die Rennfeuerverhüttung in den Hanglagen wurde aufgegeben. Erzbergbau, auch von qualitativ minderwertigen Erzen und Eisenherstellung sowie Holzkohleherstellung erfahren eine zunehmende räumliche Trennung.

Die im Diezhölzetal nachgewiesenen Öfen sind im Vergleich zu denen im Kluesries recht klein, der nachweisbare Durchmesser liegt bei ca. 30 cm, der Schlackeabstichkanal hat meist eine Länge von 1,2 m bis 1,5 m. Zum Teil sind die Öfen mit Steinen ummantelt. Pro Ofen kann eine Abstichmenge von 25 kg bis 35 kg Schlacke angenommen werden, die einzelnen Halden haben ein Schlackengewicht zwischen 20 t und 30 t (JOCKENHÖVEL 1996a, 23), woraus sich eine Größenordnung von 100 Abstichen pro Halde ergibt. Die einzelnen Plätze sind demnach kaum länger als eine Saison benutzt worden. Bei annähernd allen untersuchten Öfen fanden sich Pochstellen für das zur Beschickung zu zerkleinernde Erz, außerdem holzkohlereiche Plätze, die als Kohlelagerstellen angesprochen werden. Fragmente von Essen oder Hammerschlag, die neben der Eisenverhüttung auch auf eine Reinigung und Weiterverarbeitung des Eisens schließen lassen würden, sind nicht nachweisbar (WILLMS 1996, 43-45).

Durch paläobotanische Untersuchungen konnte für das Spätmittelalter eine Waldzusammensetzung ermittelt werden, welche eine deutliche Eichen- und Birkendominanz aufweist. Ab dem 16. Jahrhundert ist historisch die geregelte Haubergwirtschaft mit der typischen Eichen-Birken-Niederwaldstruktur dokumentiert. Die Haubergwirtschaft mit ihrem hohen Potenzial an Brennholzertrag wird demnach erst mit der Einführung der wassergetriebenen Hütten notwendig, die Rennöfen in den Hanglagen kamen laut JOCKENHÖVEL (1996a, 25) ohne geregelte Niederwaldwirtschaft aus.

Diese Aussage wird durch mehrere anthrakologische Untersuchungen durch M. SPEIER (1994) etwas differenziert. An mehreren Schlackehalden und Eisenverhüttungsplätzen

wurden Holzkohlen zur Beprobung entnommen, es wurden Holzarten, rekonstruierbare Stammdurchmesser, Schlagalter und Wuchsformen aufgenommen. Speier rekonstruierte zum Teil Stammdurchmesser über 40 cm. Wie die exakte Rekonstruktion der Durchmesser über 10 cm anhand der Holzkohlefunde im Detail möglich ist, geht aus den Beschreibungen der Untersuchungsmethode und der Beschaffenheit der Holzkohleproben nicht hervor, zur Durchmesserermittlung wurde, wie in dieser Arbeit auch, eine Kreisschablone genutzt, die an Durchmessern über 10 cm keine weiteren Differenzierungen zulässt. Die Angaben müssen demnach mit einer gewissen Vorsicht übernommen werden. Die angegebenen Baumalter sind entweder anhand vollständiger Stamm- oder Astquerschnitte nachvollziehbare Baumalter oder anhand von Jahrringzahlen an Bruchstücken ermittelte Minimalalter (SPEIER 1994, 141, Abb. 57).

In der Schlackehalde A 68, die anhand keramischer und ofenmorphologischer Vergleiche sowie aufgrund von zwei Radiocarbonatierungen in das 12.-13. Jahrhundert zu datieren ist, wurden 380 Holzkohlen auf Holzart und Durchmesser bestimmt, um das Ausgangsmaterial für die Holzkohle zu ermitteln (JOCKENHÖVEL und WILLMS 2005, 199-200). Für die zur Holzkohleherstellung herangezogenen Buchen wird ein maximaler Stammdurchmesser von 46 cm und ein Schlagalter von bis zu 42 Jahren angegeben, Eichen erreichten bei 22 cm Durchmesser ein Alter von 32 Jahren, Birken wurden bei 14 cm Durchmesser selten mehr als 15 Jahre alt. Außerdem ließ sich durch eine häufig auftretende asymmetrische Jahrringstruktur eine ausgiebige Nutzung von Astholz erkennen. Ausgehend von diesen Ergebnissen ist für diesen Fundplatz eine unregelmäßige Nutzung eines Buchenhochwaldes anzunehmen (JOCKENHÖVEL und WILLMS 2005, 184, SPEIER 1994, 147-148).

Der ins 10. bis 12. Jahrhundert datierende Eisenverhüttungsplatz B 87 wies ein Holzartenspektrum auf, welches trotz der älteren Datierung bereits deutlich die beginnende Aufflichtung des genutzten Areals veranschaulicht. Neben etwa 50% Buchenkohlen, deren Ausgangsmaterial aus teilweise über 40 Jahre alten Bäumen bestand, wurden vorrangig dünne Stämme um 10 cm von Erle, Birke und Eiche zur Holzkohleproduktion herangezogen. Das Schlagalter konnte bei vielen Stämmen auf 13 bis 16 Jahre rekonstruiert werden. Damit scheint schon für das 10. bis 12. Jahrhundert eine Mittelwaldwirtschaft im Zusammenhang mit der Eisenverhüttung annehmbar zu sein (JOCKENHÖVEL und WILLMS 2005, 279; SPEIER 1994).

Der Platz B 19, der deutlich jünger als die anderen Öfen im Verhüttungsrevier Diezhölze scheint, datiert vermutlich in den Beginn des 14. Jahrhunderts. Die anthrakologischen Untersuchungen an 231 Holzkohlen (SPEIER 1994, 147; JOCKENHÖVEL und WILLMS 2005, 206-207) ergaben ein genutztes Holzspektrum von etwa 44% Birke, 21% Eiche, 20% Buche, 14% Erle und 1% Hainbuche. Das Alter der genutzten Stämme variierte zwischen 2 und 27 Jahren, außerdem konnte ein hoher Astholzanteil nachgewiesen werden. Das Spektrum sowie die nachgewiesenen Holzdurchmesser suggerieren einen lichten, durch den vermehrten Einschlag stark ausgedünnten Wald mit geringen Altbeständen, eventuell sogar schon die beginnende Entwicklung der Haubergwirtschaft mit Eichen- und Birkendominanz. Es ist also eine durch

längerfristige Ausdünnung und Niederwaldwirtschaft bestimmte Waldform über das gesamte Mittelalter zumindest an einzelnen Fundplätzen nachweisbar, auch wenn, wie am Fundplatz A 68, noch im Hochmittelalter vereinzelt unregelmäßige Hochwaldnutzung möglich war. Vermutlich spielt hier die Entfernung zu den größeren Ansiedlungen eine Rolle, da siedlungsferne Wälder durch den alltäglichen Bedarf weniger genutzt wurden und so ihren Altbestand länger erhalten konnten. Die zeitliche Spanne der Eisenverhüttung von der Latènezeit bis in die frühe Neuzeit hinein deutet darauf hin, dass sich Holznachwuchs und Holzbedarf trotz deutlich nachzuweisender Waldbeeinflussung in einem Gleichgewicht befanden, auch wenn in historischer Zeit von Holz- und Kohlenmangel in der Region berichtet wird (SPEIER 1994, 23). Da die Holzauswahl an den verschiedenen Schmelzplätzen recht unterschiedlich ausfiel, kann davon ausgegangen werden, dass nicht die Holzqualität, sondern das vor Ort vorhandene Artenspektrum bestimmendes Kriterium war (JOCKENHÖVEL und WILLMS 2005, 380-381).

Im Zuge des Mittelalters vom 10 bis zum 13. Jahrhundert ist durch die dargestellten Holzkohleproben eine Änderung des Waldbildes vom Buchenhochwald über Mittelwälder zur Haubergwirtschaft mit Eichen und Birken anzunehmen. Im Spätmittelalter kommt es zu einer Regeneration der Buchenwälder, auch größere Erlen standen ab dieser Zeit wieder zur Verfügung.

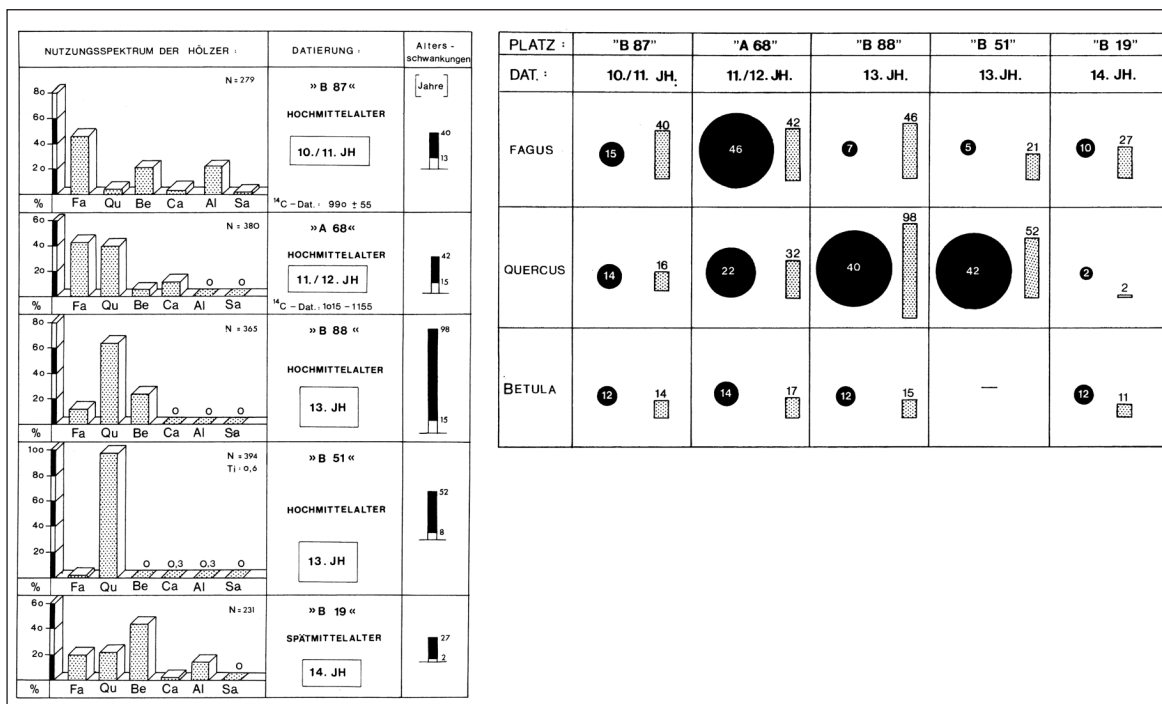


Abb. 23: Holzartenzusammensetzung, maximal und minimal feststellbares Schlagalter, Stammdurchmesser (schwarze Kreise) und höchste Jahrringzahl (graue Säulen) verschiedener Holzarten an den Eisenverhüttungsanlagen des Diezhölzetals (SPEIER 1994, 147 und 149).
 Fa- *Fagus*; Qu- *Quercus*; Be- *Betula*; Ca- *Carpinus*; Al- *Alnus*; Sa- *Salix*

Auch im Erzgebirge und im Erzgebirgsvorland wurden im Zuge der Untersuchungen von hoch- und spätmittelalterlichen Standorten der Eisenindustrie Holzkohle- und Pollenproben untersucht, um die Auswirkungen der frühen Industrie auf die Waldvegetation zu beschreiben. Als natürliche Vegetation wird, vor Beginn der Eisenverhüttung, ein Nadelwald aus Tannen und Fichten angenommen. Ein Pollendiagramm vom Treppenhauer (Kreis Mittweida, Sachsen) zeigt, dass die ursprüngliche Vegetation bereits im 12. Jahrhundert stark durch den Menschen beeinflusst war und der Getreideanbau zur Versorgung der Bergbausiedlungen den Wald zurückgedrängt hatte.

In den Bergausiedlungen selbst fanden sich in verschiedenen Schichten Holzkohlen, die eine weitgehende Verlichtung der Waldareale annehmen lassen. Es dominieren sowohl in der älteren als auch in der jüngeren Phase Pappel-, Birken- und Haselholzkohlen, Tanne und Buche kommen seltener vor. Weitere, nur in geringen Anteilen vorkommende Holzarten sind Eiche, Hainbuche, Linde, Ulme, Esche, Ahorn, Weide und Erle. Der Umstand, dass Ahorn, Hasel, Pappel und Weide im Gegensatz zu den Holzkohleanalysen im Pollendiagramm nicht nachgewiesen werden können, lässt neben einer schlechten Polenerhaltung (vorrangig der Pappel) vermuten, dass die genannten Holzarten bereits in sehr geringem Alter geschlagen wurden. Bestätigt wird diese Annahme durch das häufige Auftreten von Holzkohlen aus Zweigstücken unter 3 cm Durchmesser. Es ist eine Niederwaldwirtschaft mit geringen Umtriebszeiten anzunehmen. Die Diskrepanz zwischen dem häufigen Auftreten von Eiche im Pollendiagramm und dem spärlichen Auftreten von Eiche in den Holzkohlefunden spricht für eine weitgehende Schonung der Eiche (SCHWABENICKY 2009, 162-165).

5.2.3 Schriftquellen

Für die Rekonstruktion mittelalterlicher und frühneuzeitlicher Erzabbau- und Verhüttungsverfahren sind im Wesentlichen zwei Schriftquellen von Relevanz, die „de la Pyrotechnia“ von BIRINGUCCIO (um 1540, übersetzte Neuauflage Johannsen 1925) und die „*De re metallica libri XII*“, 12 Bücher des Berg- und Hüttenwesens“ von AGRICOLA (Erstauflage auf Latein 1556, in deutscher Sprache 1557, übersetzte Neuauflage 2006). Weniger deutliche Hinweise zu verschiedenen Prozessen der Eisen- und Edelmetallbearbeitung liefert die aus dem frühen 12. Jahrhundert stammende Schrift „*de diversibus artibus*“ von Theophilus Presbyter (DODWELL 1961). Hier werden einzelne Arbeitsschritte zur Einrichtung einer Metallwerkstatt, zum Bau von Schmiedeöfen und zum Härten und Veredeln von Metallen angesprochen, jedoch werden technische Einzelheiten zur Eisengewinnung nicht erwähnt.

Der aus Italien stammende Vanoccio Biringuccio beschreibt zu Beginn die verschiedenen Qualitäten des Eisenerzes und hebt die Qualität des elbanischen Erzes hervor, welches ohne großen Aufwand fast direkt im Schmiedefeuer verhüttet werden kann (BIRINGUCCIO 1540, 68-69; 73-75). In einem Schmiedefeuer, dessen Rand mit Steinen erhöht wurde, wird das Erz einige

Stunden lang im Holzkohlefeuer erhitzt, bis das gereinigte Eisen zurückbleibt. Das Eisen wird aus dem Feuer gezogen und zerschlagen, die kleinen Eisenstücke werden unter mehrmaligem Erhitzen unter dem Hammerwerk zu Stäben oder Barren gestreckt. Biringuccio nennt einen Gewichtsverlust von 40-45 % vom elbanischen Erz zum fertigen Eisen (BIRINGUCCIO 1540, 70). Für schlechtere oder unreinere Erze empfiehlt Biringuccio die Verwendung größerer Öfen, die im Betrieb mehr Erz und Kohle verlangen. Die Erze müssen geröstet, gepocht, gewaschen und von Hand nach Qualität sortiert werden, um annehmbare Ergebnisse zu erzielen. Der Ofen besteht aus einem Schacht, an dessen unterem Ende sich ein Blasebalg und eine Öffnung für den Schlackeabfluss befinden. Damit ist die Ofenkonstruktion im Wesentlichen mit den von HINGST (1969) rekonstruierten Ofenformen von Flensburg-Wassersleben identisch.

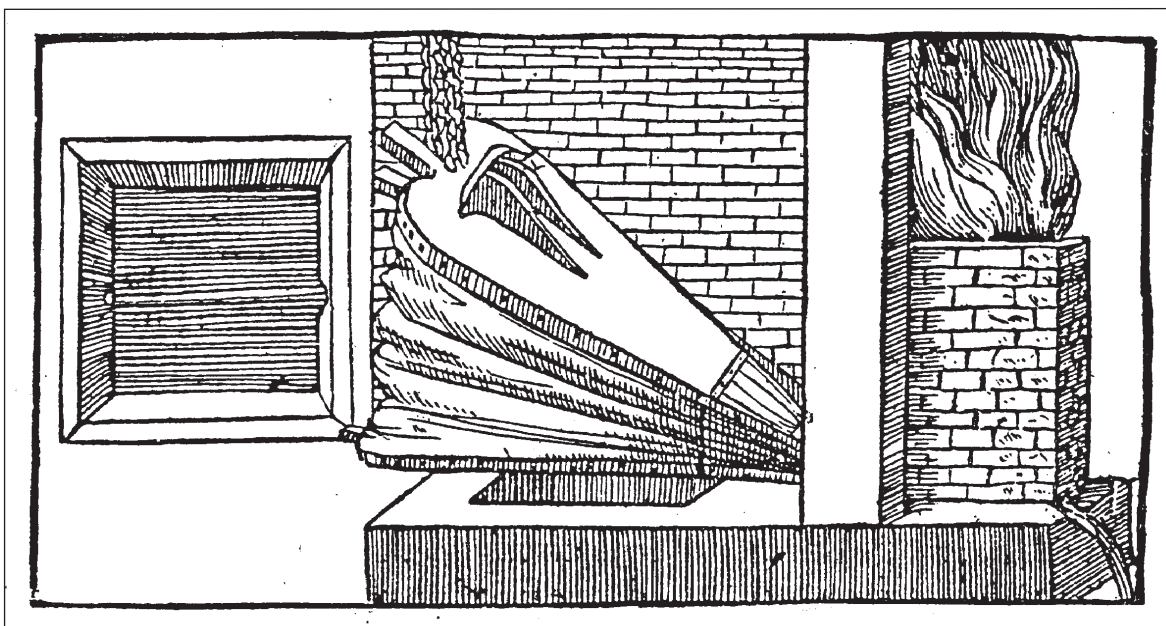


Abb. 24: Eisenverhüttungs-ofen des BIRINGUCCIO mit Blasebälgen und Schlackeabstich (1540, 71).

Das Erz muss je nach Beschaffenheit ein- oder zweimal den Verhüttungsprozess durchlaufen, doch kann es selbst bei einem erfahrenen Hüttenmeister vorkommen, dass kein schmiedbares Eisen produziert wird. Die Feinheiten der verschiedensten Verhüttungsverfahren variieren laut Biringuccio von Meister zu Meister, so dass auch von ihm ein generelles Vorgehen nicht beschrieben werden kann. Er hebt jedoch die große Wichtigkeit der Erzauswahl, der Ofenführung, des Erzsörtierens und der Holzkohlequalität für verschiedene Verhüttungsverfahren hervor (BIRINGUCCIO 1540, 72). Die Veredelung des Eisens zu Stahl unterscheidet sich nicht wesentlich von der Beschreibung bei Agricola (siehe unten).

Der vorrangig in der Bergmannssiedlung Joachimsthal in Sachsen wirkende Georg Agricola beschreibt die Eisengewinnung im Rennfeuer durchaus ähnlich zu den Ausführungen Biringuccios. Die Verhüttung qualitätvollen Erzes, welches sonst nicht genauer spezifiziert ist, geschieht in esseähnlichen Feuern. In der Mitte eines gemauerten Tisches befindet sich ein Tiegel von ca. 30 cm Tiefe und 45 cm Durchmesser. Erz, Brandkalk und Holzkohlen

werden schichtweise in den Tiegel eingebracht und unter präzise gesteuerter Luftzufuhr aufgeschmolzen. Die Schlacke wird nach vollständigem Füllen des Tiegels seitlich aus einem Abstichloch abgelassen. In dem Tiegel kann eine Eisenmenge bis zu drei Zentnern (gemeint ist vermutlich der spätmittelalterliche Zentner á 20,4-36,3 kg; vergl. WEDEPOHL 1998, 40) zurückbleiben, die nach dem Abkühlen von oben mit Brechstangen herausgehoben wird (AGRICOLA 1556, 364-366). Für unreinere oder kupferhaltige Eisenerze empfiehlt Agricola ebenfalls die Verwendung erz- und holzkohleintensiver Schachtöfen und mehrfaches Aufschmelzen des Erzes (AGRICOLA 1556, 366-368).

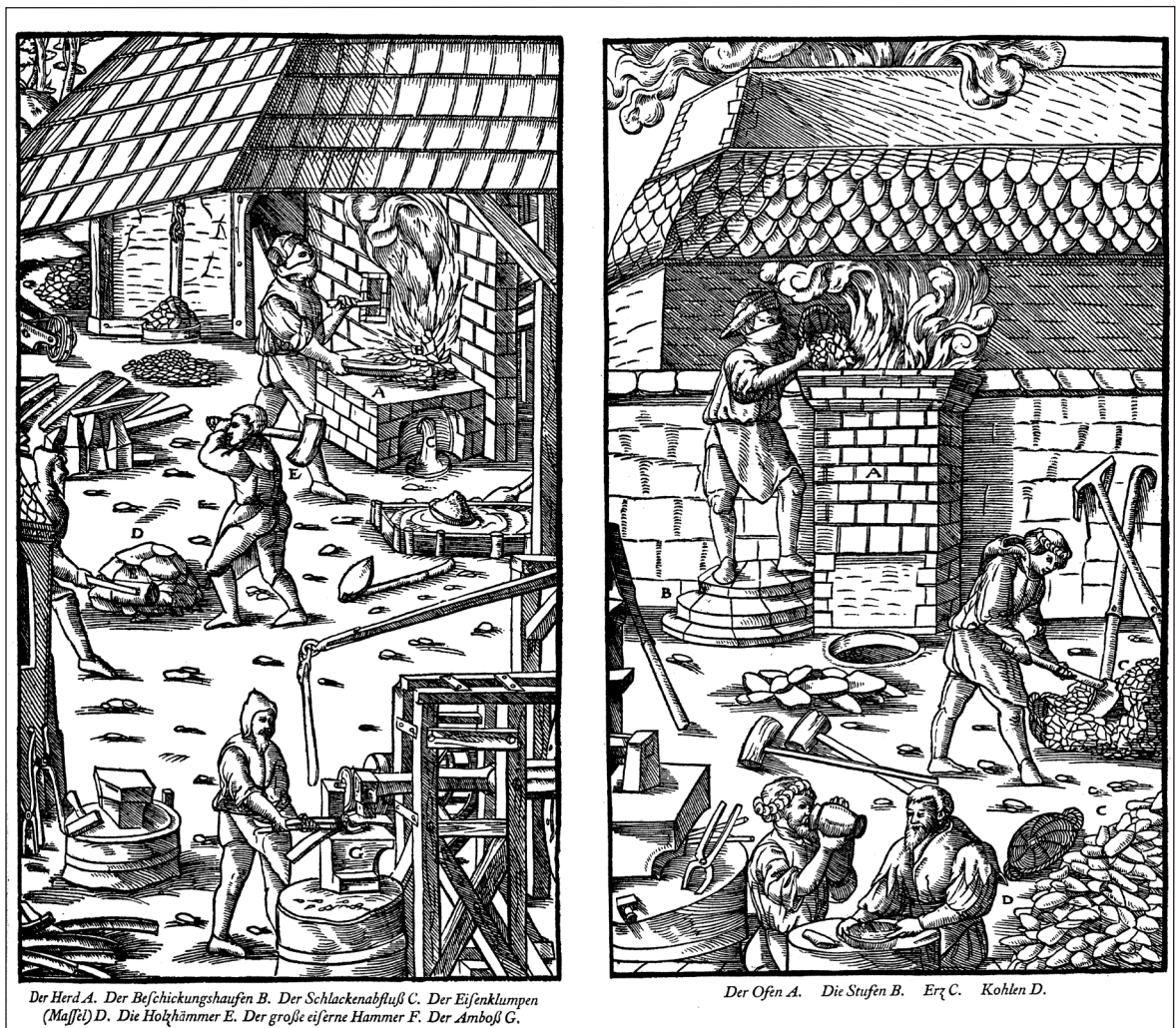


Abb. 25: Rennfeuerofen und Schachtöfen aus den 12 Büchern des Berg- und Hüttenwesens des Georg AGRICOLA. (1556, 365 und 367). Der Schachtöfen gleicht dem des bei Biringuccio abgebildeten.

Auch nach den Ausführungen des Agricola muss das entstandene Eisen, bei ihm „Massel“ genannt, vorsichtig ausgeschmiedet und gereinigt werden. Er erwähnt hierfür den Gebrauch eines Holzhammers, da das Eisen beim sofortigen Gebrauch des wasserradgetriebenen Schwanzhammers zerspringen würde. Der Prozess des Austreibens geschieht unter mehrfachem Erhitzen in einem Schmiedefeuere. Bevor das Eisen unter Schwanzhämmern zu Stäben oder anderen Halbfabrikaten

ausgetrieben werden kann, muss die verdichtete und grob von Schlacke gereinigte Massel mittels eines Meißels in handlichere Stücke zerteilt werden.

Als weiteren Schritt, der archäologisch nur schwer nachzuweisen sein dürfte, ist das Veredeln des produzierten Materials zu nennen. Agricola beschreibt die Umwandlung des gewonnenen Eisens zu Stahl, das sogenannte Frischen. Eisenmaterial, welches dem Hüttenmeister aufgrund seiner Brucheigenschaften tauglich erscheint, wird mit Zuschlagsstoffen in einem Tiegel erneut erhitzt, geschmiedet und abgeschreckt. Das Material wird erneut gebrochen, um die inzwischen erlangten Materialeigenschaften an der Helligkeit der Bruchflächen zu erkennen. Bei Bedarf wird der Vorgang mehrere Male wiederholt (AGRICOLA 1556, 368-369). Die Frischfeuer unterscheiden sich in ihrer Anlage kaum von den bei Agricola abgebildeten Rennfeuern und Schmiedeherden.

Auch wenn aus den genannten Schriften viel über die Herstellungsprozesse von Eisen ersehen werden kann, so bleiben doch genauere Quantifizierungen von verwendeter Erzmenge, benötigten Holzkohlemengen und erzeugter Eisenmenge weitgehend unklar. Die schriftliche Überlieferung trägt allerdings entscheidend dazu bei, die Befunde mittelalterlicher Eisenverhüttungsplätze zu interpretieren. Die Form der Öfen der schleswig-holsteinischen Verhüttungsplätze aus dem Mittelalter weist deutliche Parallelen zu der bei Agricola beschriebenen Verhüttungstechnik auf, auch wenn die Abbildungen bei Agricola einen deutlich höheren Arbeitskomfort suggerieren. Ein wesentlicher Unterschied besteht jedoch in der Dimension der Anlagen. Während sowohl bei Agricola als auch bei Biringuccio wassergetriebene Hämmer und Blasebälge der Standard zu sein scheinen, kann aus der Befundlage und den topographischen Gegebenheiten der Eisenverhüttungsplätze in Schleswig-Holstein und Niedersachsen eine wasserkraftunterstützte Eisenherstellung nicht rekonstruiert werden. Es ist davon auszugehen, dass die mittelalterlichen Öfen wie auch in der Eisenzeit durch handgetriebene Blasebälge, eventuell sogar nur durch den natürlichen Zug mit Luft versorgt wurden.

Speziell zum Verbrauch an Holz und Holzkohle sind wenige quantitative, jedoch mehrere qualitative Angaben aus der historischen Literatur zu entnehmen. PLINIUS (nat. hist. lib. 16, 27-29) bezeugt die höhere Qualität von Holzkohle aus jungen Stämmen, während BIRINGUCCIO (1540, 209) eine Bevorzugung von Kastanien- und Birkenkohle in der Eisenverarbeitung erwähnt. Agricola setzt Holz als unbegrenzt zur Verfügung stehendes Verbrauchsmaterial schlicht voraus, deutet auf vielen Abbildungen jedoch die Waldnutzungspraxis an. So werden oft stockausschlag- oder kopfweidenähnliche Bäume gezeigt, an denen Bergleute Äste kappen, sowie nicht wieder austreibende Stümpfe. Hochwälder werden geschlossen und langstämmig abgebildet (AGRICOLA 1556, 32-35). In der Haubergwirtschaft des Siegerlandes ist die Verwendung von Stockhölzern der Eiche und Birke zur Holzkohleproduktion mindestens seit dem 19. Jahrhundert eindeutig belegt (GLEITSMANN 1982, 34).

CARLOWITZ (1713) setzt sich im beginnenden 18. Jahrhundert für eine vermehrte Verwendung von Stockholzkohle aus schnell wachsenden Arten zum Schmelzofenbetrieb in Sachsen ein, da

diese größere und länger brennende Kohlen geben und somit den Holzverbrauch herabsetzen. Holzvogt SPECK (1821) nennt verschiedene Preiskategorien von Holzkohle zur Verwendung in den Flensburger Kupferhütten. In süddeutschen Eisenhütten wurde bis ins 19. Jahrhundert zur Stabeisenherstellung oft die Holzkohle von weichem Holz (Fichten- oder Erlen- und Pappelholzkohle) bevorzugt, da sie anders als Eichenholzkohlen großstückig bleiben und nicht in der Gebläseluft zerspringen. Buchen- Eschen- und Hainbuchenkohle wird ebenfalls ein positives Brandverhalten nachgesagt. Mit Einführung des Hochofenbetriebes wurde die Qualität der Kohle nebensächlich (BERG 1860, 107). Zusammenfassend lässt sich aus den historischen Schriftquellen eine bevorzugte Verwendung großstückiger Kohlen von Weichholz oder Buche in der Eisenverhüttung rekonstruieren, Eichenkohlen werden ausschließlich im Zusammenhang mit dem Haubergbetrieb genannt.

5.2.4 Experimente

Die Erforschung des Eisenverhüttungsprozesses ist eines der Hauptforschungsgebiete in der experimentellen Archäologie. THOMMES (1997, 185) stellte eine Zusammenfassung vieler bis dahin publizierter Experimente auf, seitdem sind noch einige weitere erfolgt.

Speziell zur Verhüttung von Raseneisenerz sind neben den von Thommes zitierten Experimenten durch HOLSTEN und NIKULKA (1990) noch Experimente durch LUND und JOUTTIJÄRVI (2000) sowie REEPEN und DREXLER (2004) erfolgt. Die Experimente beziehen sich auf verschiedene eisenzeitliche und frühmittelalterliche Ofenformen der Norddeutschen Tiefebene und Dänemarks beziehungsweise auf moderne Rennofenkonstruktionen mit Schlackeabstich (Thijs van de Manakker-Ofen). Sowohl aufgrund der Ofenformen als auch aufgrund der eingesetzten Erze sind die genannten Versuche am ehesten mit den archäologischen Überlieferungen in Schleswig-Holstein in Beziehung zu setzen. Analysen der experimentell erzeugten Schlacken von LUND und JOUTTIJÄRVI (2000) sowie der Schlacken des Diezhölzetals (LAMMERS 1996, 54-55), der Wietzeniederung (OSANN 1973, 116) und aus Flensburg-Wassersleben (PIASKOWSKI 1983, 55) zeigen, dass in allen Schlacken ein Eisenoxidgehalt von etwa 60% anzufinden ist. Aufgrund des hohen Eisengehaltes muss davon ausgegangen werden, dass an keinem der genannten Fundorte Zuschlagstoffe wie der bei AGRICOLA (1556, 364-366) erwähnte Kalk zur Eisenverhüttung verwendet wurden, die eine bessere Eisenausbeute aus den verwendeten Erzen zuließen. Die experimentell erprobten Verhüttungsverfahren können somit relativ problemlos zur Bewertung dieser mittelalterlichen Verhüttungsplätze eingesetzt werden.

Die Eisenverhüttungsversuche von HOLSTEN und NIKULKA (1990)

Auf Grundlage der Befunde der eisenzeitlichen Verhüttungsöfen von Groß Meckelsen (Landkreis Rotenburg/Wümme, Niedersachsen) wurden durch HOLSTEN und NIKULKA (1990)

mehrere Verhüttungsöfen aufgebaut und im Experiment betrieben. Im Kern der Experimente stand die quantitative Messung der verwendeten Rohmaterialien sowie der erzeugten Abfall- und Endprodukte, um eine Vorstellung vom Energiebedarf zu erhalten. Außerdem wurde die Wirtschaftlichkeit von Schacht- und Grubenöfen miteinander verglichen. Während der Schachtofen eher die Technologie der römischen Kaiserzeit repräsentiert, ist der Grubenofen in seinem Aufbau eher mit den mittelalterlichen Öfen mit seitlichem Schlackeabstich vergleichbar.

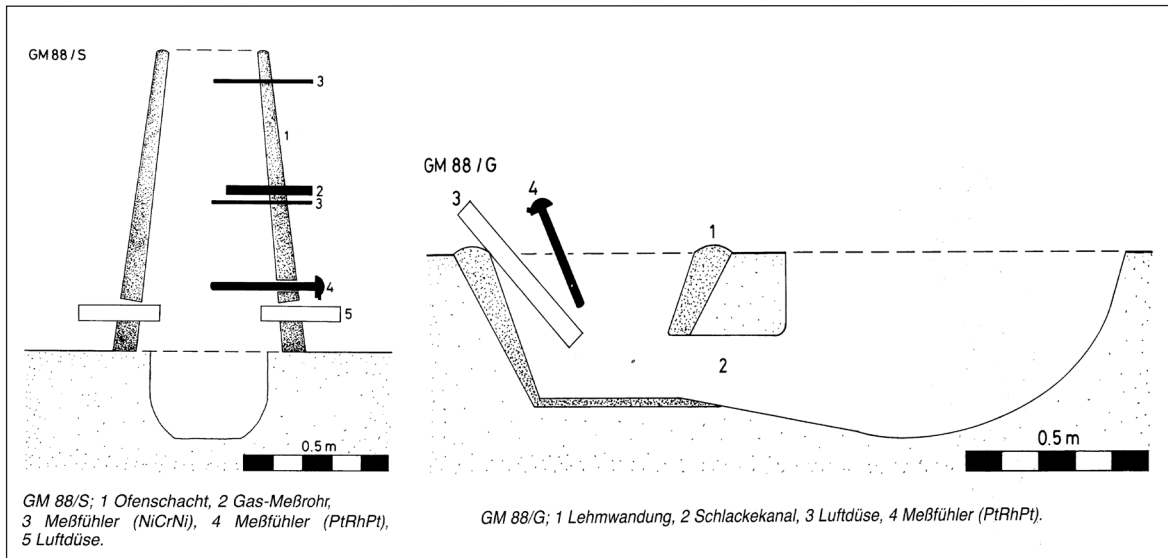


Abb. 26: Schachtofen GM88/S und Grubenofen GM88/G nach HOLSTEN und NIKULKA 1990, 380 - 381

Die Öfen wurden auf unterschiedliche Art und Weise belüftet, es kamen sowohl natürlicher Luftzug als auch Blasebälge und elektrisch betriebene Gebläse zum Einsatz.

Der erste Versuchsofen wurde in Kukate (Kreis Lüchow-Dannenberg, Niedersachsen) errichtet. Der Schachtofen wurde mit nicht abgewogener Holzkohle vorgeheizt und danach nach Bedarf gefüllt, kann also nicht zur Berechnung der Mengenverhältnisse herangezogen werden. Aufschlussreicher sind die Versuche in Groß Meckelsen und Hitzacker (Kreis Lüchow-Dannenberg, Niedersachsen). Hier wurden mehrere Schacht- und Grubenöfen experimentell betrieben und der Holzkohle- und Erzverbrauch dokumentiert. Die Ergebnisse werden hier kurz tabellarisch zusammengefasst.

Tab. 6: Stoffäquivalenzen der Eisenverhüttungsversuche von HOLSTEN und NIKULKA (1990).

Versuchsofen	Schlacke (kg)	Eingesetztes Erz (kg)	Eisengewinn (kg)	Holzkohleverbrauch <i>ohne</i> und mit Vorheizen des Ofens (kg)
Groß Meckelsen Schachtofen 1 (GM 88/S1)	11,36	15,0	0,168	46 55
Groß Meckelsen Schachtofen 2 (GM 88/S2)	14,99	15,0	0,133	39 48

Versuchsofen	Schlacke (kg)	Eingesetztes Erz (kg)	Eisengewinn (kg)	Holzkohleverbrauch <i>ohne</i> und mit Vorheizen des Ofens (kg)
Groß Meckelsen Grubenofen 1 (GM 88/G1)	14,14	15,0	0,399	30 50
Groß Meckelsen Grubenofen 2 (GM 88/ G2)	11,84	15,0	0,197	30 50
Hitzacker Schachtofen 1 (HI 89/S1)	?	42,0	0,215	?
Hitzacker Schachtofen 2 (HI 89/S2)	26,20	52,0	1,360	35 52

Dass die Versuche vermutlich nicht die gleiche Effizienz aufwiesen wie die mittelalterliche Eisenverhüttung, ist anzunehmen. Ein deutlicher Hinweis hierauf ist, dass es während der Versuche in keinem Fall zur direkten Luppenbildung kam, sondern nur einzelne Eisentropfen in der Schlacke eingeschlossen waren. Allein im Versuch HI 89/S2 reicherte sich Eisen in Form von Lamellen über der ausgeschmolzenen Schlacke an, so dass vom Ansatz einer Luppenbildung gesprochen werden kann.

Berücksichtigt man zur Berechnung einer Energiebilanz nur den als gelungenen zu bezeichnenden Versuch HI89/S2, ist ein Kilogramm Luppeneisen äquivalent zu 38,2 kg Erz, 19,5 kg Schlacke und 25,7kg Holzkohle ohne Vorheizen beziehungsweise 38,2 kg mit Vorheizen des Ofens. Die Differenz zwischen Schlackegewicht und Erzgewicht erklärt sich dadurch, dass beim Versuch HI 89/S2 nicht alle Schlacke gewogen wurde, somit kein repräsentativer Vergleichswert verfügbar ist.

Die Eisenverhüttungsversuche von LUND und JOUTIJÄRVI (2000)

Im Freilichtmuseum Moesgård (Dänemark) wurden von 1989 bis 1990 verschiedene Versuche zur Eisenverhüttung in Schachtofen mit Schlackegruben durchgeführt, einem Ofentyp, der vom 2. bis in das 7. Jahrhundert n. Chr. in Schleswig-Holstein und Dänemark in Gebrauch war (Voss 1993). Archäologisch sind aus diesen Öfen Schlackeklötze mit einem Gewicht von etwa 200 kg nachgewiesen, so dass eine beträchtliche Eisenausbeute angenommen werden kann. Schwerpunkt der Versuche war die gezielte Änderung einzelner Betriebsparameter, um die Auswirkungen auf die Gesamteffizienz und die Temperaturentwicklung im Ofen zu ermitteln. So wurde mit natürlichem Zug, kontinuierlicher Gebläseluft und schubweise zugeführter Gebläseluft experimentiert. Die höchste Effizienz wurde mit einer geschichteten Befüllung von Erz und Holzkohle und einem periodischen Gebläsebetrieb erreicht. Als Erz wurde Raseneisenerz mit 86% Eisenoxidgehalt verwendet.

Beim Betrieb mit periodischem Luftzug wurde stets dann Luft aus Blasebälgen zugeführt, wenn das eingefüllte Erz bis etwa 10-15 cm über die Belüftungsöffnungen herabgesunken war. Der Füllstand wurde anhand der nachgefüllten Holzkohle abgeschätzt. Durch diese Betriebsweise

wurde erreicht, dass die Reduktion des Erzes ohne zu große Hitzeentwicklung (bei 700°C-1000°C) und den damit verbundenen Materialabbrand vor sich ging, während allein zum Ausschmelzen der Schlacke die Temperatur kurzzeitig erhöht wurde (1200°C). Als beste Beschickungsgröße wurden hasel- bis walnussgroße Erzstücke ermittelt, bei kleineren Stücken oder gar pulverisiertem Erz war der natürliche Luftzug nicht mehr gewährleistet. In den Versuchen mit den Öfen 1, 3, 4 und 5 konnten Eisenluppen erzeugt werden.

Tab. 7: Stoffequivalenzen der Eisenverhüttungsversuche von LUND und JOUTTIÄRVI (2000)

Versuchsöfen	Schlacke (kg)	eingesetztes Erz (kg)	Eisengewinn (kg)	Holzkohleverbrauch <i>ohne</i> und mit vorheizen des Ofens (kg)
Ofen 1 (kontinuierliche Gebläseluft)	67-84	99	24	116
Ofen 2 (natürlicher Luftzug)		35		45
Ofen 3 (Gebläse periodisch)	78-98	80	28	80, 120
Ofen 4 (Gebläse periodisch)	123-154	190	44	340
Ofen 5 (Gebläse periodisch)	132-164	210	48	258

Durch die periodische Beschickung zeichnete sich schon während der Versuche in Ofen 4 und 5 ein Erz-Holzkohle-Gewichtsverhältnis von 10 zu 15 beziehungsweise 15 zu 18 ab. Das Gewicht des erzeugten Eisens betrug 24% bis 30% des verwendeten Erzes oder 29% bis 35% der erzeugten Schlacke, wobei neben geschmolzenem Erz auch Teile der geschmolzenen Ofenwandung mit in die Schlackegrube gelangten.

Nach dem Abschließenden Vergleich der Versuchsergebnisse können mindestens Ofen 4 und 5 als gelungen bezeichnet werden, konnte doch in beiden Öfen eine beachtliche Eisenluppe erzeugt werden. Durch die während der Versuche protokollierten Angaben kann eine Äquivalenzrechnung durchgeführt werden, wobei allein die Masse der produzierten Schlacke als Näherungswert anzugeben ist. Ein Kilogramm Luppeneisen ist äquivalent zu etwa 3,9 kg Raseneisenerz guter Qualität, etwa 3-3,5 kg Schlacke und etwa 4,4 kg Holzkohle. Gewichtsdifferenzen zwischen erzeugtem Eisen, Schlacke und eingesetztem Erz erklären sich durch das Abschmelzen der Ofenwände während des Verhüttungsprozesses.

Die Eisenverhüttungsexperimente von REEPEN und DREXLER (2004)

Die Versuche von REEPEN und DREXLER (2004) befassten sich ähnlich wie die Versuche von LUND und JOUTTIÄRVI (2000) mit der Änderung verschiedener Parameter während der Eisenverhüttung. Es wurden die Bauform der Öfen, die Körnung der Holzkohle und des Eisenerzes, unterschiedliche Raseneisenerzzusammensetzungen, die Auswirkungen von Schlacke als Zuschlagsstoff und die Temperaturführung in neun verschiedenen Versuchsdurchläufen untersucht.

Zur Versuchsdurchführung wurden Öfen vom Typ Scharmbek, vom Typ Espevej und der Thijs von de Manakker Ofen im Sachsenhof Greven aufgebaut. Bei den beiden erstgenannten Ofentypen

handelt es sich um Schachtöfen mit eingetiefter Schlackegrube, die Öfen unterscheiden sich vorrangig durch Anzahl und Ausrichtung der Lufteinlassöffnungen und durch das Ofenvolumen. Der Thijs von de Manakker Ofen besitzt eine Auflage zur Stabilisierung der Luppe und einen seitlichen Schlackeabstich, ähnelt in seiner Funktionsweise demnach den mittelalterlichen Öfen aus Flensburg-Wassersleben.

Bei allen Ofentypen stellten sich unabhängig von ihrer Größe Schwierigkeiten im Verhüttungsprozess ein, wenn die zugeführte Luftmenge nicht im angemessenen Verhältnis zur Ofengröße stand. Bei zu geringem Luftzug beziehungsweise zu geringer Belüftung drohte der Prozess zum Erliegen zu kommen, während eine zu heftige Belüftung die Schlacke im Bereich der Lufteinlassöffnungen erstarren ließ und die weitere Luftzufuhr verhinderte. Ähnliche Auswirkungen auf den Verhüttungsprozess ließen sich auch aus den verwendeten Bruchgrößen von Holzkohle und Eisenerz ableiten. Zu geringe Bruchgrößen unterbanden den Zug, während zu große Holzkohlenstücke eine diskontinuierliche Sackung und damit eine unkontrollierbare Temperaturführung verursachten. Die besten Ergebnisse wurden mit 2-5 cm durchmessender Kohle und hasel- bis walnussgroßen Erzbrocken erzielt, das eingesetzte Holzkohlegewicht lag bei dem 1,2fachen des eingesetzten Erzes.

Als Beschickungsmaterial wurden Raseneisenerze von zwei verschiedenen Abbauorten (Friesoythe, Kreis Cloppenburg; Hörstel, Kreis Steinfurt, beide Niedersachsen) mit einem Eisenoxidgehalt von 39% bis 68% verwendet. Die Anteile von Siliziumdioxid und Phosphat waren ebenfalls sehr unterschiedlich, selbst in den Erzen einer Abbaustelle. Der Gehalt an Siliziumdioxid ist ausschlaggebend für den Erfolg des Verhüttungsprozesses, da neben reinem Eisen die Schlacke, das Fayalit (2FeOxSiO_2), entsteht, also sämtliches im Erz enthaltenes Siliziumoxid mit einem Teil des Eisens in der Schlacke gebunden wird. Rein rechnerisch ist ein Verhüttungserfolg erst bei Verwendung von Erzen mit einem Verhältnis von Eisenoxid zu Siliziumdioxid von 1,9:1 zu erwarten. Die in den Experimenten verwendeten Erze hatten ein Verhältnis von Eisen zu Siliziumdioxid von 2,4:1 bis 9,1:1. Trotz der beachtlichen Unterschiede zwischen den Erzen war jedoch kein wesentlicher Unterschied im Erfolgsergebnis der einzelnen Versuche festzustellen, in den meisten Fällen wurde direkt schmiedbares Eisen erzeugt. Die Verwendung von Öfen mit seitlichem Abstich verlängerte den Verhüttungsprozess und sorgte so für die Bildung größerer und kompakterer Luppen. Grundsätzlich wurde in der Publikation der Versuchsreihe für keinen Einzelversuch die verwendete Erzmenge angegeben, allein eine missverständlich dargestellte Ausbeuteangabe in Prozenten ermöglicht die eventuell fehlerbehaftete Rückrechnung der Werte, die in folgenden Berechnungen in Klammern dargestellt werden.

Tab. 8: Stoffequivalenzen der Eisenverhüttungsversuche von REEPEN und DREXLER (2004)

Versuchsöfen	Schlacke (kg)	eingesetztes Erz, Abbauort und rekonstruierte Masse (kg)	Eisengewinn (kg)	rekonstruierter Holzkohleverbrauch (kg)
Scharmbeck	28,0	F, (27,9)	5,7	(33,5)
Espevej Mod.1	17,0	F, (17,1)	2,2	(20,5)
Espevej Mod. 1	20,0	F, (20,0)	0,5	(24,0)
Espevej Mod. 1	12,0	F, (12,0)	1,0	(14,4)
Espevej Mod. 1	18,2	F, (18,7)	1,7	(22,5)
Manakker Mod. 2	48,5	H, (48,2)	2,7	(49,4)
Manakker Mod. 1	59,8	H, (59,8)	13,7	(71,8)
Espevej Mod. 1	28,0	H, (28,0)	7,3	(33,6)
Espevej Mod. 2	41,7	H, (41,7)	4,0	(50,0)

Es bleibt bei der Aufstellung unklar, ob es sich um das Luppengewicht im Verhältnis zur Schlacke oder im Verhältnis zum eingesetzten Erz handelt, die rückgerechneten Werte deuten auf Ersteres hin. Das Gewicht der genutzten Holzkohle ist ebenfalls nicht aus den Daten der Publikation zu entnehmen, allein die Bezugsgröße von einem Gewichtsanteil Erz zu 1,2 Gewichtsanteilen Holzkohle kann zu Berechnungen herangezogen werden, ebenso wie die Verhältnisse von gewonnenem Eisen zu erzeugter Schlacke. Basierend auf diesen Angaben entspräche das Äquivalent zu einem Kilogramm Luppeneisen im Schnitt 12 kg Erz, 12 kg Schlacke und 14,6 kg Holzkohle, wobei die Extreme mit 4,6 kg und 48 kg Holzkohle pro Kilogramm erzeugtem Eisen um mehr als den Faktor 10 auseinander liegen und die besten Ergebnisse denen von LUND und JOUTTIJÄRVI (2000) ähneln.

Trotz der insgesamt lückenhaften Datenangaben bleibt die Versuchsreihe interessant, da gezeigt werden konnte, dass selbst mit eisenoxidarmem Erz eine Eisenverhüttung im Rennfeuerverfahren möglich ist und laut Aussage REEPEN und DREXLER (2004, 162) wenig Einfluss auf den Erfolg des Prozesses, wohl aber auf den Brennstoffverbrauch pro erzeugtem Kilogramm Eisen hat.

Versuche zur Eisenverarbeitung

Wenngleich der Holzkohlebedarf in der Eisenverhüttung durch viele Experimente vom Erz bis zur Luppe ausreichend genug untersucht ist, um Modellierungen zum Holzeinschlag vornehmen zu können, ist über den Holzkohlebedarf der eisenverarbeitenden Industrie und des Schmiedehandwerks wenig bekannt. Allein die Luppe vom Ofen 3 aus den Experimenten von LUND und JOUTTIJÄRVI (2000) wurde partiell ausgeschmiedet, um das Verhältnis von Luppeneisen zu Schmiedeeisen vor und nach dem Reinigungsprozess zu ermitteln (LYNGSTRØM 1999, LUND und JOUTTIJÄRVI 2000, 65). Aus 4 kg Luppeneisen wurden so 1,6 kg Schmiedeeisen gewonnen, also

etwa vier Zehntel des erzeugten Eisengewichts. Der Holzkohleverbrauch des Schmiedeversuchs wurde nicht dokumentiert. Außerdem muss aufgrund der Tatsache, dass es sich um einen Einzelversuch handelt und aufgrund der geringen Versuchsmasse hervorgehoben werden, dass es sich bei dem Verhältnis 2,5:1 nur um einen Richtwert handeln kann. Für die Rekonstruktion des Holzverbrauches muss demnach das Kilogramm Luppeneisen die Bezugsgröße bleiben.

Auch aus den historischen Angaben ist nur wenig zum Brennstoffverbrauch und zum Materialverlust bei der Schmiedeeisenherstellung bekannt, SIEFERLE (1982, 87) beziffert den Holzverbrauch zur Herstellung einer Tonne Schmiedeeisen aus Roheisen aufgrund dokumentierter Daten aus englischen Eisenwerken auf 1800 Kubikfuß, was etwa 5 t Holzkohle oder 30 fm Holz entspräche. Unklar bleibt, wie viel Roheisen zur Herstellung des Schmiedeeisens gereinigt werden musste. Hierzu gibt FREISE (1908, 111-112) Vergleichswerte aus dem persischen Raum und Indien an, wo aus 17,5 kg Luppeneisen 10-11 kg Eisen als Endprodukt gewonnen werden, allerdings kann für diese Untersuchung kein Holzkohleverbrauch angegeben werden.

Der Holzverbrauch eisenverarbeitender Werkstätten war bislang nicht Gegenstand experimentalarchäologischer Forschung. Deshalb wurde die Museumsschmiede im Freilichtmuseum Molfsee über zwei Jahre regelmäßig mit der aus den Meilerversuchen (vergl. Kapitel 4) hergestellten Holzkohle betrieben und der Holzkohleverbrauch pro Feuer und Stunde dokumentiert. Die Schmiede, die seit 1700 Bestandteil des Gutes Deutsch-Nienhof war (KAMPHAUSEN 1983, 62-64) gleicht im Aufbau den bei AGRICOLA (1556, 365 und 396) dargestellten Schmieden. Auf einem gemauerten Tisch befinden sich zwei Feuerstellen, die Luft wird durch zwei Zweikammerblasebälge den Schmiedefeuern zugeführt.

In der Eisenverarbeitung lässt sich nur schwer ein Holzkohleverbrauch für ein definiertes Werkstück angeben. Grund hierfür sind viele Faktoren, die nicht auf wissenschaftlicher Basis dokumentiert werden können. Zu nennen seien hier Geschicklichkeit des Handwerkers, Erfahrung in der Feuerführung sowie Größe und Qualität des Ausgangsmaterials, welches zur Produktion von Werkstücken herangezogen wurde. Deswegen wurde über den gesamten Betriebszeitraum ein mittlerer Holzkohleverbrauch pro Betriebsstunde ermittelt, um Rückrechnungen auf den Jahresverbrauch einer frühneuzeitlichen Schmiede zuzulassen. Die Arbeiten, die in diesem Zeitraum durchgeführt wurden, umfassen das gesamte Spektrum der in Mittelalter und früher Neuzeit durchgeführten Schmiedearbeiten (Anfertigung von Radreifen, Schmieden und Härten von verschiedenen Werkzeugen, Kunstschmiedearbeiten im Bauhandwerksbereich und verschiedenste Reparaturarbeiten). Auf modernes und elektrisch betriebenes Werkzeug wurde im gesamten Produktionszeitraum verzichtet. Als mittlerer Holzkohleverbrauch können 1,87 kg pro Stunde und Schmiedefeuer angegeben werden.

Hochgerechnet auf ein Jahr mit 300 Arbeitstagen bedeutete das, einen Arbeitstag von 10 Stunden vorausgesetzt, einen Holzkohleverbrauch von mindestens 5,6 t im Jahr.

Während des Betriebes konnte beobachtet werden, dass abhängig von der auszuführenden Arbeit der Holzkohleverbrauch stark differierte. So wurde bei wärmeintensiven Arbeiten

wie dem Ausschmieden größerer Metallbarren, dem Schmelzen von Metallen und dem Feuerverschweißen von verschiedenen Eisenstücken ein Holzkohleverbrauch von bis zu 3,75 kg pro Stunde und Schmiedefeuer erreicht, während Arbeiten mit dünnen Materialien und Blechen nur 0,6 kg Holzkohle pro Stunde und Schmiedefeuer benötigten. Da das Ausschmieden von Eisenluppen dem Feuerverschweißen größerer Barren vom Arbeitsprozess her sehr ähnlich ist, dürfte der Holzkohleverbrauch pro Stunde in etwa identisch sein. An einem Arbeitstag von 10 Stunden konnten ohne die Zuhilfenahme elektrischer oder mechanischer Hammerwerke etwa 2 kg schwere Eisenbarren aus kleineren Metallstücken zusammenschmiedet werden. Ähnlich wie bei den historisch und ethnografisch dokumentierten Eisenreinigungsprozessen konnte ein Materialabbrand von etwa 50% dokumentiert werden, es wurden also 4 kg Rohmetall und 37,5 kg Holzkohle zur Herstellung eines homogenen Eisenbarrens eingesetzt.

Zusammenfassend lässt sich aus den wenigen dokumentierten Vergleichen zum Brennstoffverbrauch im Schmiedehandwerk der Schluss ziehen, dass aus zwei Gewichtseinheiten Luppeneisen eine Gewichtseinheit Schmiedeeisen hergestellt werden kann und dass die dafür benötigte Holzkohlemenge das fünffache bis 18fache Gewicht des produzierten Schmiedeeisens ausmacht. Dieser Holzkohleverbrauch muss auf die benötigten Holzkohlemengen zur Herstellung des Luppenmaterials noch hinzugerechnet werden, um auf einen realistischen Brennstoffbedarf für die Eisenherstellung zu kommen.

5.2.5 Rekonstruierter Holzverbrauch

Sowohl auf der Grundlage historischer Quellen als auch anhand von Experimenten und Hochrechnungen, die auf archäologischem Material beruhen, sind Berechnungen zum Brennstoffverbrauch durch die Eisenverhüttung durchgeführt worden. Im Gegensatz zu der experimentellen Forschung gibt die historische Forschung im Rahmen der Überlieferungsgenauigkeit konkrete Daten für die dokumentierten Hüttenbetriebe an, leider nur außerhalb Schleswig-Holsteins. Durch einen Vergleich in den Rohstoffäquivalenzen ist so die nicht regional gebundene Frage zu klären, inwieweit die experimentellen Untersuchungen für eine Modellierung des spätmittelalterlichen Brennstoffverbrauches ausreichend exakte Werte liefern.

SIEFERLE (1982, 87) berechnete nach Angaben aus englischen Eisenwerken den Brennholzverbrauch für die Produktion von einer Tonne Roheisen auf 2 ½ Loads (Lasten) Holzkohle, die aus 800 Kubikfuß Holz (ca. 13 fm) hergestellt wurden. Leider gibt er wenig über die genauen Betriebsabläufe bekannt, so dass keine Aussagen über Erzqualität oder Ofenkonstruktionen getätigt werden können, jedoch ist anhand der Beschreibungen von einem industriellen Hochofenbetrieb der frühen Neuzeit auszugehen.

TYLECOTE (1962, 289) listet ebenfalls den Erz- und Holzkohleverbrauch der englischen Rennfeuerschmiede Byrkeknott um 1408-1409 auf, kommt jedoch zu einem ungleich höheren Holzverbrauch. Bei einem Erzeinsatz von 170 t wurden durch die Verbrennung von 291 t

Holzkohle 24,3 t Eisen und 155 t Schlacke erzeugt. Der entsprechende Holzverbrauch pro Tonne Eisen liegt bei 72 fm.

Ähnlich professionalisiert wie die englischen Hüttenwerke arbeiteten die wassergetriebenen Katalanschmieden (Pyrenäen, Spanien und Frankreich). Für sie wird der Holzkohleverbrauch von 3,4 t (20 fm) je Tonne Eisen bei einer Eisenausbeute von 31% aus den verwendeten Erzen angegeben (JOHANNSEN 1953, 125-126). Die Menge der erzeugten Schlacke liegt bei 3,2 Tonnen. Der im Vergleich zu den englischen Hütten geringe Holzbedarf erklärt sich durch die wesentlich gehaltvolleren Eisenerze der Region.

Vergleichsweise einheitlich präsentiert sich der historisch überlieferte Holzverbrauch pro Tonne erzeugten Eisens innerhalb Deutschlands. Die historische Überlieferung von den Haubergen des Siegerlandes gibt für die ortsansässige Eisenindustrie einen Verbrauch von 3,5 Tonnen Holzkohle für eine Tonne Eisen an, das entspräche 15-17 Tonnen Kohlholz (21-25 fm) (WINGEN 1982, 14).

Für die Waldschmieden im benachbarten Lahnbezirk ist eine Tagesproduktion von 200 kg Eisen im Rennverfahren belegt, wobei 19% des Erzes zu Luppeneisen wurden. Pro Tag dürfte demnach etwa eine Tonne Schlacke anfallen, der Holzkohleverbrauch wird mit mehr als 800 kg angegeben (JOHANNSEN 1953, 123). Umgerechnet auf die Tonne Eisen fallen über 5 t Schlacke bei einem Holzkohleverbrauch von über 4 t (24 fm) an.

Etwas geringer fällt der Holzkohleverbrauch in der Oberpfalz aus. Für die spätmittelalterlichen Eisenhütten dieser Region gibt JOHANNSEN (1953, 121-122) für die Erzeugung von 1 t Eisen in Rennherden ein benötigtes Kohlegewicht von 2,7 t (16 fm Kohlholz) an. Als Erze dienen Brauneisensteine. Um aus den erzeugten Luppen Schmiedeeisen herzustellen, ist mit einem Abbrand von 20% bis 25% des Luppengewichtes zu rechnen.

Die Rennfeuerbetriebe in Schlesien verwendeten die dort anstehenden Raseneisenerze, womit sie die größten Parallelen zur schleswig-holsteinischen Eisenverhüttung bezüglich der verwendeten Erzqualitäten aufweisen. Aus der schriftlichen Überlieferung, die bis in das 12. Jahrhundert zurückreicht, geht hervor, dass pro Verhüttungsgang eine Luppe von 60-70 kg Gewicht hergestellt wurde. Der Kohleverbrauch bei der Herstellung einer Tonne Luppeneisen betrug das 6 bis 7fache (36-42 fm) der Eisenausbeute. Das Erz wird mit einem Eisengehalt von 25% angegeben, die Eisenausbeute betrug 12, 5%. Pro Tonne Luppeneisen fielen so etwa 8 t Schlacke an (JOHANNSEN 1953, 124).

Ethnographische Vergleiche aus den indischen Provinzen Singhbhum und Dholbhum ergeben ein Volumenverhältnis von Eisenerz zu Holzkohle von 1:10 (FREISE 1908, 110-111). Aus $\frac{3}{4}$ Kubikfuß Erz, werden unter Einsatz von $7 \frac{1}{2}$ Kubikfuß Holzkohle 17,5 kg Luppeneisen geschmolzen. Nach der Reinigung der Luppe verbleiben 10-11 kg Eisen als Endprodukt. Übertragen auf Gewichtsäquivalenzen ist ein Holzkohleverbrauch von etwa 55 kg anzunehmen, mit welcher die gleiche Gewichtsmenge Erz geschmolzen wird. Die Erze haben einen Eisengehalt von 65-70%, der weitaus größte Anteil des Eisens verrinnt als Flussmittel in der Schlacke. 50% Verluste durch Flussmittelproduktion müssen auch bei

anderen ethnographischen Vergleichen in Afrika, im ehemaligen persischen Raum, und bei den Turkvölkern angenommen werden (FREISE 1908, 111-112).

Für die Eisenverhüttung der Raseneisenerze der Wietzeniederung (Niedersachsen) berechnete OSANN (1973, 114) auf Grundlage des archäologischen Materials und dessen chemischen Eigenschaften den Eisenertrag von 35 kg Eisengewicht produziert aus 100 kg Erz mit einem Eisengehalt von 61,3%. Ebenfalls ein Gewicht von 35 kg nimmt er als produzierte Rennschlacke an, ohne die Gewichts Differenz von 30 kg zu den 100 kg Erz näher zu erklären. Für die weitere Berechnung des Brennstoffbedarfs geht er außerdem von einem Holzkohle-Erz Gewichtsverhältnis von 1:1 aus, und nimmt für die Verkohlung einen Wirkungsgrad von Holz zu Holzkohle von 4:1 an. Eine Tonne Eisen und eine Tonne Schlacke werden nach dieser Hochrechnung unter Einsatz von 2,8 t Erz und 2,8 t Holzkohle hergestellt, was etwa 17 fm entspräche.

Ähnliche Berechnungen existieren auf Grundlage des archäologischen Materials aus dem Diezhölzetal im Lahn-Dill Kreis (Hessen) Für den Betrieb des an der Diezhölze gelegenen Ofens B88, der zur exemplarischen Untersuchung genauer beschrieben wird, sind genauere Daten zur Betriebsdauer und Eisenproduktion ermittelt worden. Sowohl Schlackehalde als auch Ofen waren ungestört. Mit den Ofenvolumen von etwa 90 Litern wurden innerhalb der Betriebsdauer 25 t Schlacke produziert und durch einen Schlackekanal abgestochen. Das entspricht etwa 35,5 kg Schlacke pro Ofendurchlauf. Die Datierung erfolgte mittels der im Haldenbereich ergrabenen Keramik in das späte 13. und frühe 14. Jahrhundert. Neben Laufschlacke aus dem Verhüttungsprozess sind auf der Schlackehalde Ofenschlacken und Ofenwandungen gefunden worden, so dass die durch die Verhüttung produzierte Schlackemenge nur etwa der halben Gesamtschlackemenge entspricht. Es ist demnach mit etwa 350 Abstichen zu rechnen, was der Produktionsdauer eines Sommers (100-150 Tage) entspräche (LAMMERS 1996, 51-53).

Der Wirkungsgrad eisenzeitlicher und mittelalterlicher Verhüttungsöfen ist verschiedentlich berechnet worden, die Berechnungen zum Ofen B88 beziehen sich auf die Hochrechnungen von SPERL (1988, 153). Er gibt auf Grundlage der Schlackeuntersuchungen vom latènezeitlichen Verhüttungsplatz Loitzendorf (Österreich) ein Verhältnis von 1:8 bis 1:6 von erzeugtem Eisen zu produzierter Schlacke an, einen Eisengehalt des Erzes von 50% vorausgesetzt.

Der Eisengehalt in der Schlacke im Diezhölzetal enthält immer noch einen Eisenanteil von bis zu 60%, der Eisenanteil im verhütteten Erz muss entsprechend höher gewesen sein. Außerdem muss davon ausgegangen werden, dass 5%-15% der Schlacke aus aufgeschmolzener Ofenwandung entstanden ist. Aus 30-40 t Eisenerz ließen sich mit demselben Gewichtseinsatz von Holzkohle so 5-10 t Luppeneisen gewinnen, wobei mindestens 3 t Ofenmaterial mit geschmolzen wurden. In Volumina ausgedrückt wird der Transportaufwand wesentlich deutlicher: das zur Eisenproduktion benötigte Erz hatte ein Volumen von 6m³ bis 9m³, während die Holzkohle 60 m³ bis 90 m³ beanspruchte, was etwa 100 fm bis 110 fm Brennholz oder der Rodung einer Haubergfläche von 3500-5000 m² entspräche (LAMMERS 1996).

Tab. 9: Äquivalenzen zu einer Tonne Luppeneisen nach ethnografischen, archäologischen und historischen Untersuchungen.

Eisenverhüttungsplatz, Quelle	Schlacke (t)	Erz (t)	Holzkohle (t)	Holz (fm)
SIEFERLE 1982, England	Keine Angabe	Keine Angabe	2 ½ loads bzw. 2,1 t	13 fm
WINGEN 1982, Siegerland	Keine Angabe	Keine Angabe	3,5 t	21 fm- 25 fm
FREISE 1908, Indien	Keine Angabe	3,2 t	1,7 t	11 fm
Tylecote 1962, England 1408-1409	6,4 t	7,0 t	11,9 t	72 fm
JOHANNSEN 1953, Lahnbezirk	5 t	5,3 t	4 t	24 fm
JOHANNSEN 1953, Schlesien	8 t	8 t	6-7 t	36 fm-42 fm
OSANN 1973, Wietzeniederung	2,8 t	2,8 t	2,8 t	17 fm
JOHANNSEN 1953, Oberpfalz	Keine Angabe	Keine Angabe	2,7 t	16 fm
JOHANNSEN 1953, Katalanshmieden	3,2 t	3,2 t	3,4 t	20 fm
JOHANNSEN 1953, korsische Rennfeuer	8 t	8 t	6 t-7 t	36 fm-42 fm
SPERL 1988, Latènezeit, Österreich	6 t-8 t	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe
LAMMERS, 1996, Diezhölzetal	Keine Angabe	3 t-5 t	3-5 t	18m-30 fm
Extremwerte	2,8 t bis 8 t	2,8 t bis 8 t	1,7 t bis 11,9 t	11 fm bis 72 fm
Durchschnitt	5,8 t	5,3 t	4,1 t	24,6 fm

Seit Ende des 19. Jahrhunderts besteht ein experimentalarchäologischer Ansatz, die Effizienz eisenzeitlicher und mittelalterlicher Eisenverhüttungstechniken zu rekonstruieren. Die im Aufbau und in der Effektivität unterschiedlichen Experimente bedienen sich verschiedenster Verhüttungstechniken und Erze. Um die unterschiedlichen Experimente vergleichbar darzustellen, werden alle Experimente auf die Bezugsgröße von einer Tonne Luppeneisen umgerechnet. Die Äquivalente von Holzkohlenmasse zu Kohlholzmasse werden ausgehend von den Köhlereiexperimenten (siehe Kapitel 4.9 und 4.10) mit dem Faktor 1:4 berechnet.

Eine zusammenfassende Darstellung und quellenkritische Beurteilung der nachvollziehbar dokumentierten Experimente bis zum Beginn der 1990er Jahre findet sich bei THOMMES (1997, 137- 180). Inwiefern die Werte in den Experimenten bezüglich des Holzkohleverbrauchs wirklich vergleichbar sind, muss in Einzelfällen fraglich bleiben, da in einigen Versuchsdokumentationen zwischen der Holzkohlebeschickung des Ofens während des Vorheizens und während der Schmelze nicht differenziert wurde. In der Zusammenstellung, in der verschiedenste Ofentypen, Erze und Versuchsanordnungen miteinander verglichen werden, streuen die ermittelten Effektivitäten (inklusive

Vorheizen der jeweiligen Versuchsöfen) zwischen 3,152 kg und 488,722 kg Holzkohle pro Kilogramm Eisenluppe. Abgesehen von der in der Praxis nicht zu erreichenden Genauigkeit der angegebenen Messungen differieren die Werte so weit voneinander, dass bei nicht allen Experimenten ein gelungener Prozessablauf gegeben gewesen sein kann. THOMMES (1997, 184) bemerkt folgerichtig, dass allein die Bildung eines Mittelwertes nicht zur Modellierung des Holzkohlebedarfs in der Eisenverhüttung genutzt werden kann, sondern extrem holzkohleintensive Verhüttungsprozesse (Tab. 10, Nr. 23-27) als nicht gelungen oder repräsentativ von der weiteren Berechnung ausgedeutet werden müssen. Der aus den verbleibenden Experimenten zu bildende durchschnittliche Holzkohlebedarf bewegt sich bei 19,5 t Holzkohle pro Tonne Eisenluppe, einem Holzvolumen von etwa 117m³. Das Gewicht der produzierten Schlacke kann aus den publizierten Daten nicht entnommen werden.

Tab. 10: Zusammenstellung der bei Thommes aufgeführten Eisenverhüttungsversuche (THOMMES 1997, 185). Zur Berechnung des Mittelwertes wurden hier nur die Zeilen 40, 43 und 44 zugunsten von 40,1, 43,1 und 44,1 ausgeschlossen.

Nr. Diagr.	HKges / kg L	HKv / kg L	HKs / kg L	Erz / kg L	Quelle
1	14,391	8,499	5,892	4,306	Gilles 1957 a
2	19,249	7,225	12,023	8,671	Gilles 1958 a
3	3,152		3,152	3,030	Gilles 1958 b
4	24,000		24,000	8,000	Wynne & Tylecote 1958 Nr.18
5	16,000		16,000	4,000	Wynne & Tylecote 1958 Nr.19
6	40,000		40,000	13,333	Wynne & Tylecote 1958 Nr.24
7	36,000		36,000	12,000	Wynne & Tylecote 1958 Nr.25
8	53,333		53,333	13,333	Wynne & Tylecote 1958 Nr.26
9	53,333		53,333	13,333	Wynne & Tylecote 1958 Nr.27
10	32,000		32,000	8,000	Wynne & Tylecote 1958 Nr.28
11	20,000		20,000	5,000	Wynne & Tylecote 1958 Nr.29
12	20,000		20,000	5,000	Wynne & Tylecote 1958 Nr.30
13	40,000		40,000	13,333	Wynne & Tylecote 1958 Nr.31
14	24,000		24,000	8,000	Wynne & Tylecote 1958 Nr.32
15	15,000		15,000	5,000	Wynne & Tylecote 1958 Nr.33
16	6,023	2,045	3,977	3,409	Pleiner 1991 Olomucany
17	17,750	9,000	17,500	11,500	Pleiner 1969 Zelechovice II.1
18	3,972	3,000	5,833	7,333	Pleiner 1969 Zelechovice II.2
19	13,275			10,050	Cleere 1971
20	2,875			1,600	Barbe & Thomsen 1983
21	7,143	1,905	3,333	3,333	Souhopova & Stransky 1983 IV73
22	14,535	5,000	9,535	37,200	Garbers 1990 Tscherno 6
23	404,762	226,190	178,571	89,286	Holsten & Nikulka 1990 GM 88/S1
24	488,722	263,158	225,564	112,782	Holsten & Nikulka 1990 GM 88/S2
25	162,907	87,719	75,188	37,594	Holsten & Nikulka 1990 GM 88/G1
26	329,949	177,665	152,284	79,142	Holsten & Nikulka 1990 GM 88/G2
27	302,326	162,791	139,535	69,767	Holsten & Nikulka 1990 HI 89/S1
28	39,877	21,472	18,405	9,202	Holsten & Nikulka 1990 HI 89/S2
29	22,658	8,458	14,200	14,200	Crew & Salter 1991 XP13
30	13,306	8,458	4,848	4,848	Crew & Salter 1991 XP14
31	12,512	8,458	4,054	4,324	Crew & Salter 1991 XP15
32	12,991	8,458	4,533	4,533	Crew & Salter 1991 XP16
33	17,833	8,458	9,375	4,688	Crew & Salter 1991 XP17, Crew 1991b
34	17,902	8,458	9,444	9,444	Crew & Salter 1991 XP18
35	21,791	8,458	13,333	6,667	Crew & Salter 1991 XP19
36	19,887	8,458	11,429	5,714	Crew & Salter 1991 XP20
37	13,619	8,458	5,161	2,581	Crew & Salter 1991 XP21
38	21,791	8,458	13,333	6,667	Crew & Salter 1991 XP22
39	21,681	8,458	13,223	6,612	Crew & Salter 1991 XP23
40	12,391	8,458	3,933	3,933	Crew & Salter 1991 XP24
40,1	12,921	6,741	6,180	3,933	Crew 1991a XP24
41	15,658	8,458	7,200	5,600	Crew & Salter 1991 XP25
42	13,791	8,458	5,333	5,333	Crew & Salter 1991 XP26
43	13,164	8,458	4,706	4,471	Crew & Salter 1991 XP27
43,1	14,117	8,235	5,882	4,471	Crew 1991a XP27
44	12,094	8,458	3,636	3,636	Crew & Salter 1991 XP28
44,1	10,908	6,363	4,545	3,636	Crew 1991a XP28
45	21,428	11,428	10,000	5,714	Crew 1991a XP29
46	14,285	9,523	4,762	3,810	Crew 1991a XP31
47	22,300	6,800	15,500	15,500	Tylecote & Adams 1991
48	13,446	5,544	7,905	8,784	Tylecote & Adams 1991
49	32,600	5,500	27,000	2,710	Tylecote & Adams 1991
50	5,000	2,045	2,955	2,273	Souhopova & Stransky 1991
51	11,118			7,412	Juleff 1996 Nr. 5
MW	50,747			14,431	Mittelwert

Auf ähnlichem Wege wie Thommes, stellte R. PLEINER (2000, 127) Hochrechnungen zum Holz- und Holzkohleverbrauch in der Eisenverhüttung an. Auf Basis seiner Daten aus den Experimenten von Želechovice (PLEINER 1969, 471) und den Experimenten von Crew und SALTER (1991) ermittelte er einen Wirkungsgrad, der zur Erzeugung einer Tonne Luppeneisen einen Holzkohleverbrauch von 5,6 t (34 fm) notwendig macht, wobei 4 t Schlacke anfallen und 5,6 t Hämatit-Erz mit einem Eisengehalt von 60% umgesetzt werden würden. Rechnet man das Ausheizen der Luppe und das Vorheizen der Ofen mit ein, ergäbe sich ein Wirkungsgrad von etwa 18 t Holzkohle pro Tonne Schmiedeeisen.

Beziehen sich die Modellierungen bei Thommes und Pleiner auf überregionale Einflüsse der Eisenverhüttung, müssen für die Region Schleswig-Holstein besonders die lokalen Gegebenheiten von Erzqualität und Verhütungstechnik berücksichtigt werden. Die im Vergleich zu den hoch- und spätmittelalterlichen Verhüttungszentren einfachen Verhüttungsöfen und die verwendeten Raseneisenerze lassen die mittelalterliche Eisenverhüttung in Schleswig-Holstein eher mit den eisen- und kaiserzeitlichen Verhüttungsanlagen vergleichbar erscheinen, als mit ebenfalls mittelalterlichen Anlagen der Montangebiete. Erst seit den 1990er Jahren sind erste erfolgreiche Versuche zur Verhüttung von Raseneisenerz durchgeführt worden. Die aus den Eisenverhüttungsversuchen von HOLSTEN und NIKULKA (1990), LUND und JOUTTIJÄRVI (2000) und REEPEN und DREXLER (2004) zu entnehmenden Äquivalenzen zu einer Tonne Luppeneisen bewegen sich zwischen 25 fm und 288 fm je produzierter Tonne Luppeneisen.

Tab. 11: Äquivalenzen zu einer Tonne Luppeneisen nach verschiedenen Experimenten zur Verhüttung von Raseneisenerz

Quelle/Versuch	Schlacke (t)	Erz (t)	Holzkohle (t)	Holz (fm)
HOLSTEN und NIKULKA 1990 Hi89/S2	19,5 t	38,2 t	25,7 t	154 fm
LUND und JOUTTIJÄRVI 2000, Ofen 1	2,86 t bis 3,44 t	4,125 t	4,8 t	29 fm
Dies. Ofen 3	2,86 t bis 3,44 t	2,86 t	4,2 t ; 2,86 t	25 fm ; 17 fm
Dies. Ofen 4	2,86 t bis 3,44 t	4,32 t	7,72 t	46 fm
Dies. Ofen 5	2,86 t bis 3,44 t	4,35 t	5,37 t	32 fm
REEPEN und DREXLER 2004, Scharmbeck	4,91 t	(4,91 t)	(5,9 t)	(36 fm)
Dies. Espevej Mod. 1	7,72 t	(7,72 t)	(9,3 t)	(56 fm)
Dies. Espevej Mod. 1	40,0 t	(40,0 t)	(48,0 t)	(288 fm)
Dies. Espevej Mod. 1	12,0 t	(12,0 t)	(14,4 t)	(87 fm)
Dies. Espevej Mod. 1	11,0 t	(11,0 t)	(13,2 t)	(79 fm)
Dies. Manakker Mod. 2	17,96 t	(17,96 t)	(21,5 t)	(129 fm)
Dies. Manakker Mod. 1	4,36 t	(4,36 t)	(5,2 t)	(31 fm)
Dies. Espevej Mod. 1	3,83 t	(3,83 t)	(4,6 t)	(28 fm)

Quelle/Versuch	Schlacke (t)	Erz (t)	Holzkohle (t)	Holz (fm)
Dies. Espevej Mod. 2	10,42 t	(10,42 t)	(12,5 t)	(75 fm)
Extremwerte	2,86 t bis 40 t	2,86 t bis (40 t)	4,2 bis (48 t)	25 fm bis (288 fm)
Durchschnitt	10,3 t	10,77 t (11,86 t)	9,6 t (13,0 t)	57 fm (78 fm)

Die Auflistungen der verschiedenen historischen und ethnographischen Betrachtungen sowie die auf vergleichbarer Ebene dargestellten Experimente zeigen, dass der Wirkungsgrad eines Verhüttungsprozesses bezüglich des gewonnenen Eisens stark von der Ofenform und der Erzqualität anhängig ist. Außerdem ist auffällig, dass der Holzkohleverbrauch pro erzeugter Tonne Eisen in den Experimenten von HOLSTEN und NIKULKA (1990) sowie denen von REEPEN und DREXLER (2004) deutlich höher ausfällt als der belegte Holzkohleverbrauch aus der schriftlichen Überlieferung. Ob diese Diskrepanz durch die unterschiedlichen Erze oder durch die Technik der Ofenführung zu erklären ist, muss vorerst offen bleiben. Modellierungen, die in allgemeiner Form den Metallertrag aus der Verhüttung errechnen sollen, scheinen so ohne differenzierte Kenntnis der verwendeten Erze und Betriebstechniken nicht möglich. Als mittlerer Richtwert sei jedoch, ausgehend von den angeführten Experimenten und der zitierten historischen Überlieferung ein Holzkohleverbrauch von etwa 8,75 t oder etwa 50 fm bis 55 fm Holz pro erzeugter Tonne Luppeneisen angeführt.

Für die archäologische Forschung auf dem Gebiet der Eisenherstellung ist aufgrund der Quellenlage weder das produzierte und verarbeitete Eisen noch die nachweisbare Holzkohle als Grundlage der quantitativen Beurteilung eines Verhüttungsplatzes zugänglich. Allein die als Abfall verworfene Schlacke kann in Gebieten wie Schleswig-Holstein, wo die Gefahr der nachträglichen Verwendung der mittelalterlichen Schlacken gering ist, für Aussagen bezüglich des Produktionsumfanges herangezogen werden. Das messbare Volumen der archäologisch nachweisbaren Schlackehügel kann auf einfachem Wege in eine Gewichtsmenge umgerechnet werden, die mit Hilfe der aufgestellten Tabellen eine Äquivalenzrechnung für Erzabbau und benötigte Holzkohle ermöglicht und im angedeuteten Rahmen eine Vorstellung der produzierten Eisenmenge liefern kann.

Grundsätzlich ist sowohl in der schriftlichen Überlieferung als auch in den Experimenten ein Holzkohleverbrauch belegbar, der in etwa dem verwendeten Erzgewicht entspricht. Wird der gesamte mineralische Anteil des Erzes aufgeschmolzen und in Schlacke verwandelt, entspricht die Masse der erzeugten Schlacke näherungsweise ebenfalls der Masse des eingesetzten Erzes. Schlacke, Holzkohle und Erz stehen in einem konstanten Verhältnis zueinander.

Bei einer Schlackedichte von 1,1-1,8 t/m³ im lose aufgeworfenen Zustand (vergl. JOCKENHÖVEL und WILLMS 2005, 104-105, 379) entspricht ein Kubikmeter Schlacke auf einer Schlackenhalde im Mittel einem Gewicht von etwa 1,5 t. Das entspräche gemäß den aufgestellten Durchschnittswerten einer Erzmenge von etwas über 1,5 t, einem produzierten

Luppengewicht von knapp 150 kg und einem Holzkohleverbrauch von etwa 1,9 t oder etwa 12 fm Kohlholz. Die in den Experimenten ermittelten Toleranzen im Holzkohleverbrauch pro Kubikmeter Schlacke lagen zwischen 9,5 fm und 20 fm, wobei die meisten Experimente einen Verbrauch von etwas über 10 fm pro Kubikmeter Schlacke ergaben. Bei reichhaltigen Eisenerzen und einem gut gelungenen Verhüttungsprozess, wie er für den Versuch LUND und JOUTIJÄRVI (2000), Ofen 3 anzunehmen ist, beträgt die Äquivalenz eines Kubikmeters Schlacke 1,5 Tonnen Erz, 520 kg Luppeneisen und 2,2 t Holzkohle beziehungsweise etwas über 13 fm Kohlholz, während bei weniger effektiven Verfahren wie dem Versuch Espevej 1,2 (REEPEN und DREXLER 2004) bei ähnlichen Holzkohle und Erzmengen nur etwa 37 kg Eisen erzeugt worden wären. Es scheint also vergleichsweise unerheblich, welche Erzqualität verwendet wurde, schon allein die Schlackemenge gibt Auskunft über die etwa verwendete Holzkohlemenge. Die produzierte Eisenmenge bleibt die alleinige Variable in Abhängigkeit von der Erzqualität und lässt sich nicht ohne weiteres durch Modellierungen rekonstruieren.

5.3 Glashütten

[So ist bekannt] daß Glas aus der Asche gemacht werde; welches doch so gar manifest und offenbar ist/ daß auch ein jeder/ der nur den geringsten Bescheid davon weiß/ solches mit Händen greifen kann; Ja in Hollstein und Mecklenburg wird fast nichts als Asche und gar wenig Sand zum Glas gebraucht.

Johannes Kunckel von LÖWENSTEIN, *Ars vitraria experimentalis* 1679, 23

Grundsätzlich wurden in der Antike und im Mittelalter drei Glasrezepturen verwendet, die sich zeitlich und regional bisweilen überschneiden. In der Antike sowie im Mittelalter wurde im Mittelmeerraum Soda-Asche-Glas produziert, wobei die Soda (im Wesentlichen Natriumcarbonat und Natriumbicarbonat, in der Antike Trona genannt) in Sodaseen abgebaut wurde, die Asche durch das Verbrennen natriumreicher Kräuter gewonnen wurde. Unterbrochen wird diese Herstellungstradition durch die römische Produktion von Soda-Kalk-Gläsern; der Kalk wurde aus zerstoßenen Muschelschalen gewonnen, Sodasalze kamen in natürlicher Form in Ägypten in den Salzseen und im Wadi Natrun in der libyschen Wüste vor beziehungsweise wurden aus dem Nilwasser gewonnen (BEZBORODOV 1975, 55-57).

Die Glasherstellung und die Weiterverarbeitung zu Hohl- und Fensterglas fußen im frühen Mittelalter im fränkischen Raum auf der römischen Tradition der Soda-Kalk-Gläser (SEIBEL 1998, 18). Im nordeuropäischen Raum war Hohlglas im frühen Mittelalter durchaus durch Handelskontakte bekannt, doch gibt es keine Hinweise auf eine lokale Glasproduktion. Lediglich zur Herstellung von einfachen Glasprodukten wie Glasperlen wurde importiertes

Material, meist Glasbruch, Glasstäbe oder Überreste römischer Mosaik (*tesserae*) verwendet. Hierzu gibt es mehrere Hinweise im bekannten Fundgut (STEPPUHN 1998, 16, 82-92). Ab dem Hochmittelalter nimmt der Bedarf an Fenster- und Hohlglas durch den steigenden Wohlstand des städtischen Bürgertums stark zu, es mehren sich die archäologischen und historischen Hinweise auf eine eigenständige Glasproduktion im gesamtdeutschen Raum, zuerst in den Mittelgebirgen (vergl. WEDEPOHL 2003b, 96, 109-110). In Norddeutschland wird zuerst im südlichen Niedersachsen (STEPHAN 1988-1989, STEPHAN u. a. 1992, STEPHAN 1997-1998; SEIBEL 1998, 19), wenig später auch im Bereich Lübeck (ERDMANN 1986) Glas produziert. Aufgrund der geringen Verfügbarkeit von Soda, die vorrangig im mediterranen Raum gewonnen wurde, musste stellvertretend Holzasche als alternatives Flussmittel genutzt werden, woraus sich der Name Holzasche-Glas für die mittelalterlichen Gläser ableitet. Die ältesten sicher datierbaren archäologischen Beweise für eine lokale Glasherstellung in Schleswig-Holstein finden sich im Holtdorfer Gehege (Kreis Rendsburg-Eckernförde, siehe Kapitel 6.7). Größte Verbreitung findet die Glasherstellung in Schleswig-Holstein im 17. Jahrhundert (MAGER 1930, 191, ROSENBOHM 1957, 104).

Im Gegensatz zur Eisenverarbeitung ist das Holz im betrachteten Forschungsgebiet nicht nur der Energieträger zur Erzeugung der Schmelztemperatur, sondern wesentlicher Bestandteil der Glasmasse in Form von Holzasche, wodurch der Gesamtverbrauch pro Anlage wesentlich gesteigert wird. Aus diesem Grunde wurden Glashütten nur in holzreichen und abgelegenen Gebieten angelegt, unter anderem in den dünn besiedelten und waldreichen Gebieten Schleswig-Holsteins.

5.3.1 Produktionsabläufe der Glasherstellung

Die Produktionsabläufe der Glasherstellung gliedern sich in die Vorbereitung der Rohmaterialien, das Anmengen und Aufschmelzen der Glasmasse und die Fertigung der Glasprodukte. Anders als bei der Eisenherstellung ist für das Spätmittelalter keine räumliche Trennung zwischen Rohmaterialherstellung und Fertigung der Endprodukte anzunehmen. Aufgrund einer umfangreichen schriftlichen Tradierung von der Spätantike bis ins 19. Jahrhundert und einer recht lebendigen Werktradition in heutigen Glashütten sind viele Einzelheiten der mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Glasherstellung bekannt.

Vorbereitung der Rohmaterialien

Die chemische Grundlage zur Glasherstellung ist das Aufschmelzen von Quarzsand (Siliziumdioxid) unter Zunahme von Flussmitteln (Alkalisalze, vorrangig Natrium- oder Kaliumkarbonat). Zum Härten der Glasmasse wird außerdem der Zuschlagsstoff Kalk benötigt (SEIBEL 1998, 21).

Quarzsand kommt unter natürlichen Bedingungen in einer für die Glasherstellung ausreichend reinen Zusammensetzung an verschiedenen Orten vor. Die schon in antiken Quellen überlieferten Abbaugelände für besonders reinen Sand befinden sich an der Mündung des Flusses Belus in Syrien und an der Mündung des Flusses Volturno bei Neapel (PLINIUS nat. hist. lib. 36, 124-125; BEZBORODOV 1975, 57). Die Reinheit der Sande ist von besonderer Bedeutung, da schon ein geringer Anteil an Verunreinigungen zu einer Verfärbung der Glasmasse führt. In Norddeutschland mussten natürlicher Weise andere reine Quarzvorkommen erschlossen werden. Speziell für Schleswig-Holstein weist J. KUNCKEL (1679, 47-49) in der *ars vitraria experimentalis* auf die Verwendung von Flintsteinen und durchsichtige Quarzkiesel aus der Eider hin, anderenorts werden weißer Sand, Bergkristall oder Quarze ohne Gesteinsbeimengungen verwendet, die zum Teil auch unter Tage gewonnen wurden (REINER u. a. 2004, 14-15). Die Steine oder der Sand werden im Wasser gereinigt, so dass alle lose anhaftenden Verunreinigungen abgewaschen werden. Danach erfolgt das Erhitzen des Quarzes bis zur Rotglut. Durch diese thermische Behandlung werden eisenhaltige Verunreinigungen rötlich eingefärbt, so dass sie durch Auslesen entfernt werden können, außerdem wird das Material porös, so dass es einfacher und gleichmäßiger zerpocht werden kann. Das reine Material ist durch und durch weiß und auf der Oberfläche zum Teil leicht glasig glänzend (REINER u. a. 2004, 21-25).

Ohne die Vermengung des Quarzsandes mit Flussmitteln ist es nicht möglich, den Quarz zu einer homogenen Masse zu schmelzen, da die durch die Verbrennung von Holz erzielten Temperaturen zu gering sind. Durch die Verwendung von Natrium- oder Kaliumsalzen als Flussmittel konnte der Schmelzpunkt von 1730°C auf etwa 1100°C gesenkt werden. Je nach regionalen Gegebenheiten wurden andere Methoden zur Gewinnung von Flussmitteln verwendet. Im Mittelmeerraum wurden in der Antike und in den mittelalterlichen Glashütten Italiens vorrangig Sodasalze (Na_2CO_3 und andere Natriumverbindungen) und Salze aus Pflanzenasche verwendet. Standen keine fossilen Salzvorkommen, bei KUNCKEL (1679, 327) *Bergsäfte* genannt, an, kann das Flussmittel zur Glasherstellung auch aus Pflanzenasche, eventuell mit einem Zuschlag von Meersalz, bestehen. Zur Gewinnung von Pflanzenasche dienten Pflanzen, die unter sauberen Bedingungen verbrannt wurden und deren Asche einen besonders hohen Gehalt an Alkalisalzen aufwies (BEZBORODOV 1975, 56). Der italienische Glasmacher Antonius Neri erwähnt für die frühbarocke Glasherstellung die Verwendung von salzreichen Kräutern aus der Levante, deren Asche er *Rochetta* nennt (KUNCKEL 1679, 10).

Der Materialumfang zur Gewinnung der Flussmittel ist im mittelalterlichen Europa wesentlich größer als im mediterranen Raum. Die Natronvorkommen und die Salzkräuter des Mittelmeerraumes standen nördlich der Alpen nicht in erforderlicher Menge zur Verfügung, weshalb zu anderen Aschequellen gegriffen wurde. Theophilus Presbyter (DODWELL 1961, 39) beschreibt im *Schedula diversarum Artium* schon für das Hochmittelalter die Verwendung von Buchenholzasche.

KUNCKEL (1679, 347-348) nennt eine Vielzahl von Bäumen und Kräutern, die zur Ascheherstellung geeignet sind, wobei er jedoch erwähnt, dass nicht aus allen Pflanzen eine gleiche Menge an Salz gewonnen werden kann. Er erkennt keine Unterschiede in der

Salzqualität, weshalb er neben gezielter Ascheherstellung auch das Recycling von Asche aus Bäckeröfen oder bürgerlichen Haushalten empfiehlt, „*wann es nur Aschn ist*“ (KUNCKEL 1697, 347). Besonderen Vorzug gibt er der Asche aus der Salzsiederei in Lüneburg aufgrund des vermeintlich höheren Salzgehaltes.

Eine andere Beschreibung zur Flussmittelgewinnung als die Verbrennung der mediterranen Salzkrauter findet sich ebenfalls bei BIRINGUCCIO (1540, 151), der zur Aschegewinnung die Verbrennung von Farnkraut und Baumflechten empfiehlt.

In der Diversität der verschiedenen Flussmittel liegt eine Hauptproblematik der Glasherstellung. Während durch die Verwendung von Soda der Schmelzpunkt des Glasgemenges (sogenannte Soda-Kalk Gläser) auf 1000°C-1050°C gesenkt werden konnte, lag der Schmelzpunkt der Glasmischung aus Quarzit und Holzrasche (abhängig vom Calciumgehalt) um 1200°C und höher (WEDEPOHL 2003a, 213-214). Wedepohl vermutet daher in der eher unspezifisch gehaltenen Formulierung „*ligna faginea multa*“ bei Theophilus Presbyter (DODWELL 1961, 37) die spezielle Verwendung von Buchenstammholz, da die Asche aus Astholz oder sonstigen Holzabfällen, vermutlich aufgrund des hohen Rindenanteils, mehr Calcium enthält und damit der Schmelzpunkt des Glasgemenges erst bei 1300°C läge. Die Verwendung von unspezifizierter Asche, wie sie bei Kunckel beschreiben wird, setzt eine weitaus verbesserte Temperaturnutzung der Öfen voraus, eine Innovation, die Wedepohl für die Zeit um 1300 annimmt, da ab dieser Zeit die Gläser erhöhte Calciumanteile aufweisen (WEDEPOHL 2003a, 215, WEDEPOHL 2003b, 133-134, 184, 185-189; WEDEPOHL, Vortrag auf dem 4. internationalen Glassymposium 2009).

Beim Brennen von besonders qualitätvoller Asche für die Herstellung weißer Gläser ist auf eine möglichst saubere Verbrennungsumgebung zu achten. Zu jeder Glashütte gehörten so Aschebrenner, die sich auf das Brennen von Holzrasche spezialisiert hatten. Besonders gute Asche soll durch das Aushöhlen und Verbrennen von alten oder morschen Bäumen gewonnen werden, beste Brennzeit ist im schneereichen Winter oder im trockensten Sommer, wenn die Asche wenig mit Erde vermengt wird (AGRICOLA 1556, 501; KUNCKEL 1679, 327-328; LOIBL 1996, 34, REINER u. a. 2004, 42-44, 56).

Die zu gewinnende Aschemenge schwankt stark zwischen verschiedenen Baumarten.

In ungereinigter Form ist die Asche nicht zur Herstellung von annähernd weißem Glas zu gebrauchen, da neben den eigentlich benötigten Salzen noch zu viele Beimengungen enthalten sind, meist Eisenverbindungen, die das Glas grünlich färben würden. Zur Reinigung und Lösung der Salze wird die Pflanzenrasche mehrfach in Wasser ausgelaugt, alle groben Schwebstoffe werden abgefiltert (KUNCKEL 1679, 348; REINER u. a. 2004, 56-59). Die Lauge wird in Kesseln eingekocht, bis allein das Salz, etwa ein Viertel des vorherigen Aschegewichtes (REINER u. a. 2004, 40), im Kessel zurück bleibt.

Ist eine besondere Klarheit des zukünftigen Glases angestrebt, wird das gewonnene Salz erneut gelöst und eingekocht, bis es die erforderliche Reinheit aufweist. Das gewonnene Salz wird geglüht (*calciniert*), wieder gelöst und eingekocht, bis es nach erneutem *Calcinieren*

weiß und rein ist (KUNCKEL 1679, 348). Das Endprodukt dieses Reinigungsprozesses ist aufgrund seines Herstellungsverfahrens auch unter dem Namen Pottasche (Kaliumcarbonat) bekannt. Experimente durch P. KURZMANN (2003, 266-267) ergaben, dass nach dreimaligem Wiederholen des Lösungs-, Filterungs- und Eindampfungsprozesses nur 5% des verwendeten Aschegewichtes als Pottasche zurückbleibt. J. H. ZEDLER (1734, Bd. 7, Spalte 1492-1493) billigt jedoch der zu gut gereinigten oder importierten Pottasche schlechtere Schmelzeigenschaften als der unaufwendiger gereinigten Baumasche zu. Wedepohl (Anmerkung auf dem 4. internationalen Glassymposium 2009) bestätigte, dass das mit reiner Pottasche geschmolzene Glas schlecht schmilzt und sehr brüchig wird, somit des Zusatzes von Kalk bedarf.

Grundsätzlich erhält man beim Verbrennen von Nadelhölzern weniger Pottasche als beim Verbrennen von Laubhölzern, die wiederum einen geringeren Pottaschegehalt als Farne und Kräuter aufweisen. Nadeln allein enthalten weniger Asche als Laub, aus der Rinde eines jeglichen Baumes ist mehr Asche zu gewinnen als aus seinem Holz (BEZBORODOV 1875, 47-48). Hier sei noch einmal auf den oben erwähnten Nachteil verwiesen, dass die Verwendung der Rinde einen höheren Schmelzpunkt des Glases zur Folge hat.

Im Gegensatz zu der natürlichen Soda (Na_2CO_3) werden aus Pflanzenasche vorrangig Kaliumsalze gewonnen (K_2CO_3). Neben den Kaliumsalzen sind in Holzasche außerdem Eisenverbindungen enthalten, die der aus Holzasche gefertigten Glasmasse stets eine grünliche Färbung geben, die typisch für sogenanntes Waldglas ist (SEIBEL 1998, 22). Erst die mehrfache Reinigung der Pottasche ermöglichte es, auch aus Holzasche weißes Glas zu schmelzen.

In den antiken und mittelalterlichen Schriftquellen ist der Zuschlag von Kalk zur Härtung der Glasmasse nicht erwähnt. Der Grund hierfür ist, dass bei der mediterranen Glasherstellung Kalk immer in Form von zerriebenen Muschelschalen im Sand zu finden war; in der mitteleuropäischen Glasherstellung hingegen befand sich ausreichend Calcium in der meist verwendeten Buchenholzasche (SEIBEL 1998, 23-24). Erst ab dem 18. Jahrhundert wird Kalk auch in Glasrezepturen nördlich der Alpen erwähnt (REINER u. a. 2004, 39).

Aufschmelzen der Glasmasse

Bevor ein Glas entsteht, welches zu Gefäßen oder Fensterglas verarbeitet werden kann, müssen die Ausgangsstoffe Quarzit und Flussmittel miteinander vermengt werden.

Das Mengenverhältnis variiert in den verschiedenen mittelalterlichen und frühbarocken Glasrezepten, jedoch ist in den meisten Fällen das Salz in seiner Funktion als Flussmittel der wesentliche Anteil der Mischung. Sowohl Theophilus Presbyter (DODWELL 1961, 39) als auch Georg AGRICOLA (1556, 501) geben als Mengenverhältnis zwei Raumteile Asche auf einen Raumteil Sand an (vergl. BEZBORODOV 1975, 54).

Die Rezepte bei BIRINGUCCIO (1540, 152) kommen mit einem geringeren Anteil an Asche aus, auf einen Teil Asche von Farn und Baumflechten entfallen zwei Anteile Bergkristall.

Wird die weniger qualitätvolle Asche von Bäckereien und Haushalten zur Glasherstellung verwendet, müssen etwa drei Anteile Asche pro Anteil Quarzit verwendet werden (BEZBORODOV

1975, 47-48). Einen deutlich höheren Ascheverbrauch nennt KUNCKEL (1679, 338) speziell für Schleswig-Holstein und Mecklenburg. Er beschreibt die Herstellung aus fast nichts anderem als geschmolzener Asche.

Das richtige Mischungsverhältnis von Asche zu Sand oder Quarz ist entscheidend für die Qualität des Glases. Beinhaltet das Gemenge zu viel Asche, zerfallen die fertigen Gläser unter Lufteinfluss innerhalb kurzer Zeit. Einen zu hohen Aschegehalt in der Glasmischung kann man durch längeres Glühen im Feuer ausheizen (KUNCKEL 1679, 339).

Als erster Schritt der eigentlichen Schmelze wird eine Fritte hergestellt, ein Sinterprodukt aus Flussmittel und Quarzsand. Bei einer Temperatur von etwa 720°C-900°C wird die Pottasche mit dem Quarzsand mehrere Stunden lang zusammengeschmolzen, ohne dass ein flüssiger Zustand erreicht wird (BEZBORODOV 1975, 89-96). Theophilus Presbyter beschreibt das Herstellen der Fritte als Rösten des gut durchmischten Asche- Quarz-Gemenges in einem Ofen. Die entstehende Fritte wird mehrmals mit einer Schaufel gewendet, um gleichmäßig durchzuwärmen (DODWELL 1961, 40). Bei diesem Vorgang, der auch Rauschmelze genannt wird, entweicht Kohlendioxid aus den Bestandteilen des Glasgemenges. Bei einer Temperatursteigerung bis zu 1200°C löst sich der Sand langsam vollständig auf, die Glasmasse wird teigartig bis zähflüssig.

Durch die Lösung der Gase ist das Glas stark mit Blasen durchsetzt. Um blasenfreies und durchscheinendes Glas zu erhalten, muss die vorgeschmolzene Glasmasse geläutert werden. Hierzu werden die Frittenstücke in einen Glashafen, einen großen Tiegel aus feinem, mit Schamotte gemagertem Ton umgefüllt. Bei einer Temperatursteigerung bis zu 1400°C verflüssigt sich die Glasschmelze so weit, dass die in der Schmelze entstandenen Gase entweichen können. Die dadurch entstehende Volumenreduktion muss durch mehrfaches Nachfüllen von Frittenmaterial ausgeglichen werden. Während der Läuterung muss die Glasschmelze im Hafen mehrmals umgerührt werden, um für eine vollkommene Durchmischung der Rohmaterialien zu sorgen. Auf der Oberfläche der Glasschmelze setzen sich zunehmend blasig verschmolzene Verunreinigungen und überschüssige Salze ab, die als sogenannte Glasgalle abgeschöpft werden. Der Vorgang der Läuterung dauert ebenso wie das Herstellen der Fritte mehrere Stunden, währenddessen der Glasofen ununterbrochen beheizt werden muss. Zur Verwendung kam vorrangig Buchenholz, welches lang und dünn gespalten und über dem Glasofen vollständig getrocknet wurde (KUNCKEL 1979, 5). Im Mittelalter und in der frühen Neuzeit konnte die Temperatur für die Läuterung nicht immer erreicht werden, weshalb viele mittelalterliche Gläser von kleinen Blasen durchsetzt sind (REINER u. a. 2004, 114). Durch Experimente im 19. Jahrhundert konnte nur eine Temperatur von 1230°C bei ausschließlicher Holzfeuerung über einen längeren Zeitraum gehalten werden, so dass das Glas nach damaligen Vorstellungen nur ungenügend geläutert wurde (KIRN 1831).

Vor der Verarbeitung des Glases muss die Glasmasse *kaltschüren* oder *abstehen*. Je nach Fertigungsintention wurde der Ofen so lange nicht geheizt, bis die Glasmasse auf 900°C bis 1200°C abgekühlt war und das Glas eine zähflüssige Konsistenz annahm, so dass das Glas geblasen werden konnte (REINER u. a. 2004, 117).

Fertigung der Glasprodukte

Grundsätzlich wurden im Mittelalter und in der frühen Neuzeit drei verschiedene Typen von Glasprodukten hergestellt: Flachglas, Hohlglas und Massivgläser. Während die Massivgläser, in ihrer Funktion meistens Glättgläser, die in etwa die Aufgabe des heutigen Bügeleisens besaßen, in einer einteiligen Form ohne größeren technischen Aufwand auch aus wenig qualitativem Glas hergestellt werden konnten (Steppuhn in RING 2003, 190), musste für die Herstellung von Flach- und Hohlglas die Glasmasse geblasen werden. Zwar wurde in der römischen Antike durchaus auch Fensterglas zu Scheiben gegossen, jedoch wurde diese Technik zur Herstellung von Fensterglas im Mittelalter nicht verfolgt. Zur Herstellung von Flachglas, dem weitaus häufigsten Glasprodukt, verfügte man im Mittelalter über zwei Methoden, das Zylinderverfahren und das Schleuderverfahren. Zum Herstellen von Flachglas im Zylinderverfahren, dem im Mittelalter vorrangig verwendeten Verfahren, wird mit der Glasmacherpfeife, einem an einem Ende in Holz eingefassten Eisenrohr, eine größere Menge zähflüssige Glasmasse aus dem Hafen entnommen. Durch die Glasmacherpfeife wird die Glasmasse aufgeblasen und mittels eines angehefteten Stabes weiter zu einem länglichen Kolben gestreckt. Die Enden des Glaskolbens werden abgetrennt und der entstandene Hohlzylinder wird aufgeschnitten, um auf einer Platte zu einer flachen Glasplatte ausgerollt werden zu können. Während der Arbeitsschritte muss das Glas mehrfach erwärmt werden, damit es bearbeitbar bleibt.

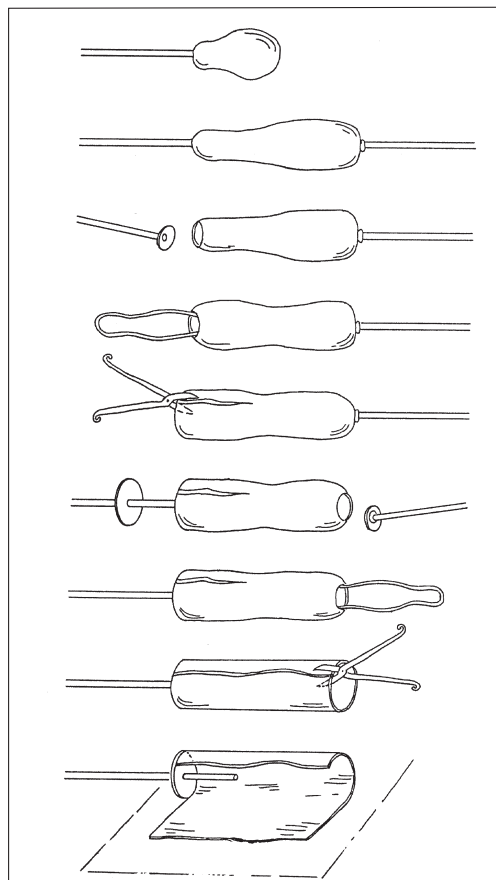


Abb. 27: Arbeitsschritte zur Herstellung von Flachglas im Zylinderverfahren (HENKES 1994, 349)

Den Abschluss jeglicher Glasverarbeitung stellt das Auskühlen des Glasproduktes dar. Da durch zu schnelles Abkühlen im Wasser oder an der Luft so starke Spannungen auftreten würden, dass das Glas springen würde, müssen die fertigen Glasprodukte langsam in einem sogenannten Kühllofen heruntergekühlt werden. Flachglas, das im Zylinderverfahren hergestellt wurde, ist an den im Glas eingeschlossenen linsen- bis spindelförmigen Luftbläschen zu erkennen. Die Bläschen sind parallel zur Streckrichtung angeordnet, so dass auch bei kleineren Bruchstücken das Herstellungsverfahren erkannt werden kann. Durch die lange Abkühlungsphase schmelzen die Ränder des Glases etwas an und werden etwas dicker als die Glasscheibe selbst (Steppuhn in RING 2003, 193-194).

Zuerst im Orient, jedoch durch den Einfluss der Kreuzfahrer ab dem 13. Jahrhundert auch in England, Italien, Belgien und Osteuropa, wurde Flachglas im Schleuderverfahren hergestellt. Hierzu wird die Glasmasse ebenfalls durch die Glasmacherpfeife aufgeblasen. Gegenüber der Pfeife wird ein Stab an den Glasballon geheftet, während hingegen die Pfeife abgeschlagen wird. Durch rasche Rotation des angehefteten Stabes streckt sich der Glasballon immer weiter zu einer runden Scheibe, die auf einer Holzplatte glatt gestrichen wird. Wird der Heftstab abgetrennt, bleibt an seiner Stelle eine leicht erhöhte Heftnarbe, der sogenannte Butze. Durch die Schleuderbewegung sind die Luftblasen im Glas konzentrisch angeordnet und leicht gekrümmt. Durch das Schleuderverfahren gewonnene, besonders große Glasscheiben wurden auch Mondscheiben genannt (Steppuhn in RING 2003, 194-195). In Schleswig Holstein kommen vermutlich importierte, jedoch im Schleuderverfahren hergestellte Glasscheiben ab dem 14. und 15. Jahrhundert auf (STEPPUHN und RADIS 2000).

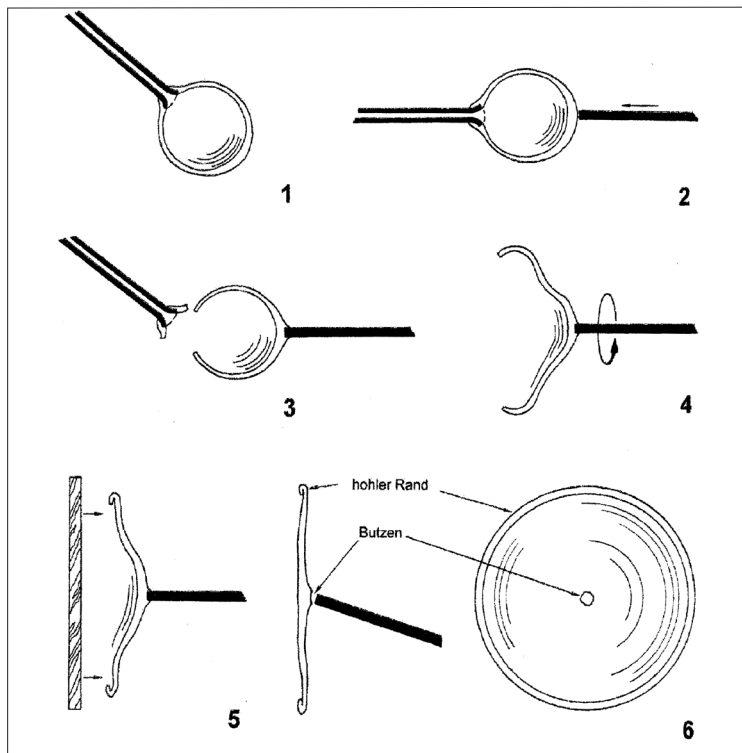


Abb. 28: Arbeitsschritte zur Herstellung von Flachglas im Schleuderverfahren (LANG 2001,142)

Zur Herstellung von Hohlglas gibt es im Wesentlichen drei Verfahren, mit denen die unterschiedlichsten Glasformen hergestellt werden können (SEIBEL 1998, 63). Am weitesten verbreitet dürfte das freie Formen eines Hohlglases aus einem oder mehreren Glasballons gewesen sein. Der an der Glasmacherpfeife anhaftende Kölbel, wie die viskose Glasmasse auch genannt wird, wird auf einer Marmorplatte gewälzt, bis die Glasmasse gleichm sig geformt ist. Danach wird der Kölbel zu seiner endgültigen Form aufgeblasen. Der Hohlkörper wird von der Pfeife abgeschlagen, zwischen dem Pfeifenansatz und dem eigentlichen Hohlglas bleibt eine Kappe über, die durch Schneiden im warmen Zustand entfernt wird.



Abb. 29: Herstellungsverfahren von Hohlglas nach AGRICOLA 1556, 507. Zu erkennen ist das Entnehmen der Glasmasse, das Wälzen des K lbels, das Entfernen der Kappe und das Aufblasen zum Hohlglas. Vor dem Ofen befinden sich einteilige Formen zur Produktion von gemustertem und optisch geblasenem Glas.

Zur Produktion gleichmäßiger oder gemusterter Gläser wurden verschiedene Formen verwendet, in die das Glas eingeblasen wurde. Während komplett formgeblasene Gläser in eine mehrteilige Holzform eingeblasen wurden, wurden optisch geblasene Gläser in eine einteilige gemusterte Form aus feuerfestem Hafenton eingeblasen. Die endgültige Form erhielt das Gefäß erst durch nachträgliches Aufblasen und freies Ausformen (Steppuhn in RING 2003, 188-189).

5.3.2 Archäologische Überlieferung von Glashütten

Standorte von Glashütten von der Spätantike bis in die Neuzeit hinein sind in größerer Zahl bekannt, jedoch müssen umfangreiche archäologische Untersuchungen der Anlagen als selten gelten (LEIBER 1983; SEIBEL 1998; FROMMER und KOTTMANN 2004; STEPHAN 1988-1989, STEPPUHN 2003). Aufgrund des hohen Holzbedarfes lagen die meisten Glashütten weitab der menschlichen Ansiedlungen in den Wäldern des Mittelgebirgsraumes, weshalb viele Standorte bis heute als weitgehend ungestört gelten können. In Schleswig-Holstein sind die Möglichkeiten der archäologischen Überlieferung von Glashütten ungleich geringer. Grund hierfür ist die flache bis hügelige Ausprägung der Landschaft, die einen großräumigen Ackerbau möglich macht. Viele der heute bekannten Glashütten sind vom Ackerbau überprägt, Befunde oder gar obertägig sichtbare Reste von Ofenkonstruktionen sind auf solchen Standorten nicht mehr anzutreffen. Allein der weiträumig zerpflegte Glasbruch, meist Reste der Flachglas- oder Flaschenproduktion, zeigen den Standort einer ehemaligen Glashütte an. Besonders das Vorkommen von Glasgalle, Pfeifenabschlägen und Tiegelfragmenten muss als direkter Beleg für eine Glashütte angesehen werden. Kam es durch den Glashüttenbetrieb nicht zur vollkommenen Rodung des Einzugesbietes, so dass sich der verbliebene Baumbestand zum geschlossenen Wald regenerieren konnte, besteht eine weitaus höhere Wahrscheinlichkeit, dass die Glashüttenbefunde weitgehend ungestört erhalten sind. In Schleswig-Holstein können die Glashütte im Holtdorfer Gehege, die Glashütte Overndorfer Redder und die in den 1990er Jahren gegrabene Glashütte im Waldstück Bollhusen als weitgehend ungestörte, hoch- oder spätmittelalterliche Glashütten gelten (vergl. Kapitel 6.7 und 6.8). Durch H. J. Kruse den Leiter des Kreismuseums Plön, welches auch eine umfangreiche Glassammlung beherbergt, wurden noch weitere, vorrangig barocke Glashütten in Schleswig-Holstein untersucht, jedoch liegen bis heute keine publizierten Ergebnisse vor, so dass wenig über die Befundsituation schleswig-holsteinischer Glashütten bekannt ist. Anzahl und Konstruktion der Glasöfen, Umfang der Glasproduktion und Einzelheiten des Produktionsprozesses müssen so unter Zuhilfenahme überregionaler Vergleiche genauer beschrieben werden.

Archäologisch gut untersucht sind die Überreste der hochmittelalterlichen Glashütte am Bach Steimcke im Bramwald (Niedersachsen, Kreis Göttingen, STEPHAN 1988-1989; 1997-1998; STEPHAN u. a. 1992) sowie die spätmittelalterliche Glashütte Glaswasen im Schönbuch

(Baden Württemberg, Landkreis Tübingen, FROMMER und KOTTMANN 2004), die hier zur Darlegung der Befundgegebenheiten herangezogen werden.

Die Glashütte an der Steimcke liegt am Zusammenfluss von Steimcke und Niembach. Sie wurde als Teil eines Forschungsprojektes zu den Waldglashütten in Südniedersachsen in den Jahren 1986-1987 archäologisch untersucht. Die Glashütte wurde anhand der häufig auftretenden Keramik in das beginnende 13. Jahrhundert datiert. Im näheren Umfeld der hochmittelalterlichen Glashütte finden sich noch andere Glashütten aus jüngerer Zeit, ehemalige Standorte von Eisenhämmern und Meilerplätze (SCHRÖDER 1982). Obertägig war die Glashütte so gut wie nicht mehr auszumachen, lediglich einige Ofenwandungsstücke und Glastropfen wiesen auf einen Glashüttenstandort hin. In den 1930er Jahren sollen noch flache mit Gestrüpp überwachsene Hügel am Standort der Glashütte vorhanden gewesen sein. Durch Ausgrabungen konnten mehrere Ofenfundamente freigelegt werden. Im Kern der Anlage befanden sich ein 6,5 m durchmessender, hufeisenförmiger bis runder Ofen, sowie zwei kleinere, längsovale Öfen. Um die Öfen herum befand sich eine Schicht aus Industrieschutt, bestehend aus gebranntem Lehm, Hafenfragmenten, im Feuer geborstenen Sandsteinen, Produktionsresten und Holzkohle (STEPHAN 1988-1989, 123-131). Das Fundament des hufeisenförmigen Ofens bestand aus abgerundeten Buntsandsteinen, dazwischen befanden sich Bruchstücke von Häfen und verglaste Ofenwandungsstücke. Dieser Befund deutet darauf hin, dass der Ofen mehrfach bis aufs Fundament abgebrochen und erneuert wurde. Das Fundament besitzt einige Ausbuchtungen, die als Fundamente von Annexöfen oder gepflasterte Arbeitsplätze interpretiert werden können, woraus wiederum rekonstruiert werden kann, dass vier oder fünf Häfen zur Glasherstellung eingesetzt werden konnten. Innerhalb des Ofenbefundes fanden sich häufig Reste von verglastem Ofenmaterial. Die Befuerung erfolgte von Norden aus durch einen Schürkanal, der dem eigentlichen Schmelzraum vorgelagert war. Eventuell ist noch von einer zweiten Befuegungsöffnung im Süden des Ofens auszugehen. Auch eine Zweiteilung des Ofens ist denkbar. Holzkohle wurde nur äußerst wenig gefunden. (STEPHAN 1988-1989, 133-136). Stephan spricht als Parallele zu diesem Befund nur ein Glasofen im Hils (Kreis Holzminden, Niedersachsen) an, der ebenfalls in die Zeit um 1200 datiert wird (SIX, 1976, 130, 134-135; LEIBER 1983), jedoch können auch deutliche Parallelen zu den Glashütten Volsbach I und II (Kreis Worbis, Thüringen) festgestellt werden, die allerdings ins Spätmittelalter bzw. in die frühe Neuzeit datieren (LAPPE und MÖBES 1984).

Die beiden kleineren, lang gestreckten Öfen haben deutlich kleinere Maße von etwa 2x3m. Bei ihnen ist eine Feuerungsöffnung im Norden klar zu erkennen. Auch hier scheint der Feuerungsraum dem eigentlichen Ofen vorgelagert zu sein. Während einer der Öfen einen ähnlich hohen Verglasungsgrad im Bruchmaterial aufweist wie der große Ofen, sind die Spuren der Hitzeeinwirkung im anderen Ofen deutlich geringer, es wurde hingegen deutlich mehr Holzkohle gefunden, was auf eine unvollständigere Verbrennung des Feuerungsmaterials hindeutet (STEPHAN 1988-1989, 136-140).

Aufgrund der Befundlage wird der große Ofen als vorrangiger Schmelzofen interpretiert, während die beiden kleineren Öfen anderen Zwecken dienten. Der deutlich weniger verglaste Ofen wird als separater Kühlöfen angesprochen, während der andere lang gestreckte Ofen als Arbeitsofen für Spezialzwecke wie das Auswalzen von Flachglas, die Herstellung von Buntverglasung oder zu ähnlichen Zwecken gedient haben könnte.

In einiger Entfernung zu den Öfen befindet sich eine Steinlage, welche als Pflasterung einer Aschebrandstelle interpretiert wird.

Jünger als die hochmittelalterliche Glashütte an der Steimcke datiert die Glashütte auf dem Glaswasen im Schönbuch (FROMMER und KOTTMANN 2004). Durch das Fundmaterial, was zu einem großen Teil aus Bruchstücken verschiedener Hohlglasformen bestand, kann der Produktionszeitrahmen im ausgehenden 15. Jahrhundert angesetzt werden (FROMMER und KOTTMANN 2004, 108-110). Die Glashütte liegt auf einer Terrasse, die auf drei Seiten vom Goldersbach umflossen wird. Um den Hauptofen A der Glashütte herum sind die Befunde eines Kanals zu erkennen, der als Drainage angesprochen wird. Der Hauptofen selbst hat eine Fundamentgrundfläche von etwa 3x5 m und ist Nordwest-Südost ausgerichtet. Die Anfeuerung erfolgte von Südosten her. Neben dem mittig angelegten Schürkanal befinden sich zwei Hafebänke aus Sandstein, die Befuerung war demnach nicht von dem eigentlichen Schmelzraum getrennt. Die Pflasterung von Schürkanal und Hafebänken sind durch die Hitzeeinwirkung während des Betriebes stark versintert und mit Glassfluss, Glasgalle und geschmolzenem Lehm bedeckt. Die aufgehende Ofenwand ist nicht erhalten, jedoch deutet der vielfach vorhandene Bruch von Sandstein und Lehm darauf hin, dass der Ofen kuppelförmig aus diesen Materialien errichtet wurde (FROMMER und KOTTMANN 2004, 49-53). Nördlich des Hauptofens schließt sich ein Flügelöfen an, an dem eine deutlich geringere Hitzeeinwirkung nachzuweisen ist. Da sich keine eigenständige Feuerung nachweisen ließ, muss von einer Beheizung durch den Hauptofen ausgegangen werden. Die genaue Funktion des Flügelofens kann aus der Befundlage nicht abgeleitet werden, es ist unter anderem eine Verwendung als Fritteöfen, Kühlöfen oder Brennöfen für die Glashäfen denkbar (FROMMER und KOTTMANN 2004, 53).

Wenige Meter südwestlich des Hauptofens befinden sich die Überreste eines weiteren, deutlich schlechter erhaltenen Ofens B in ähnlicher Ausrichtung, jedoch mit deutlich stärkeren Fundamenten und etwas geringeren Ausmaßen. Deutlich kann anhand des Befundes der Brennraum von der eigentlichen Ofenkammer abgegrenzt werden. Aufgrund der weniger stark von der Hitze angegriffenen Steinpflasterung muss von einer geringeren Ofentemperatur ausgegangen werden als im Hauptofen A. Auch fehlen Überreste von Glasfluss, so dass eine Verwendung als Schmelzöfen ausgeschlossen werden kann. Da auch keine Reste von Frittematerial gefunden wurden bleibt die Verwendung als Strecköfen zur Herstellung von Fensterglas am wahrscheinlichsten. Die starken Fundamente können auf eine mehrstöckige Konstruktion hindeuten (FROMMER und KOTTMANN 2004, 58-59).

Ein dritter, ebenfalls schlecht erhaltener Ofen befindet sich nordwestlich des Hauptofens A. Seine Ausrichtung unterscheidet sich von der der anderen Öfen um neunzig Grad. Der Verziegelungsgrad des Bodenmaterials ist noch geringer als im Ofen B, so dass es sich am ehesten um einen Kühlöfen für fertige Glasprodukte handelt. Auch hier lagen Brennraum und Ofenraum getrennt voneinander. FROMMER und KOTTMANN (2004, 55) ziehen die Ofenbefunde von Großroppershausen (Schwalm-Eder-Kreis, Hessen; SIEGL 1957-1958) und Volsbach (LAPPE und MÖBES 1984) als Vergleichsbefunde für den Hauptofen heran, die zwar in einen ähnliche Zeitraum datieren, jedoch nur geringe konstruktive Ähnlichkeit zu dem lang gestreckten Ofen auf dem Glaswasen aufweisen. Sie sind in vielen Konstruktionsmerkmalen eher mit der runden bis hufeisenförmigen Ofenkonstruktion an der Glashütte Steimcke zu vergleichen. Deutlich besser mit den Befunden der Glashütte auf dem Glaswasen vergleichbar ist die Glashütte von Salzwiesen, die aufgrund schriftlicher Überlieferung ins 15. Jahrhundert datiert werden kann (Kreis Göppingen, Baden Württemberg; LANG 1984; 1985; 2001).

Bei beiden näher vorgestellten Glashütten fällt auf, dass vergleichsweise wenig Glasbruch innerhalb des Glashütten- und Haldenmaterials zu finden war. Dieser Umstand deutet darauf hin, dass ein Großteil des Glasbruchs wieder eingeschmolzen wurde (STEPHAN u. a. 1992, 92; FROMMER und KOTTMANN 2004, 220-221, 255). Bei den frühbarocken Glashütten in Schleswig-Holstein hingegen ist aufgrund des teils in massiven Lagen auftretenden Glasmaterials nicht von einer regulären Wiederverwertung von Fehlproduktionen oder Glasbruch auszugehen. Das Phänomen des massiv aufkommenden Glasbruchs bestätigt sich auch an jüngeren Glashütten in anderen Gebieten. STEPHAN u. a. (1992, 89) vermuten in der Menge des vorhandenen Glasbruches einen ersten Datierungshinweis.

Die archäologische Überlieferung lässt für die spätmittelalterliche und frühneuzeitliche Glasproduktion die Rekonstruktion von verschiedenen Ofentypen zu. Die älteren Schmelzöfen, die sich sowohl in der Spätantike (SEIBEL 1998) als auch im Hoch- und Spätmittelalter nachweisen lassen (STEPHAN 1988-1989; SIEGL 1957-1958; LAPPE und MÖBES 1984) weisen eine runde bis hufeisenförmige Form auf. Bereits ab dem Hochmittelalter ist mit dem Anbau von Annexöfen zu rechnen. Ob die Schmelzöfen ein- oder mehrstöckig waren, lässt sich aus der Befundsituation nicht eindeutig erkennen, jedoch werden bei AGRICOLA (1556, 502-507) runde Glasöfen, zum Teil mit Annexöfen und mit mehreren Stockwerken übereinander dargestellt. Ab dem Spätmittelalter lassen sich auch Schmelzöfen mit rechteckigem Grundriss nachweisen, die einen Schürkanal zwischen zwei parallelen Hafenbänken aufweisen (z. B. Glaswasen und Salzwiesen), vorherrschend bleibt jedoch auch im Spätmittelalter der runde Ofen. Im Gegensatz zu den Schmelzöfen hatten die Streck- und Kühlöfen des Hochmittelalters (STEPHAN 1988-1989, 136-140) bereits eine lang gestreckte, rechteckige Form. Die Befuerung geschah, ebenfalls wie in den Schmelzöfen durch einen dem eigentlichen Ofenraum vorgelagerten Schürkanal.

Vermutlich lässt sich als Grund für die Änderung der Konstruktion der Schmelzöfen im Verlaufe des Spätmittelalters eine verbesserte Ausnutzung des Brennstoffes anführen.

Die Befuerung mehrerer Öfen verursacht einen höheren Brennstoffverbrauch als die Befuerung eines Ofens, indem durch gezieltes Ausnutzen der Entfernung vom Brennraum unterschiedliche Temperaturbereiche erzeugt werden. Das Verlagern des Schürtraumes direkt zwischen die Hafenanlagen verringert den Abstand zum Brennmaterial erheblich, so dass in den rechteckigen Öfen vermutlich höhere Temperaturen erreicht werden konnten. Laut W. LOIBL (2003, 11-15) kommt aufgrund der getrennten Ofenanlagen für das Hochmittelalter durchaus eine getrennte Produktion von Glasmasse und Glasprodukt in Betracht, wie es für römische Glashütten allgemein anzunehmen ist. Die Zusammenlegung der verschiedenen Öfen ergab sich im Laufe des Mittelalters aufgrund des erhöhten Bedarfes. Er vermutet, dass die Glasverarbeitung auch als fahrendes (Bau)handwerk anzunehmen ist. Loibl begründet seine Annahme damit, dass Rohglas einfacher zu transportieren ist als fertige Glasprodukte, jedoch die Brandgefahr in den Städten ab dem 14. Jahrhundert die Glashütten mit allen Produktionsschritten endgültig in den Wald verlegte. Als archäologische Begründung für seine These nennt er eine frühmittelalterliche Glashütte im Hambacher Forst bei Jülich, in der eingeführtes Glas wiederverwertet und geblasen wurde, jedoch aus einheimischen Werkstoffen Rohglas hergestellt wurde (LOIBL 2003, 11). Bisher widersprechen die meisten archäologischen Befunde des Hoch- und Spätmittelalters jedoch dieser These, da an den meisten Glashüttenstandorten mehrere Öfen oder Schmelzöfen mit Annexöfen eine mehrstufige Temperaturführung ermöglichen und somit sowohl zum Schmelzen als auch zur Weiterverarbeitung der Glasmasse dienlich sind.

5.3.3 Schriftquellen und Flurnamen

Im Gegensatz zur archäologischen Überlieferung ist die historische und volkskundliche Aufarbeitung des Glasmacherhandwerks sehr umfangreich. Aus dem Mittelalter und der frühen Neuzeit stehen mehrere Schriften zur Verfügung, die sich in wesentlichen Abschnitten mit den Technologien der Glasmacherei befassen. Hinzu kommen Pachtverträge, bildliche Darstellungen und Flurnamen, welche Standort und Einzugsgebiete einiger frühneuzeitlicher Glashütten näher umschreiben. Die volkskundliche Literatur bezüglich des Glashandwerkes, vorrangig ab dem späten 18. Jahrhundert, beschreibt meist die Glashüttentraditionen in den deutschen Mittelgebirgen und den angrenzenden Gebieten wie dem Böhmer Wald, jedoch gleichen sich in vielen Punkten die Fertigungstechniken so stark, dass die volkskundlichen Quellen trotz der zeitlichen und räumlichen Differenz zu Vergleichen herangezogen werden können.

Die Grundlagen und die Geschichte der Glasherstellung werden schon bei PLINIUS (nat. hist. lib. 36, 124- 133) beschrieben und erfahren nur geringe Ergänzungen durch die späteren Autoren. Als umfassende schriftliche Quelle zur hochmittelalterlichen Glasmacherei gilt das zweite Buch der Schrift „*de diversibus artibus*“ von Theophilus Presbyter (DODWELL

1961, 36-60). Hierin beschreibt er die Gewinnung der benötigten Holzasche aus Buchenholz, die Konstruktion des Fritteofens, des Kühlofens und die des Streckofens, das Herstellen der Fritte, das Herstellen von Glashäfen sowie die Herstellung von weißem und gefärbtem Glas, das Auswalzen von Fensterglas im Zylinderverfahren, das Blasen von Glasgefäßen und Flaschen mit und ohne Negativformen, das Herstellen opaker Gläser, das Herstellen vergoldeter Gläser, das Herstellen von Mosaiksteinen, die Glasierung von Irdenware, die Konstruktion von verschiedensten Glasfenstern inklusive dem Gießen von Bleirippen, das Schneiden von Glas und die verschiedenen Möglichkeiten der Glasfärbung. Allein die Vielzahl der verschiedenen Fertigungstechniken deutet auf die bereits hoch entwickelten technischen Möglichkeiten des Glasmacherhandwerks im 12. Jahrhundert hin, auch wenn die Ausführungen teils sehr unterschiedlich bezüglich ihrer Genauigkeit sind. Aufschlussreich bezüglich des Holzverbrauches einer Glashütte ist die Glasrezeptur von zwei Raumteilen Buchenasche auf ein Raumteil Sand (DODWELL 1961, 39) und die Information, dass jeder Ofen separat beheizt wurde, gekoppelte Öfen anscheinend nicht existent waren (DODWELL 1961, 37- 39). Auch Zeitangaben und notwendige Feuerungsintensität zur Frittenherstellung und zum Schmelzvorgang sind der Schrift zu entnehmen (DODWELL 1961, 39-40, 42). Die Beschreibungen des Theophilus lassen große Parallelen zu den archäologischen Befunden von Glashütten des hohen Mittelalters erkennen. Nicht nur, dass die mittelalterlichen Glashütten mehrere verschiedene Öfen mit unterschiedlichen Betriebstemperaturen aufweisen, auch die beschriebene Form der Glashäfen findet deutliche Parallelen zu den Glashäfen in der Glashütte an der Steimcke (STEPHAN 1997-1998, 112). Deutlicher Schwerpunkt der Schrift ist die Herstellung von teils gefärbtem Flachglas, ein ähnlicher Schwerpunkt ist auch in der archäologischen Überlieferung festzustellen.

Über die Glasherstellung im 13. bis 15. Jahrhundert, wo wesentliche, Brennholz sparende Neuerungen wie Annexöfen oder in den Schmelzraum verlagerte Schürkanäle von archäologischer Seite belegt sind, ist kein technologisches Werk überliefert. Wichtigste Quelle zur Glasherstellung aus dieser Zeit ist eine Reisedarstellung des englischen Schriftstellers Sir John Mandevill. Zu seinen Lebzeiten (1300-1372) unternahm er mehrere Reisen auf den europäischen Kontinent. Seine Reiseberichte wurden in mehrere Sprachen übersetzt. In einer Londoner Abschrift seiner Reiseberichte, die etwa um 1425 entstanden ist, ist die Abbildung einer Glashütte enthalten (RING 2003, 48-49). Durch den Detailreichtum wird die Abbildung zu einer wichtigen Quelle der Glashüttenforschung, man erkennt alle wesentlichen Arbeitsschritte der Glasproduktion: Im Hintergrund sind sowohl die schon zum Teil abgeholzten Wälder zu erkennen sowie die Lehmentnahmegruben zur Gewinnung des Hafenmaterials. Die Glashütte selbst ist als offener Schuppen dargestellt, in dem ein großer Ofen mit mehreren Arbeitsöffnungen steht. Über der Feueröffnung, in die der Schürknecht gerade Holz nachlegt, lagert das schon gespaltene Brennholz zur Trocknung. Die gedrungene Konstruktion des Ofens suggeriert, dass sich der Schürkanal bereits zwischen den Hafenbänken befindet. Durch die Arbeitsöffnungen sind die im Ofen stehenden Häfen zu erkennen, direkt neben den

Arbeitsöffnungen befinden sich kleine Platten und ein stabförmiges Werkzeug, vermutlich um durch Auftropfen des Glases auf die Platte die Viskosität der Glasmasse zu testen, wie es auch in späteren Werken zur Glasherstellung mehrfach beschrieben wird (REINER u. a. 2004). Vor den Arbeitsöffnungen sind zwei Glasbläser zu sehen, die zum einen frische Glasmasse aus dem Ofen entnehmen, zum anderen ein halbfertiges Gefäß auf einer glatten Unterlage formen. Neben dem Schmelzofen befindet sich eine weitere Öffnung, in die fertige Gefäße eingestellt werden. Hierbei handelt es sich um einen als Annexofen ausgeführten Kühllofen, in dem die fertig geformten Gläser langsam abgekühlt werden, damit sie nicht springen. Die abgebildete Ofenkonstruktion gleicht somit den Glashüttenbefunden auf dem Glaswasen (FROMMER und KOTTMANN 2004, 49-53). Hinter dem Ofen ist ein Hüttenmeister (erkennbar durch die auffällig edlere Kleidung) mit der Qualitätskontrolle eines Gefäßes beschäftigt. Ganz im Vordergrund links erkennt man die fertigen Gläser, die zum Transport in einem Korb verstaut wurden.



Abb. 30: Abbildung einer Glashütte aus der Reisebeschreibung des Sir John Mandevill, ca. 1425 (RING 2003, 49).

Aus dem Zeitraum des 13. bis 15. Jahrhunderts präsentierte L. Clemens (Vortrag auf dem 4. internationalen Glassymposium 2009) einzelne Schriftquellen, die auf einzelne holzsparende

Maßnahmen für die Glashütte in der Kordeler Hochmark im Raum Trier hindeuten. Das Brennen der Asche war demnach nur aus „unnützem Holz“ gestattet, der archäologische Befund der Glashütte Kordel deutet aufgrund des Vorkommens von zerschnittenen Bleiruten und römischen Glasfragmenten auch auf ein massives Glasrecycling hin.

Der Technologiestand zur Glasherstellung des Spätmittelalters und der frühen Neuzeit wird im Wesentlichen in zwei Werken, der „*de la pirotechnia*“ von BIRINGUCCIO (1540, 149- 158) und den 12 Büchern vom Berg- und Hüttenwesen AGRICOLAS (1556, 500-508) zusammengefasst. Biringuccio (1540) definiert Glas als Kunsterzeugnis der Alchemie, welches sowohl Eigenschaften des Metalls als auch des Gesteins und der Halbmineralien vereinigt. Er vermutet, dass Glas entweder durch Zufall oder von Alchemisten erfunden wurde, als sie versuchten, Edelsteine zu schaffen. Er erwähnt, dass die ältesten (zu seiner Zeit bekannten) Nachweise von Glas im alten Ägypten zu finden sind, wo Glassteine anstelle von echten Edelsteinen in Schmuckstücke eingesetzt wurden.

Als Vertreter der italienischen, in der Antike verhafteten Glasmacherkunst erwähnt er als Glaszutaten die Asche von Farnen, Flechten oder syrischen Kalipflanzen sowie Quarzsteine, die dem zu erzeugenden Glas in der Farbigkeit schon sehr nahe kommen. Als weniger geeignete Alternative empfiehlt er weißen Grubensand. Während bei Theophilus die Reinigung der Asche durch Auslaugen und Eindampfen nicht explizit erwähnt wird, schildert Biringuccio bereits das Herstellen von Pottasche. Aus einer Mischung von einem Teil gereinigter Asche und zwei Teilen Sand oder Quarz und einem Zuschlag von Braunstein (Pyrolusit) werden die Zutaten in einem holzbefeuerten Flammofen zur Fritte geschmolzen (BIRINGUCCIO 1540, 151-152). Im Fritteofen werden außerdem die Häfen gebrannt und für den Einsatz im Schmelzofen langsam vorgeheizt (BIRINGUCCIO 1540, 153). In einem zweiten, geschlossenen Kuppelofen mit runder Grundfläche und zwei Stockwerken wird die Fritte im unteren Stockwerk in Tiegeln unter mehrmaligem Rühren zum reinen Glas geschmolzen, im oberen Stockwerk werden die fertigen Glasprodukte langsam abgekühlt. Neben der Befüllung der Häfen mit Fritte erwähnt Biringuccio in einem Nebensatz außerdem die Wiederverwendung von Glasbruch (BIRINGUCCIO 1540, 152-153). Als Anweisung zum Heizen der Öfen während der Glasschmelze nennt Biringuccio zum einen das Vorheizen bis zum Erreichen einer glutroten Farbe des gesamten Ofens sowie die Schmelzdauer von zwei Tagen bei vollem Feuer nach Einsetzen der Fritte zur Läuterung der Glasmasse. Als vorzüglichen Brennstoff nennt er weiches und trockenes Holz, damit die Flammen möglichst klar und rauchlos sind (BIRINGUCCIO 1540, 153-154). Zusammenfassend werden außerdem die verschiedenen Möglichkeiten der Glasausformung zu Gefäßen erläutert, etwas mehr Genauigkeit verwendet er auf das Herstellen verschiedener Glasfärbungen (Biringuccio 1540, 155-157). Alternativ zur Herstellung von reinem Glas aus Pottasche beschreibt Biringuccio außerdem eine Art, nur aus ungereinigter Baumasche und etwas Kiesel und Weinstein in einem Arbeitsgang ein unschönes und schwerer zu bearbeitendes Glas herzustellen, welches jedoch billiger in einem Arbeitsgang ohne vorheriges Fritten

herzustellen ist; ein Verfahren, das dem vom Theophilus beschriebenen zu gleichen scheint (BIRINGUCCIO 1540, 157-158).

Der im Italien und im Erzgebirge wirkende AGRICOLA (1556) baut im Wesentlichen auf den Werken von Plinius und Biringuccio auf, allerdings bringt er einige Ergänzungen und Erklärungen an, die zum Verständnis der beiden Werke beitragen. Als Ausgangsgesteine empfiehlt er, absteigend in der Qualität Bergkristall, durchsichtigen Quarz, undurchsichtigen Quarz und weißen Sand, als Salze Soda, weißes und durchscheinendes Steinsalz sowie Asche von Salzkräutern. Die Zugabe von Braunstein zur Glasmischung, wie sie auch schon Biringuccio beschreibt, begründet er mit der Annahme, dass der Braunstein der Glasmasse das Eisen entziehe und so für eine weißere Färbung Sorge (AGRICOLA 1556, 500-501). Als Alternative zu den im mediterranen Raum genutzten Salzen nennt er die Verwendung von sauber gebrannter Asche aus Eiche, Buche oder Fichte, die allerdings ein weniger reines Glas ergebe (das grünliche Waldglas). Von dieser Mischung verwendet er zwei Teile Asche auf einen Teil Sand. Hiermit bestätigt er nochmals die Rezeptur des Theophilus. Die Herstellung der Fritte, das Brennen der Häfen und das Schmelzen und Läutern der Glasmasse geschieht genau, wie bei Biringuccio beschrieben, so dass davon auszugehen ist, dass es sich bei der Beschreibung der Glasherstellung bei Agricola in weiten Teilen lediglich um eine Übersetzung des italienischen Textes des Biringuccio handelt. Auffällig ist, dass Agricola im Gegensatz zu Biringuccio erwähnt, dass es verschiedene Traditionen der Glashüttenanlage mit einem bis zu drei Öfen gibt. Fritteöfen, Schmelzöfen und Kühlofen können demnach in der nordalpinen Glasmachertradition bis ins 16. Jahrhundert hinein getrennt voneinander angelegt worden sein (AGRICOLA 1556, 502). Agricola weist jedoch darauf hin, dass die Verwendung von zwei Öfen am geläufigsten ist, da bei dreien einer entbehrlich sei. Der Kühlofen ist entweder als Annexofen oder wie bei Biringuccio als zweites Stockwerk ausgeführt (AGRICOLA 1556, 502-505).

Die sowohl bei Biringuccio als auch bei Agricola überlieferten spätmittelalterlichen bis frühneuzeitlichen Öfen mit rundem Grundriss haben ihre archäologischen Parallelen in Großroppershausen (SIEGL 1957-1958) und Volsbach (LAPPE und MÖBES 1984), wobei letztere Hütte durchaus im Wirkungsbereich Agricolas gelegen haben könnte.

Das Blasen der Glasgefäße beschreibt AGRICOLA (1556, 506-508) mit einem fast gleichen Wortlaut wie Biringuccio, so dass ebenfalls von einer Übersetzung des nur wenig älteren Werkes auszugehen ist.

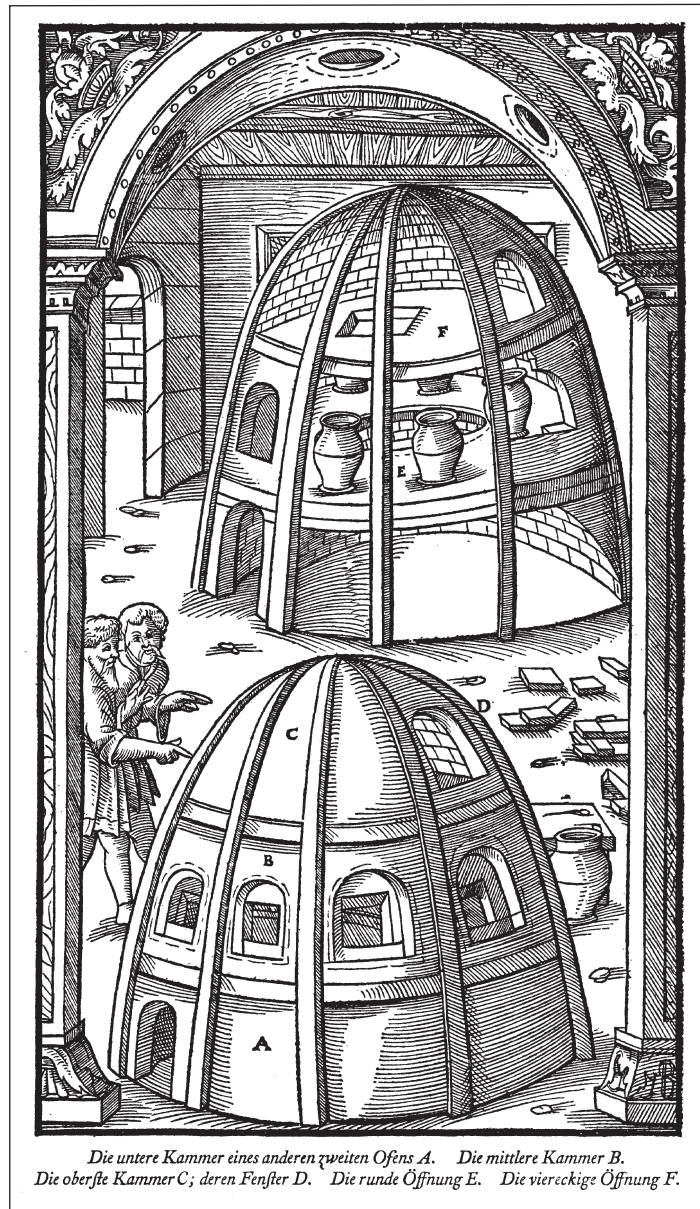


Abb. 31: Ofenkonstruktion mit Schmelz- und Kühlöfen auf zwei Stockwerken bei AGRICOLA (1556, 505).

Aus dem 17. Jahrhundert sind im Wesentlichen drei detaillierte Schriften zur Glasherstellung überliefert, Antonio Neris *L'arte vetraria* von 1612, die Glasmacherschrift *The Art of Glas* Christoph Merretts von 1662 und die *ars vitraria experimentalis oder vollkommene Glasmacherkunst* von Johannes KUNCKEL von Löwenstein (1679). Die Werke Merretts und Neris werden bei Kunckel ins Deutsche übersetzt und mit reichhaltigen Kommentaren und Ergänzungen versehen.

Die Rezepturen und Betriebshinweise zur Glasherstellung unterscheiden sich bei Neri in einigen Details von denen bei Biringuccio, auch wenn deutlich die gemeinsame Tradition der italienischen Glasmacherei zu erkennen ist (Neri in KUNCKEL 1679, 3-46). Die zur Glasherstellung benötigte Asche wird aus Salzkräutern (*Rochetta*), Farnkraut, Bohnen und Hülsenfrüchten, Kohl, Brombeeren Disteln, Binsen, Schilf und Kräutern gewonnen, wobei

die gebrannte Asche in Tongefäßen oder Glaskolben zweimal hintereinander gelöst, gefiltert und eingedampft wird, um möglichst reines Salz zu erhalten. Aus 300 Pfund Asche können so bis zu 90 Pfund Salz gewonnen werden. Die Dauer des Einkochens gibt Neri mit zwei mal 24 Stunden an.

Als zu schmelzendes Material gibt Neri an, dass alle Steine zum Glasmachen taugen, die Funken schlagen. Aus 200 Pfund gemahlenem Gestein (*Tarsi*) und 130 Pfund Salz (460 Pfund Asche) wird das Gemisch zur Frittenherstellung hergestellt. Die Fritte selbst wird zur Herstellung besonders reiner Gläser vier bis sechs Tage lang angeschmolzen, abgeschreckt und immer erneut zerschlagen, um sie besonders rein zu bekommen. Als Feuerungsmaterial wird lange getrocknetes und dünn gespaltene Hartholz empfohlen, da weiches Holz zu kalte Flammen ergebe (Neri in KUNCKEL 1679, 21-22). Zur Wiederverwertung von Glasbruch sagt Neri, dass allein das Material, welches von den Glasmacherpfeifen abgeschlagen wird, nicht brauchbar ist, da es das Glas verfärbt (Neri in KUNCKEL 1679, 23).

Die Herstellung verschiedenster Glasfarben erklärt Neri sehr ausführlich, sie stellen den Schwerpunkt des Werkes dar. Die verschiedene Farbigkeit des Glases wird entweder mit dem Zusatz verschiedener Metallsalze zur geschmolzenen Glasmasse oder durch Einbrennen in die fertigen Glasoberflächen erreicht (Neri in KUNCKEL 1679, 25 ff). Deutlich weniger Berücksichtigung finden bei Neri Aufbau und Anlage der Öfen, Feuerungsangaben und handwerkliche Standards der Glasmacher.

Christopher Merrett hingegen schreibt viel zum Aufbau der Öfen und zum Umgang mit Glas, wobei er vorrangig AGRICOLAS Schrift vom Berg- und Hüttenwesen (1556) zitiert (Merrett in KUNCKEL 1679). Laut seinen Ausführungen können die Öfen regional unterschiedlich ausgeformt sein (Merrett in KUNCKEL 1679, 240), sind aber im Regelfall mit einem Rost zur Belüftung ausgestattet und werden mit heftigem Feuer betrieben. Merrett betont, dass im Glasmachereibetrieb generell alle Arbeiten bis zum fertigen Glasprodukt an einer Glashütte ausgeführt werden, eine Fabrikation von Halbfabrikaten gibt es seines Wissens nicht (Merrett in KUNCKEL 1679, 238), die Kombination mehrerer Temperaturbereiche innerhalb eines Öfens ist allgemein bekannt. Aufgrund der teils mehrere Tage andauernden Schmelzperioden von Fritte und Glas wird der Glashüttenbetrieb in Sechs-Stunden-Schichten aufgeteilt (Merrett in KUNCKEL 1679, 242). Er empfiehlt die Aufteilung von nächtlichem Schmelzen und täglichem Blasen des Glases, wobei stetig dünnes und trockenes Holz verfeuert werden sollte (Merrett in KUNCKEL 1679, 327-328)

Im Gegensatz zu den anderen Werken werden bei Merrett auch die einzelnen Werkzeuge und Arbeitsabläufe im Detail beschrieben (Merrett in KUNCKEL 1679, 326 ff).

Die Glasrezepte und die Zutaten unterscheiden sich nicht von denen Neri oder Biringuccios, jedoch geht Merrett näher auf das Brennen von Holzasche aus faulen Stockausschlägen oder alten Bäumen ein. Auch das Brennen von Holzasche auf überdachten Platten erwähnt er im Zusammenhang mit möglichst sauberen und trockenen Verbrennungsbedingungen (Merrett in KUNCKEL 1679, 327-328).

Johannes Kunckel von Löwenstein, gebürtig in Plön in Holstein, ist der bekannteste Vertreter einer ganzen Glasmacherdynastie, die sich über mehrere Generationen in Schleswig-Holstein nachweisen lässt (vergl. KUNCKEL 1679, PÖHLS 1956, ROSENBOHM 1957, 107) vorher aber auch schon in Hessen, später hingegen in Böhmen (WEDEPOHL 1998, 38) erwähnt wird. Aus schriftlicher Überlieferung ist bekannt, dass ab dem ausgehenden 16. Jahrhundert Glasmacher aus Hessen nach Schleswig-Holstein geholt wurden und so den Grundstock für die schleswig-holsteinische Glasmachertradition des Barock legten (HASE 1997, 39; SARNOW ohne Jahr, 65). Viele der Glasmachertraditionen dürften sich durch die hohe überregionale Mobilität über weitere Gebiete verbreitet haben.

Speziell zum Glashüttenbetrieb in Schleswig-Holstein stellt Kunckel einige Vergleiche mit den Werken Neris und Merretts an und berichtet aus seiner eigenen Erfahrung. Aufgrund der Tatsache, dass durch die älteren Werke hinlänglich bewiesen wurde, dass sich Asche aus nahezu allem Kraut und Holz gewinnen lässt, postuliert er die Unabhängigkeit eines Glashüttenstandortes, solange nur genug Asche zur Verfügung stehe, die von überall her genommen werden könne. Eine Sorge in Bezug auf den Holzbedarfe zum Feuern der Öfen ist nicht zu erkennen. Die Reinigung der Holzrasche geschieht, wie schon mehrfach beschrieben, durch wiederholtes Auslaugen, Eindampfen und *Calcinieren*, bis reine, weiße Pottasche hergestellt wurde. Um an die Qualität und Färbung italienischer Gläser heranzureichen, schlägt Kunckel vor, in Schleswig-Holstein 40 Gewichtsanteile der Pottasche auf 60 Gewichtsanteile weiße Eiderkiesel oder 45 bis 50 Gewichtsanteile Pottasche auf 60 Gewichtsanteile gebrannten Flintgrus zu mischen und sie vier Tage lang bei heftigem Feuer aus Buchenholz zusammenzuschmelzen (KUNCKEL 1679, 5, 66-68). Kunckel hebt jedoch an anderer Stelle hervor, dass in Schleswig-Holstein und Mecklenburg fast ausschließlich ungereinigte Asche mit wenig Sand zu grünem Glas aufgeschmolzen wird. Diese Form der Glasherstellung hat den Nachteil, dass die Glasmischung aufgrund des variierenden Salzgehaltes in der Asche nur schwer bestimmt werden kann, die Mischung also schwer schmilzt oder zu viel Asche enthält. Zu aschereiche Gläser allerdings zerfallen in Verbindung mit der Luft in kürzerer Zeit, so dass, um den Salzgehalt in der Glasschmelze zu mindern, das Glas länger im Feuer gehalten werden muss, was den Brennstoff- und Ascheverbrauch übermäßig hoch werden lässt. Durch den hohen Salzgehalt im Abgas der Glashütte sterben, wie Kunckel erklärt, viele Bäume im Umfeld einer Glashütte binnen kürzester Zeit ab (KUNCKEL 1679, 338-341). Ein wesentlicher Teil der *Ars vitraria experimentalis* widmet sich wie das Werk Neris ausschließlich dem Einfärben und Einbrennen von Glas.

Auch wenn die Fülle an technischer Literatur zur Glasherstellung den Anschein erweckt, als seien die Konstruktion und die Funktionsweise der Öfen hinlänglich bekannt gewesen, ist dennoch davon auszugehen, dass im Spätmittelalter und der frühen Neuzeit viele in der Literatur nicht aufgeführte Ofenformen regional verbreitet waren (KRIMM 1982, 147). Letztendlich ist zur Bewertung einer Anlage bezüglich ihrer Produktionsweise und ihres Holzverbrauches stets der archäologische Befund mit der technischen Literatur zu

vergleichen und die Gültigkeit der schriftlichen Überlieferung für die spezielle Anlage zu überprüfen.

Neben den in der technischen Literatur dargestellten Produktionsverfahren sind speziellere Angaben zum Holzverbrauch in Schleswig-Holstein in Form von Pachtverträgen zu finden. 1642 errichtete ein Verwandter des Johannes Kunckel von Löwenstein, Marx Kunckel, eine Glashütte in Schierensee (Kreis Rendsburg-Eckerförde). Für den Betrieb wurde ihm eine Waldfläche von umgerechnet 90 ha verpachtet, auf der mindestens 2000 fruchttragende Buchen gestanden haben. Neben der Pacht musste sich Marx Kunckel verpflichten, sämtliche Bäume zu fällen und die Stubben auszuroden, damit das Land als Acker verwendet werden konnte. Die vereinbarte Nutzungszeit betrug sechs Jahre (PÖHLS 1956; SARNOW ohne Jahr 68).

Viele Glashüttenstandorte des 17. Jahrhunderts tragen heute Flurnamen, die sich mit der Glasherstellung in Verbindung bringen lassen, jedoch kann aus der Größe des Flurstückes nicht auf den Einzugsbereich der Glashütte geschlossen werden. Ein Großteil der heutigen Fluraufteilung ist Resultat des Landesverkoppelungsgesetzes des ausgehenden 18. Jahrhunderts, so dass die Flurgrenzen nicht mit denen des 17. Jahrhunderts übereinstimmen müssen.

5.3.4 Experimente

Aufgrund des Materialaufwandes, der zum Betrieb einer Glashütte zu leisten ist, ist es verständlich, dass nicht viele Versuche zur mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Glasherstellung erfolgt sind. Zwar betrieb E. ČERNA (1996) in den Jahren 1992-1993 im Böhmer Wald eine Glashütte ausschließlich mit Brennholz, jedoch müssen beim derzeitigen Stand der wissenschaftlichen Aufarbeitung des Experimentes viele Fragen offen bleiben.

Nicht deutlich wird, wie genau die Glashütte betrieben wurde. Es fehlen Angaben zur produzierten Glasmenge, zur Größe des Schmelzofens und zur Dauer des Betriebes. Auch ist unklar, ob jeweils eine bestimmte Glasmenge geschmolzen wurde und der Ofen zwischendurch auskühlte oder ob der Ofen dauerhaft mit Glasfritte beschickt und über einen längeren Zeitraum hindurch betrieben wurde. Durch persönliche Gespräche mit E. ČERNA (Juni 2009) konnten präzisere Angaben zum Versuchsablauf in Erfahrung gebracht werden. Pro Jahr sind demnach 1400 fm bis 1600 fm Holz benötigt worden, um die Öfen zu befeuern. Die zur Glasherstellung benötigte Asche wurde allerdings nicht aus dem Holz der hüttennahen Waldungen gebrannt, sondern chemisch hergestellt. In den nachfolgenden Modellierungen wurde diesem Umstand insoweit Rechnung getragen, als dass eine Ascheanlieferung durch Aschesammler postuliert wurde. Das zum Feuern verwendete Holz stammte aus Waldbeständen mit Vorräten von 200 bis 400 fm/ha, wobei im ersten Jahr des Betriebes 4-7ha Wald gerodet wurden, im zweiten Jahr 8-13 ha und im dritten Jahr 12,5-19 ha.

Eine Rekonstruktion des gesamten Holzverbrauches der Glashütte ist aufgrund des fehlenden Holzanteils zur Ascheherstellung sowie aufgrund der unbekannt produzierten Glasmenge nicht anzugeben, weshalb die Rekonstruktion des Holzverbrauches vorrangig aus der schriftlichen Überlieferung und der befundbezogenen Rekonstruktion erfolgen muss.

5.3.5 Rekonstruierter Holzverbrauch

Sowohl die Bereitstellung der Rohmaterialien als auch das langwierige Befeuern der Öfen machen die Glasherstellung zu einem äußerst holzintensiven Gewerbe. Anders als bei der Eisenverhüttung entstehen bei der Glasproduktion jedoch keine Schlacken, aus denen sich der Holzverbrauch zur Ofenfeuerung rekonstruieren ließe. Auch das noch an der Glashütte vorhandene Bruchglas lässt aufgrund des unbekanntes Grades an Wiederverwendung von Glasbruch zur Glasschmelze keine Schlüsse auf die produzierte Glasmenge zu. Ebenfalls nur schwer durch archäologisches Material rekonstruierbar ist der Holzverbrauch zur Ascheherstellung.

Aufgrund der vielfältigen schriftlichen Überlieferung zur Glasmacherei lässt es das historische Quellenmaterial zu, den Holzverbrauch einer Glashütte zu umreißen. Aus den spätmittelalterlichen Zunftordnungen der Glasmacherei (z. B. aus der Spessartordnung von 1406, dem Hessischen Bundesbrief von 1537 und dem Kasseler Bundesbrief von 1559, zitiert in WEDEPOHL 1998, 39-40) ist zu erfahren, dass der Glashüttenbetrieb nicht konstant über das Jahr betrieben wurde; die Feuerungszeit der Öfen lag „von Alters her“ zwischen Ostern und St. Martin, also etwa zwischen Anfang April und Anfang November. Außerdem wurde die maximale Flach- und Hohlglasmenge, die pro Tag produziert werden durfte, durch die Zunftordnungen festgelegt. Eine weitere Beschränkung besteht in der Formulierung, dass die Aschebrenner und Holzknechte nur in Bereichen Holz hauen durften, von denen aus die Hütte noch zu sehen war. KRIMM (1982, 149) nimmt aufgrund der typischen quellnahen Lage der Glashütten ein Einzugsgebiet von 100 ha und mehr an.

Ebenfalls auf Grundlage der historischen Überlieferungen bezüglich des Holzverbrauches frühneuzeitlicher Glashütten in Hessen, wo ein Holzverbrauch von 600 bis 800 Klaftern belegt ist, errechnete KRIMM (1982, 150-151) einen Holzverbrauch, der zwischen 1440 fm und 2000 fm lag. Für den Spessart sind im 18. Jahrhundert Holzmengen von 297 fm, 735 fm und 980 fm nachweisbar, jedoch muss bereits von einer Pottascheanlieferung durch Aschesammler ausgegangen werden.

Von der Poschingerhütte in Frauenau (Kreis Regen, Bayerischer Wald) ist aus dem Jahr 1761 zum Heizen der Öfen ein Brennholzverbrauch von 585 Klaftern (à 2,68 m³) belegt, was 1673 rm oder etwa 1000 fm entspräche. In der gleichen Hütte wurden 1300 Klafter (3718 rm oder 2231 fm) für die Herstellung von Pottasche verwendet (REINER u. a. 2004, 41). Basierend auf diesem Beispiel kann davon ausgegangen werden, dass in der frühen Neuzeit

der Holzverbrauch zur Ascheherstellung im Regelfall den zum Beheizen der Öfen überstieg. KRIMM (1982, 150) nennt ein Verhältnis von 2,2 Anteilen zur Ascheherstellung gegenüber einem Anteil zur Ofenfeuerung.

Im Spätmittelalter ist die Verwendung gekoppelter Öfen, wie sie im 18. Jahrhundert in jedem Falle anzunehmen ist, nicht unbedingt gegeben, weshalb der Brennstoffbedarf zum Heizen der Öfen im Mittelalter höher angesetzt werden muss. Die archäologischen Befunde und die Darstellungen noch bei Agricola bezeugen, dass zum Schmelzen, Strecken, Fritten und Kühlen unterschiedliche Öfen Verwendung fanden. Die Verwendung mehrerer Öfen jedoch muss als logische Konsequenz einen erhöhten Brennstoffverbrauch nach sich ziehen, auch wenn im Streck-, Kühl- und Fritteofen weitaus geringere Temperaturen benötigt wurden als im Schmelzofen. Aus diesem Grunde kann für die Glasherstellung im Mittelalter ein mindestens doppelt so hoher Brennholzverbrauch zum Heizen der Öfen vermutet werden, auch wenn konkrete Angaben aus dieser Zeit nicht überliefert sind.

Ob die Asche aus den Öfen auch für die Herstellung von Pottasche verwendet wurde um den Holzverbrauch etwas einzudämmen, muss bezweifelt werden. Aus den Darstellungen von Theophilus Presbyter (DODWELL 1961, 37) geht eindeutig hervor, dass die Asche auf einer sauberen Stelle gebrannt wurde und ohne weitere Reinigung in der Glasherstellung verwendet wurde, eine Wiederverwertung von Asche aus Öfen und Feuerstellen wird nicht erwähnt. Anders hingegen sieht es bei KUNCKEL (1679, 347) aus, der durchaus zum Ankauf von Asche aus Bäckereien und Haushalten rät und diese aufwendig reinigt. Hier würde sicherlich nichts einer Verwendung der Asche aus Glasöfen entgegenstehen, jedoch wird an anderer Stelle auf die Wichtigkeit besonders sauberer Asche eingegangen (KUNCKEL 1679, 327-328), so dass auch zu Kunckels Zeiten noch professionelles Aschebrennen Teil der Glasherstellung war. Der Verbrauch zur Ascheherstellung und der zum Betrieb des Ofens müssen somit addiert werden.

Die erwähnten Einschränkungen zur Herstellung von Flachglas geben ebenfalls deutliche Aufschlüsse über die täglich verarbeitete Glasmasse. In der Spessartordnung von 1406 werden mehrere einschränkende Anweisungen genannt, so zum Beispiel die Beschränkung, dass nur ein Streckofen pro Hütte in Betrieb sein durfte (KRIMM 1982, 184). Weiterhin ist eine maximale Flachglasproduktion von *6 Zentnern kleinem und 4 Zentnern großem Glas* festgesetzt. Der sonst in den Beschränkungen fast gleiche Kasseler Bundesbrief setzt die Flachglasproduktion auf 216 kleine Scheiben oder 144 große Glasscheiben fest. WEDEPOHL (1998, 40-41) errechnete, dass bei der archäologisch nachgewiesenen Glasstärke von 4-6 mm die beiden Angaben vermutlich die gleiche Glasmenge umschreiben, wenn der spätmittelalterliche Zentner zu umgerechnet 20,4-39,3 kg zu Grunde gelegt wird. Daraus ergäbe sich eine maximale Flachglasproduktion von 130-140 kg pro Tag oder 20 t Glas pro Betriebsaison. Aufgerechnet auf einen Arbeitstag von 16 Stunden würde eine kleine Glasscheibe in 4 Minuten produziert werden müssen, was laut erfahrenen Glasbläsern in Gemeinschaftsarbeit mit zwei bis drei Mann möglich ist, jedoch einen reibungslosen Ablauf erfordert. Aus diesem Grunde ist

anzunehmen, dass die angegebenen Werte zur maximalen Flachglasproduktion nur selten als Einschränkung wirkten, sondern dass die reale Produktion einer Flachglashütte bei 10-15 t anzusetzen sei, zumal Zeiten zur Reparatur von Öfen die Arbeitszeit zum Glasblasen selbst um etliche Tage verkürzt haben dürften. Auch bei der Hohlglasproduktion kann die erlaubte Stückzahl von 100 großen oder 150 kleineren Gläsern pro Person und Tag nur mit äußerster Mühe erreicht werden. Wenn die maximal erlaubte Becherzahl mit dem rekonstruierten Bechergewicht und einer geschätzten Arbeitszeit von 15 Stunden pro Tag multipliziert wird, kann der Verbrauch einer Hohlglashütte mit etwa 7 t rekonstruiert werden. Da oftmals Hohl- und Flachglasproduktion in einer Hütte vorkamen, kann von einer mittleren Glasproduktion von 10 t pro Jahr ausgegangen werden (WEDEPOHL 1998, 41-44).

Eine andere Möglichkeit, den Glasverbrauch einer Hütte zu rekonstruieren, liegt in der Ermittlung der Hafenfüllungen pro Saison (WEDEPOHL 1998, 42-43). Theophilus Presbyter (DODWELL 1961, 38) erwähnt in einer Glashütte 8 Häfen pro Schmelzofen. Das Fassungsvermögen eines Glashafens kann aus den Befunden der Glashütte an der Steimcke mit ca. 30 l angegeben werden (STEPHAN 1997-1998). Bei einem spezifischen Gewicht von 2,5 g/cm³ würde die Füllung eines Glashafens 75 kg wiegen. Bei einer in den Bundesbriefen erlaubten Glasproduktion von 140 kg pro Tag würden acht Häfen in vier Tagen ausgearbeitet sein, eine Neubefüllung der Häfen und eine Läuterung des eingefüllten Frittematerials würde mindestens zwei Tage in Anspruch nehmen (vergl. BIRINGUCCIO, 1540, 153-154), so dass acht Glashäfen pro Woche (zusammen 600 kg Glas) als realistische Glasmenge anzunehmen sind. Über die Saison errechnet würden knapp 15 t Glas in acht Häfen produziert werden können, bei sorgfältigerer Läuterung, wie sie KUNCKEL (1679, 66-68) für die Herstellung besonders reiner Glasschmelze beschreibt, nimmt allein der Läuterungsprozess vier bis sechs Tage in Anspruch, so dass sich die Produktion in etwa halbieren dürfte.

Aus der rekonstruierten Glasmenge lässt sich auf unterschiedlichen Wegen der Aschebedarf für die Glasherstellung rekonstruieren. WEDEPOHL (1998, 45) verglich die Kaliumgehalte im Waldglas mit denen der Buchenasche. 0,1% Kalium in der Buchenasche stehen 19% Kalium in der fertigen Glasmasse gegenüber, so dass für ein Kilogramm Glas 190 kg Buchenholz verbrannt werden müssten. Für die Jahresproduktion von 10 t Glas würden demnach 1900 t oder gut 2700 fm Buchenholz allein zur Ascheherstellung verbrannt werden müssen. Diese Rechnung setzt allerdings voraus, dass das Holz vollständig verbrannt und die Asche verlustfrei transportiert wurde, dass alle Alkalien aus der Holzasche gelöst wurden und dass von Anfang an eine ideale Glasmischung ohne überschüssigen Pottascheanteil hergestellt wurde. Wedepohl nimmt somit zu Recht an, dass der tatsächliche Ascheverbrauch noch höher lag.

Eine andere Möglichkeit zur Rekonstruktion des Ascheverbrauchs liegt in der Umrechnung der historischen Glasrezepte. Ein erstes wirklich aussagekräftiges Verhältnis von Pottasche zu produzierten Glasgewicht (im Gegensatz zu den alten Rezeptmischungen von Biringuccio, Agricola und Theophilus Presbyter, wo das Glasgewicht in der Regel nicht angegeben wird) zitiert SEYFERT (1980) aus dem Jahr 1815. Nach dieser Angabe aus der bayerischen Glashütte

Regenhütte befanden sich in der Glasmischung 25% Pottasche, der jährliche Pottascheverbrauch ist somit bei einer durchschnittlichen Glasproduktion von 10 t auf etwa 2,5 t festzusetzen. Die Angaben, wie viel Asche zur Herstellung eines Kilos Pottasche benötigt wird, schwanken stark je nach Reinheitsgrad der Pottasche, so dass nach REINER u. a. (2004, 40) aus vier Teilen Asche einen Teil grob gereinigte Pottasche gewonnen werden kann, während KURZMANN (2003, 266-267) angibt, dass man nach dreimaliger Reinigung nur 5% des Aschegewichtes als Pottasche verwerten kann. Je nach Reinheitsgrad der verwendeten Pottasche ist mit einem jährlichen Ascheverbrauch von 10-50 t zu rechnen. Nach Verbrennen des Holzes bleibt etwa 1% des Holzgewichtes als Asche zurück. Der Holzverbrauch zur Ascheherstellung würde demnach bei 1000-5000 t beziehungsweise zwischen 1430 fm und 7150 fm pro Jahr liegen.

Nach REIMER u. a. (2004, 41) gilt als Faustregel, dass aus einem Festmeter Buchenholz ein Kilogramm Pottasche gewonnen werden kann. Demnach wäre der Holzverbrauch für die Herstellung von 10 t Glas mit 25% Pottaschegehalt mit 2500 fm anzusetzen. Für andere Holzarten muss aufgrund des differierenden Kaliumgehaltes in ihrer Asche ein anderes Verhältnis angenommen werden, da jedoch für Schleswig-Holstein vorrangig die Verwendung der Buche anzunehmen ist, wird im Folgenden grundsätzlich Buchenholz als Grundlage der Berechnung herangezogen.

Tab. 12: Verhältnis von Holzgewicht zur enthaltenen Menge Pottasche bei verschiedenen Holzarten nach REIMER u. a. 2004, 40-41.

1000 Teile Fichtenholz: 0,45 Teile Pottasche; 1m ³ entsprechen 312g Pottasche
1000 Teile Pappelholz: 0,75 Teile Pottasche
1000 Teile Buchenholz: 1,45 Teile Pottasche; 1m ³ entsprechen 1041g
1000 Teile Weidenholz: 2,85 Teile Pottasche
1000 Teile Ulmenholz: 3,90 Teile Pottasche

Bei der Verwendung von sauberer Asche zur Herstellung der Glasmasse, wie sie bei Theophilus Presbyter (DODWELL 1961, 37 und 39) und KUNCKEL (1679, 23) beschrieben wird, scheint auf die aufwendige Reinigung durch Lösen und Eindampfen der Salze verzichtet worden zu sein. Wenn auf zwei Raumteile Asche ein Raumteil Sand zur Glasmasse zusammengeschmolzen wird, kann von einem Gewichtsverhältnis von 0,2 kg Asche (Dichte 0,3 g/cm³) auf ein Kilogramm Sand (Dichte 2,65 g/cm³) ausgegangen werden (vergl. BEZBORODOV 1975, 54-55, GEILMANN 1955, 146).

Bei einer Glasproduktion von 10 t kann immerhin ein Ascheverbrauch von 2 t angenommen werden, was einer Holzmenge von 285 fm gleichkäme. Aufgrund der Diskussionen bei BEZBORODOV (1975, 54-55) kann jedoch durchaus auch Glas hergestellt werden, wenn es sich bei dem Rezept des Theophilus um Gewichtsanteile handelt, obgleich diese Möglichkeit nach GEILMANN (1955, 146) etwas weniger wahrscheinlich erscheint. Für eine Glasproduktion von 10 t würden demnach 6,6 t Asche und 3,3 t Sand aufgeschmolzen werden, wobei die 6,6 t Asche aus 943 fm Holz gebrannt werden könnten.

Alternative Rezepte KUNCKELS (1679, 5, 66-68) zur Glasherstellung in Schleswig-Holstein gehen von einem Gewichtsverhältnis von 40 Gewichtsanteilen Pottasche zu 60 Gewichtsanteilen Quarzkiesel oder 45 bis 50 Gewichtsanteilen Pottasche auf 60 Gewichtsanteile gebrannten Flintgrus aus. Bei dieser deutlich höheren Menge an Asche würden, wieder berechnet auf eine Glasproduktion von 10t, 4-5t Pottasche jährlich verbraucht werden. Unter Berücksichtigung, dass KUNCKEL (1679, 10-13) auf Grundlage Neris Untersuchungen bei seinem Reinigungsverfahren einen Pottaschegewinn von einem Viertel der eingesetzten Aschemenge angibt, käme das einer Aschemenge von 16-20 t oder einem Holzverbrauch von 2300-2850 fm gleich.

Vergleicht man die errechneten Werte mit den gekauften Pottaschemengen, die für Glashütten des 18. und 19. Jahrhunderts nachgewiesen sind, kommt man auf ähnliche Größenordnungen: Pro Saison sind 35-40 Zentner Pottasche verbraucht worden, was bei einem damals gebräuchlichen Zentner zu 56 kg 1,96-2,24 t entspräche (REIMER u. a. 2004, 41, 377). Umgerechnet auf das dafür verbrannte Holz wäre die Entsprechung bei 1960- 2240 fm Buchenholz.

Schwieriger gestaltet sich die Abschätzung des Brennstoffverbrauches durch die Interpretation des Glashüttenpachtvertrages des Marx Kunckel von 1642. Das zur Verfügung stehende Holz wird mit *2000 fruchttragenden Buchen* umschrieben, die Waldfläche mit umgerechnet 90 ha. Trotz der Beschreibung des zu Verfügung stehenden Bestandes bleiben mindestens zwei Interpretationsmöglichkeiten, wie der Wald ausgesehen haben mag. Zum einen implizieren der im Vertrag festgehaltene Zusatz „fruchttragend“, die Bemerkungen zur Schweinehude und die geringe Bestandsdichte von nur 22-23 Bäumen pro Hektar, dass der Wald als Hudewald genutzt wurde. Zum anderen ist jedoch denkbar, dass ein unter anderem zur Schweinehude genutzter Wald mit gemischtem Bestand, in dem sich jedoch 2000 alte, besonders zur Glasherstellung geeignete Buchen befanden, zur Verfügung gestellt wurde. Laut PÖHLS (1956, 200) ist davon auszugehen, dass es sich bei dem genannten Wald um einen Hudewald mit einem mindestens 60-jährigen Buchenbestand handelt. Einen gleichmäßigen Baumabstand vorausgesetzt, hätten die einzelnen Buchenstämme einen Abstand von etwa 20 m zueinander. Über die Größe der Bäume und den zwischen den Buchen befindlichen Bewuchs lassen sich aus dem Pachtvertrag keine weiteren Informationen entnehmen, was eine präzise Berechnung des Waldvorrates unmöglich macht. Es kann unter der Voraussetzung, dass alle Buchen gerade ihr fruchttragendes Alter erreicht hatten, nur ein Minimalvorrat an Buchenholz angegeben werden, der mit etwa 80fm/ha anzusetzen wäre, umgerechnet auf die Gesamtfläche des verpachteten Waldes entsprechend 7200fm. Über einen Betriebszeitraum von sechs Jahren würden minimal 1200 fm Buchenholz pro Jahr zu Verfügung gestanden haben.

Tab. 13: Benötigte Holzmenge (Buchenholz) zur Pottascheherstellung und zum Betrieb der Glasöfen nach verschiedenen Quellen und Rezepten bei einer angenommenen Jahresproduktion von 10 t Glas.

Quelle und Zeitstellung	Mischung	Pottascheverbrauch	Ascheverbrauch	Holz für Ascheherstellung	Brennholz für Öfen
Hochmittelalter Theophilus Presbyter (DODWELL 1961, 27 und 39; BEZBORODOV 1975, 54-55, GEILMANN 1955, 146)	2 Raumteile Asche auf 1 Raumteil Sand; ODER 2 Gewichtsanteile Asche auf 2 Gewichtsanteile Sand		2 t 6,6 t	285 fm 943 fm	min. 2000 fm
Hochmittelalter WEDEPOHL (1998, 42-45)				1900 t oder 2700 fm	600 t oder 860 fm
Spätmittelalter BIRINGUCCIO 1540, 151-152; KURZMANN 2003, 182;	1 Teil Pottasche auf 3 Teile Quarz	2,5 t	10-50 t, je nach Reinheitsgrad	1430 fm- 7150 fm	ca. 1000 fm
Barock KUNCKEL 1679, 66-68	40-50 Gewichtsanteile Pottasche auf 60 Gewichtsanteile Quarz oder Flint	4 t-5 t	16 t-20 t	2300 fm- 2850 fm	ca. 1000 fm
18. Jahrhundert REIMER u. a. 2004, 40-41	1 Teil Pottasche auf 3 Teile Quarz	2,5 t		2500 fm	ca. 1000 fm
18 .und 19. Jahrhundert, (REIMER u. a. 2004, 41)		1,96 t- 2,24 t		1960 fm- 2240 fm	ca. 1000 fm
Grenzwerte		1,96 t- 5 t	2-50 t	258 fm - 7150 fm	860 fm- 2000 fm
Mittelwert		3,03 t	17,4 t	2436 fm	1143 fm

Zusammenfassend kann die Glasherstellung nur als außergewöhnlich holzintensive Industrie beschrieben werden. Wird der Jahresverbrauch, der sich anhand der verschiedenen Angaben in der Größenordnung um 3500 fm bewegt, auf die produzierte Masse Glas umgerechnet, wie es sich bei der Eisenverhüttung aufgrund des archäologischen Quellenmaterials von vornherein angeboten hat, wird eine Tonne Glas aus etwa 350 fm Holz geschmolzen.

5.4 Weitere Großverbraucher

Neben den bislang behandelten Gewerken können unzählige weitere Großverbraucher und Handwerkszweige genannt werden, die zu einem massiven Brenn- und Kohlholzeinschlag führten. An oberster Stelle sind die Höfe und Städte zu nennen, die einen enormen Brennholzbedarf zum Heizen und Kochen gehabt haben dürften. Exemplarisch seien einige

Zahlen aus dem Erdbuch des Gottorfer Anteils von Schleswig-Holstein sowie statistische Erhebungen des 18. Jahrhunderts bezüglich des Brennstoffverbrauches in Flensburg zitiert.

Für das Jahr 1604 gibt das Erdbuch einen recht umfassenden Einblick in die Brennholzlieferungen der einzelnen Ortschaften im Bereich um Jübeck (Kreis Schleswig-Flensburg). Schuby hatte 340 Fuder nach Gottorf zu liefern, Lürschau 45 Fuder, Arenholz 80 Fuder und Silberstedt 340 Fuder. Je nach Waldreichtum der Ortschaften variierte die pro Hufe abzugebende Holzmenge zwischen 15 und 38 Fudern pro Jahr. Im Ort Espertoft sind zwei Bauern mit je 17 Fudern Brennholzabgabe verzeichnet (MAGER 1930, 121).

Im ausgehenden 18. Jahrhundert, einer Zeit, in der schon englische Steinkohle und Torf aus den schleswig-holsteinischen Mooren als Ersatzbrennstoff im Gebrauch waren, importierte die Stadt Flensburg nach Angaben LAUOPS (1797) 22.600 Faden (knapp 66.000 rm bzw. 40.000 fm, vergl. ANONYMUS 1821) Brennholz aus dem gesamten Schleswiger Landesteil und von den dänischen Inseln. A. P. ANDRESEN (1797) ergänzt zu dem Bericht Lauops, dass ein Großteil der Waldungen im Raubbau betrieben wurden.

Während in den Montanregionen der Mittelgebirge auch die Gewinnung von Bunt- Edel- und Schwermetallen eine bedeutende Rolle spielte, sind in Schleswig-Holstein ab dem 12. und 13. Jahrhundert besonders die Ziegel- und Kalkbrennerei als Großverbraucher von Brennholz zu nennen (PRIES 1981, 39-40). Bis ins 18. Jahrhundert hinein wurden in Schleswig-Holstein Ziegel hauptsächlich im Meilerbrand hergestellt, wobei Brennmaterial und luftgetrocknete Ziegel zum Brand unter einer Erdabdeckung aufgestapelt wurden (PRIES 1981, 83-84). Leider sind bislang keine Fundorte von Ziegeleien innerhalb Schleswig-Holsteins archäologisch untersucht worden, so dass aus den Produktionsstädten keinerlei anthrakologische Untersuchungen zur Verfügung stehen. Auch die historische Überlieferung bezüglich der Ziegel- und Brandkalkproduktion ist spärlich, sie beschränkt sich auf wenige Jahrgänge des 17. Jahrhunderts der Ziegelbrennerei zu St. Petri vor dem Holstentor in Lübeck (HIRSCH 1904). Der Brennholzverbrauch wird für das Jahr 1618 mit einem Umfang von 1361 Faden und 360 Styge angegeben, einer Menge die etwa 6000 fm entsprechen dürfte. Mit diesem Holz wurden etwa 250.000 Ziegelprodukte gebrannt. Art, Herkunft und Dimension des Holzes werden in der Quelle nicht genannt. Dass trotz der mangelnden Kenntnis über die Baustoffproduktion Aussagen aus dem vielfach zur Verfügung stehenden Baumaterial selbst getroffen werden können, soll exemplarisch durch die Untersuchungen des Kalkmörtels aus dem Kloster Bordesholm gezeigt werden (Kapitel 6.9).

Gerade an der Küste kann der Bau und der Betrieb von Schiffen als weiterer Faktor zum Brennholzverbrauch genannt werden. Neben den Mengen an Bauholz benötigten die Werften Brennholz zum Dämpfen und Biegen der Planken sowie Holzkohle und Brennholz zur Versorgung der Schiffe, teils über Monate im Voraus.

6 Untersuchungen verschiedener Standorte der frühen Industrie

...und thor koppermöhlen vele kalen behoven, ßo hebbe wy ohnen und ohren erven uth sudergen gnaden und gunst tho underholding sulcker möhlen datt holt uppe dem Rißebusch, so with und ferne sulckck holt darvon jungest den buren verkofft iß und von densulvigen gehowen, vor hundert marck Lubisch, ...dat se sulck holt na ohrem gefalle und nuttelich mogen hegen und howen. Und wor de hester der ekenholte tho dicke staen, so mogen se desulven ungefherlig thu eynem offte twen vadem rumeß vonander affhowen und dat beste und geschickeste bestan laten. Wy willen ock allen unsen ambluden hirmith befallen und gebaden hebben, sulck holt thu gedachter koppermöhlen beste glick unserm eigen holte tho helpen bescharmen und de straffen, de sick darinne darinne vergripen...

SHRU 15, Q. 2378, S. 231-232.

(...und da zur Kupfermühle viele Kohlen benötigt werden, so haben wir euch und euren Erben aus unserer Gnaden und Gunst zur Unterhaltung solcher Mühlen das Holz auf dem Risebusch, so weit und fern solches Holz nicht den Bauern verkauft ist und von den selbigen gehauen wurde, für 100 Mark Lübsch verkauft... dass ihr solches Holz nach eurem Gefallen und nützlich möget hegen und hauen. Und wo die jungen Eichen zu dicht stehen, so möget ihr dieselben ungefährlich (unbestraft) zu einem oder zwei Faden Abstand (ca. 1,7m-2,4m) abhauen und das Beste und Geschickteste stehen lassen. Wir wollen auch allen unseren Amtleuten hiermit befohlen und geboten haben, solches Holz zum Besten der angedachten Kupfermühle gleich unserem eigenen Holz zu beschirmen helfen und diejenigen strafen, die sich darin vergreifen...)

An vielen Stellen Schleswig-Holsteins sind sowohl im städtischen als auch im ländlichen Bereich Produktionsstätten von Handwerk und früher Industrie historisch und archäologisch untersucht worden. Im Folgenden werden verschiedene Fundstellen von mutmaßlichen frühen Industriestandorten im ländlichen Bereiche bezüglich ihres historischen, archäologischen und anthrakologischen Niederschlags untersucht. Fundorte, die aufgrund ihrer räumlichen Nähe Rückschlüsse auf die zeitliche oder räumliche Verbreitung eines Gewerkes zulassen, werden in den folgenden Kapiteln zusammengefasst, so die Meilerstellen im Holtdorfer Gehege, die Meilerstelen im Riesewohld, die Meilerstelle und die Schlackehalde im Eisenverhüttungsrevier Flensburg-Wassersleben und die Meilerstellen im Raum Ahrensböök. An die Darstellung der historischen, archäologischen und anthrakologischen Forschungsergebnisse schließt sich in der Interpretation jeweils die Beurteilung der Nachhaltigkeit der Forstwirtschaft in den betreffenden Bereichen an.

6.1 Meilerstellen im Holtdorfer Gehege (Kreis Rendsburg-Eckernförde)

Das Holtdorfer Gehege befindet sich nahe der geographischen Mitte Schleswig-Holsteins im Kreis Rendsburg-Eckernförde, zwischen den Ortschaften Bargstedt, Brammer und Holtdorf. Durch lokalgeschichtliche Studien (ROHWER 1996) sowie archäologisch-botanische Untersuchungen (EHLERS 2006) konnte eine bis in das Spätmittelalter zurückgehende Köhlereitradition nachgewiesen werden.

6.1.1 Historische Überlieferungen

Das Holtdorfer Gehege ist seit dem 16. Jahrhundert in landesherrlicher Verwaltung und somit als Forstung anzusprechen (ROHWER 1996, 147; NEUSCHÄFER 1986). In den Meijerschen Karten (DANCKWERTH 1652) ist das Holtdorfer Gehege äußerst ungenau eingezeichnet, in der VARENDORFSCHEN Karte (1796) gleicht das Gehege weitgehend den heutigen Abmessungen. Da die das Holtdorfer Gehege umgebenden Ortschaften spätestens ab dem 15. Jahrhundert eindeutig belegt werden können, kann die Ausbreitung des Holtdorfer Geheges seit etwa 1400 als weitgehend konstant gelten. Die Ersterwähnungen Bargstedts sowie Brammers finden sich 1442 im Register der Kirchspielkirche Nordtorf, Oldenhütten wird 1538 in den Steuerlisten aus den Rendsburger Amtsrechnungen erwähnt (vergl. MARTENS 1978; BOELTER 2001; SALIE 2001a; SALIE 2001b). Vermutlich sind die Ortschaften jedoch älter; möglicherweise verweist der Ortsname Bargstedt auf eine schon völkerwanderungszeitliche Gründung (CLAUSEN 1952, 7-8). Die Gründung des Ortes Brammer lässt sich in der Siedlungsphase des 12. oder 13. Jahrhunderts annehmen, da der Familienname *Brammer* oder *von Brammer* ab Mitte des 14. Jahrhunderts in der schriftlichen Überlieferung nachzuweisen ist (SHRU 4, Q. 661, S. 424-425) Die maximale Ausdehnung des Holtdorfer Geheges nach Norden und Osten dürfte sich somit seit dem Hochmittelalter nur wenig verändert haben.



Abb. 32: Das Holtdorfer Gehege auf der Meijerschen Karte (DANCKWERTH 1652), der VARENDORFSCHEN Karte (1796) und der topographischen Karte 1:25.000 (2003). Rot eingezeichnet die untersuchte Köhlerei BAR 5-12.

Aus schriftlicher Überlieferung in den Nortorfer Amtsrechnungen ist aus dem Holtdorfer Gehege eine langfristige Köhlereitätigkeit im 16. und 17. Jahrhundert belegt (ROHWER 1996, 147). So ist im Amtsregister des Kirchspieles Nordtorf für das Jahr 1589 eine Holzkohlelieferung aus „*seiner Majestät Wald*“ von 878 Lasten, etwa 1700 bis 2125 t Kohle verzeichnet, ohne, dass die Umstände der Holzkohleherstellung genauer beschrieben werden. Für das Jahr 1672 geht aus dem Amtsregister hervor, dass die Bauern der Ortschaften Bargstedt, Htten, Holtdorf, Brammer, Embhren und Hamwedel sowie der Pastor in Nortorf einzelne Stämme als Kohlholz ausgewiesen bekamen, 1681 und 1697 ist die Einnahme von Khlereigebhren von verschiedenen Hofstellen und Dörfern des Kirchspieles Nortorf, vorrangig aus Oldenhütten, Holtdorf, Soeren, Langwedel und Schlp verzeichnet (ROHWER 1996, 147).

In den bei ROHWER (1996) publizierten Landkarten ist ersichtlich, dass auch im 18. und 19. Jahrhundert bei Bargstedt Kohlen gebrannt wurden, mehrere Kohlstellen sind eingezeichnet (EHLERS 2006). Auf den Landkarten der Reichsvermessung der 1870er Jahre ist eine weitere Köhlerei südlich des Dorfes Holtdorf verzeichnet.

6.1.2 Archäologische Forschung

Prospektion und erste Probennahmen

Bei Bauarbeiten im Ort Bargstedt gefundene Holzkohlen wurden von Y. EHLERS (2006) beprobt und konnten aufgrund von Lagevergleichen den in den Karten verzeichneten Köhlereien zugewiesen werden. Im Rahmen einer Forschungsarbeit am Ökologiezentrum der Universität Kiel wurden noch weitere Holzkohlen auf Wiesen zwischen Bargstedt und dem Holtdorfer Gehege gefunden, die sich ebenfalls mit den auf den Flurkarten verzeichneten Meilerstellen decken. Die Fundstellen konnten aufgrund der Parallelen mit dem Kartenmaterial definitiv als neuzeitlich angesprochen werden (BAR 1 bis BAR 3). Bei einer Begehung des Holtdorfer Geheges konnten durch Y. Ehlers und O. Nelle sowohl am Waldrand (BAR 4) als auch auf einem Sporn zwischen zwei Bchen inmitten des Waldes Relikte der Köhlereitätigkeit gefunden werden (BAR 5 bis BAR 12), die nicht in den Flurkarten des 18. und 19. Jahrhunderts verzeichnet waren. Die Annahme liegt nahe, dass es sich um ältere Anlagen handelt, die zur Zeit der Kartierungen nicht mehr in Benutzung waren.

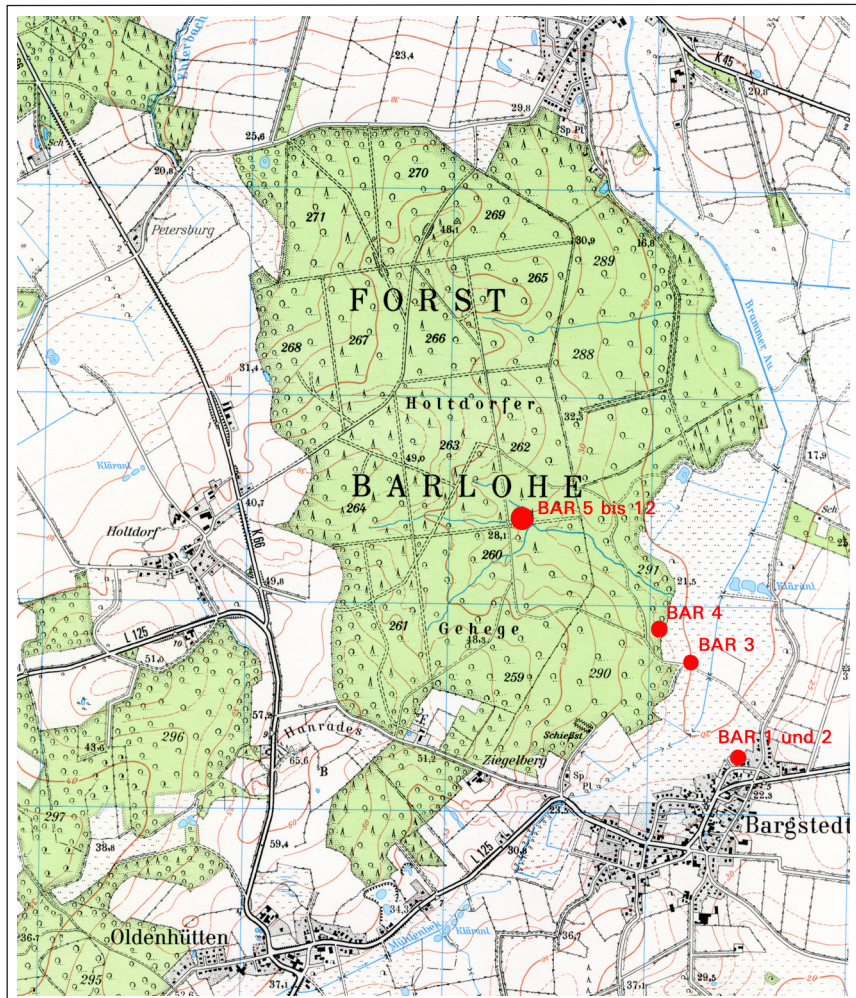


Abb. 33: Das Holtdorfer Gehege mit den Meilerstellen BAR 1-3, BAR 4 und BAR 5-12. Kartengrundlage: Topographische Karte 1:25.000 (2003).

Ausgrabung der Meilerstellen Bar 5 und Bar 8

Die Meilerstellen BAR 5 bis BAR 12 befinden sich inmitten des Holtdorfer Geheges auf einem Sporn zwischen zwei schmalen Bächen. Die Meilerstellen BAR 5, 7, 8 und 9 sind im obertägigen Befund eindeutig als solche anzusprechen, sie zeichnen sich als flache Mulden im Gelände ab. Die Meilerstellen Bar 6, 10, 11 und 12 fallen nur durch vermehrte HolzkohleKonzentrationen im Boden auf, obertägig sind sie allenfalls als flache Mulden zu erahnen, erst in der Überhöhung des Bodenreliefs treten ihre Konturen deutlich hervor. Alle erkennbaren Meilerstellen weisen einen Muldendurchmesser von etwa 10 m auf und sind von einem Löschewall umgeben. Sie überschneiden sich im obertägigen Befund nicht, was schon bei der ersten Begutachtung des Fundplatzes auf eine Gleichzeitigkeit der Meilerstellen hindeutete.

Die ganze Anlage wird von stark erodierten Wällen umschlossen, die sich weniger deutlich auch auf dem Sporn in Richtung Westen fortsetzen, wo das Gelände weniger stark profiliert ist als im Bereich der Meilerstellen. Der Baumbestand setzt sich vorrangig aus neu gepflanzten Nadelhölzern (Sitkafichte und Lärche) zusammen, deren Alter anhand von Jahrringzählungen

bei einigen gefällten Exemplaren auf etwa 60 Jahre ermittelt werden konnte. Vereinzelt finden sich im Bestand ältere Eichen und Buchen, in den Feuchtzonen der Bachbetten auch Erlen. Während der Grabung wurde unweit der Meilerstellen eine Schlackenhalde mit stark verglasten Schlacken gefunden, die vom Sporn in den nördlichen Bachlauf hinein streut. Neben der Meilergrabung wurde auch diese Schlackenhalde beprobt, da eventuell ein Zusammenhang bestehen könnte (Siehe Kapitel 6.7).

Laut Aussage des zuständigen Försters wurde in diesem Gebiet nach dem zweiten Weltkrieg viel Holz eingeschlagen und nach England geliefert. Alte Eichen und Buchen bildeten zu diesem Zeitpunkt den ursprünglichen Bestand. Es ist nicht bekannt, dass an dieser Stelle auch Kohle für die Reparationszahlungen hergestellt wurde.

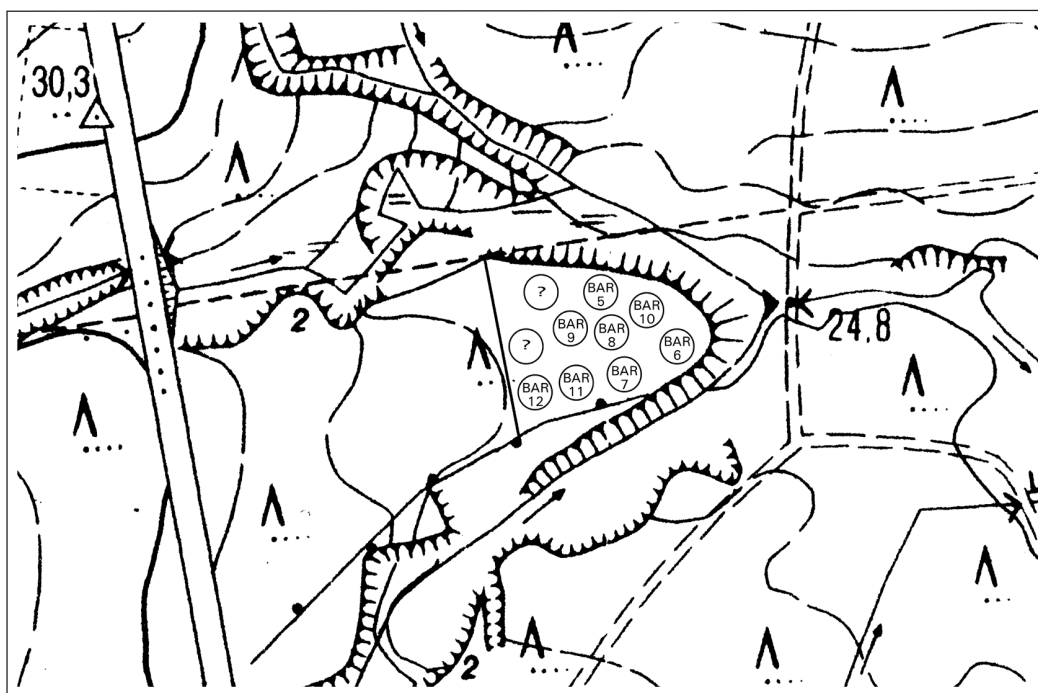


Abb. 34: Lage der Meilerstellen im Holtdorfer Gehege, wie sie durch Geländebegehungen und Aufnahme des Höhenprofils rekonstruiert werden konnten. Die Meilerstellen BAR 9 bis BAR 12 enthielten ausreichend Holzkohle für eine Holzkohleanalyse, die Meiler BAR 5 und BAR 8 wurden archäologisch untersucht.

Kartengrundlage: Deutsche Grundkarte 1:5000 (1967, 2006)

Vom noch sichtbaren südlichen Löschewall der Meilerstelle BAR 8 bis etwa zur Mitte der Meilerstelle BAR 5 wurden beide Meilerbefunde in der Mitte geschnitten, um die Gleichzeitigkeit der Meilerstellen überprüfen zu können. Des Weiteren sollten die genaue Größe, die Mächtigkeit der Löscheschicht und die genaue Profilform der Kohlplatten ermittelt werden, um die Stelle kulturhistorisch genauer einordnen zu können. Ebenso wichtig erschien die Aufnahme verschiedener Plana, da aus der relativen Verteilung der Holzkohle Rückschlüsse auf die Arbeitsweise der Köhler getroffen werden könnten.

Der Grabungsschnitt umfasste eine Fläche von 14x2 m (Befundbeschreibung nach PAYSAN 2007a, 96-98). Gegraben wurde in künstlichen Schichten in Abträgen von je 10 cm

Mächtigkeit, da eine natürliche Schichtung in den ersten 20 cm nicht auszumachen war. Die aus dem Grabungsschnitt entnommene Erde wurde vollständig mit einem Sieb von 5 mm Maschenweite gesiebt, die Kohle wurde nach Meilerbefunden und Abträgen getrennt vollständig als Fundmaterial geborgen, aus Abtrag 1 und 2 sowie aus Abtrag 4 wurde je eine Holzkohleprobe von 61, 25 beziehungsweise 50 Stücken entnommen. Vor Beginn der Grabung wurde das Höhenprofil des Grabungsschnittes im Quadratmeterabstand aufgenommen, um die überlieferte Oberfläche rekonstruieren zu können. Im Verlaufe der Grabung wurde ebenfalls im Quadratmeterabstand ein Großteil des Sporns aufgenommen, um die gesamte Anlage zu visualisieren und eventuell noch weitere Meiler ausfindig zu machen. Hierbei konnte die Zahl der zweifelsfrei nachzuweisenden Meilerstellen von vier (BAR 5, 7, 8 und 9) auf acht (zusätzlich BAR 6, 10, 11, 12) erhöht werden. Auch die so neu entdeckten Meilerstellen liegen eng beieinander und überschneiden sich nicht. Im Gesamtbild erscheint die Köhlerei als mit Wällen eingefriedetes Gebiet zwischen zwei Bächen, wobei die gesamte Innenfläche von den Meilerstellen eingenommen wird.

Beim Abtiefen des Grabungsschnittes zeigten sich deutliche Holzkohlebänder im Bereich der noch obertägig zu erkennenden Löschewälle. Das gesamte Bodenmaterial ist in einzelnen Körnern podsoliert und weist eine zwischen schwarz-graue bis tiefschwarze Farbe auf, wobei allein die Holzkohlebänder deutlich abgrenzbare Befunde darstellen. In allen anderen Bereichen ist Holzkohle vorhanden, jedoch in deutlich geringeren Mengen und in kleineren Durchmesser (unter 1 cm).

Der Übergang zwischen den Meilerstellen BAR 8 und BAR 5 gestaltet sich im Befund etwas undeutlich, jedoch sind bei beiden Meilern deutliche Holzkohlebänder zu erkennen, die sich den jeweiligen Löschewällen folgend in mehreren Einzelbefunden darstellten. Die mit kleineren Holzkohlen durchsetzte Lösche beider Meilerstellen vermischt sich in einem Horizont zwischen den beiden Löschewällen, so dass von einem gleichzeitigen Betrieb der beiden Meilerstellen auszugehen ist. Mit zunehmender Grabungstiefe wurde der Durchmesser der Meilerbefunde immer geringer, die Meilerstellen können demnach auch zur Betriebszeit als flache Mulden rekonstruiert werden.

Das Nord-Süd Profil des Grabungsschnittes stellte den genauen Mittelquerschnitt durch die Meilerstelle BAR 8 und die Südhälfte der Meilerstelle BAR 5 dar. Ähnlich wie im obertägigen Befund stellen sich die Meilerstellen als flache Mulden von max. 35 cm Tiefe dar. Der Durchmesser von BAR 8 muss von Wallspitze zu Wallspitze mit genau 10 m angegeben werden. Direkt unter der Streuschicht schließt sich eine durch beide Meilerstellen verlaufende Schicht aus schwarz gefärbtem, mit vielen Holzkohlestücken versetztem Sand an, der als Löscheschicht interpretiert werden kann. Einzelne Sandkörner erscheinen trotz der Holzkohledurchsetzung des Bodens stark gebleicht. Unter den leicht erhöhten, im obertägigen Befund zu erkennenden Wällen zeichnet sich jeweils eine Schicht von grobstückiger Holzkohle ab.

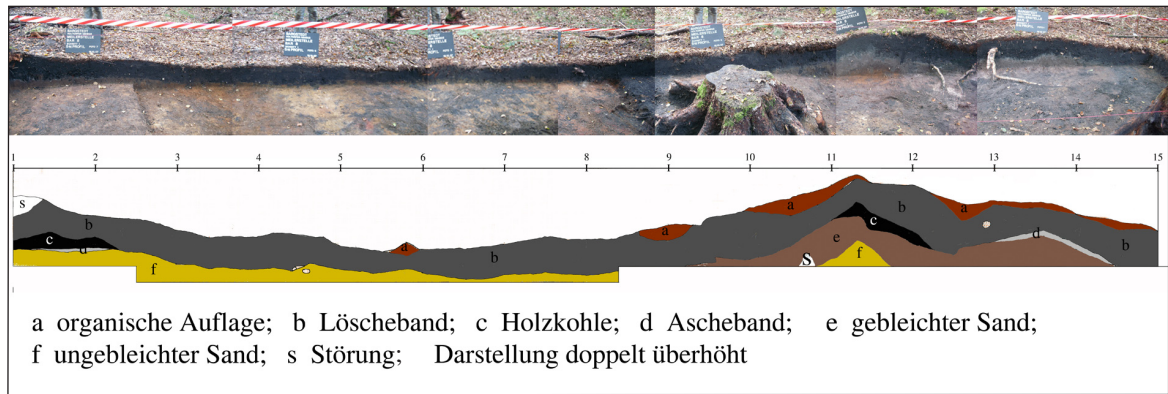


Abb. 35: Profil der Meilerstelle BAR 8.



Abb. 36: Grobstückige Holzkohleschicht im Südteil der Meilerstelle BAR 8.

Sowohl in BAR 8 als auch in BAR 5 sind im Profil neben deutlichen Holzkohlebändern auch aschefarbene Bänder mit eingeschlossenen Holzkohlestücken zu beobachten. Direkt unter der Löscheschicht beziehungsweise den Holzkohlebändern beginnt das gewachsene Bodenmaterial, im Süden der Meilerstelle BAR 8 gelber Sand, im Norden der Meilerstelle BAR 8 und der Meilerstelle BAR 5 gebleichter über gelbem Sand. Aufgrund der Schichtenabfolge des natürlichen Bodens, des Ausgangsmaterials und der gebleichten Sandkörner in den Befunden wird vom Bodentyp eines Podsols ausgegangen, der in der Oberfläche durch die Meilerstellen gestört wurde. Dass sich die Meilerstellen als flache Mulden abzeichnen, kann zweierlei Ursachen haben: Zum einen kann bereits bei Anlage der Köhlerei eine flache Mulde ausgehoben worden sein, zum anderen könnte die Mulde durch das immer wiederholte Ausziehen der Kohle durch den Betrieb entstanden sein. Die Kohlewälle unter den obertägig zu erkennen Wällen deuten darauf hin, dass nach Beendigung eines

Meilerbrandes die Kohle zu den Rändern hin mit einem Rechen oder Ähnlichem ausgezogen und dort abgelöscht wurde. Dünne Aschebänder belegen, dass hier außerdem etwas von der Holzkohle verbrannt sein muss. Nach Aufgabe der Köhlerei sind die Stellen nicht wieder benutzt worden, da keine neuen Löscheschichten den Befund überlagern.

Neben der Holzkohle wurden nur wenige Funde gemacht. Vereinzelt fanden sich gebrannte Flintstücke, obwohl in der Gesamtmasse des bewegten Erdmaterials so gut wie keine Steine enthalten waren. In Abtrag 2 wurde direkt am Südrand der Meilerstelle BAR 8 eine einzelne Scherbe aus ungebogenem Waldglas geborgen. Unweit davon entfernt enthielt der Abtrag 4 ein Stück gesintertes Keramikmaterial, welches vom Boden eines Glashafens zu stammen scheint.

6.1.3 Holzkohleanalyse und naturwissenschaftliche Datierung

Holzkohleuntersuchungen und Datierung der Meilerstelle Bar 4

Die Meilerstelle BAR 4 ist als leicht ovale Fläche von 9,5 x 10,5 m im Gelände nur schwer zu erkennen, um die Fläche herum lässt sich ein leichter Wall erahnen. Mitten durch die Meilerstelle verläuft ein wenig genutzter Waldweg, in dessen Fahrspuren sich vereinzelt Holzkohle finden lässt. Parallel zum Waldweg, etwa 5 m nördlich der Meilerstelle, verläuft ein Wall in Nordwest-Südostichtung. Die Meilerstelle wurde an drei Stellen beprobt, eine vierte Probe wurde etwa 5 m vom Meilerrand entfernt am Wallfuß entnommen (EHLERS 2006).

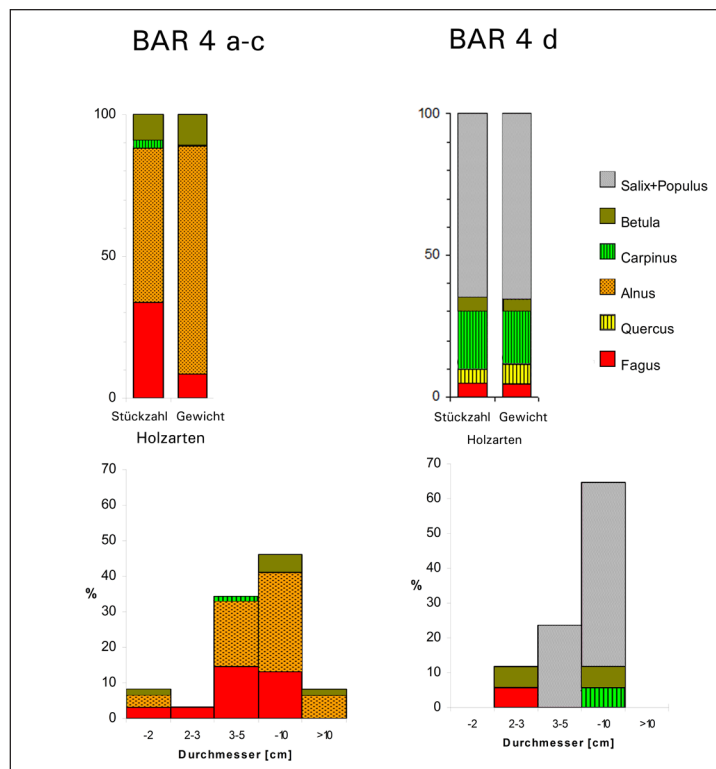


Abb. 37: Holzartenzusammensetzung und Durchmesserverteilung der Meilerstelle BAR 4 (nach EHLERS 2006). Links die Aufstellung der Proben A bis C aus der Meilerstelle (74 Stücke) rechts die Aufstellung der Probe D neben dem Wallfuß (17 Stücke). mD= 5,8 cm

Die Holzkohleproben, die innerhalb der Meilerstelle genommen wurden (zusammen 74 Stücke) zeigen ein sehr einheitliches Bild der Holzkohlezusammensetzung. Das Artenspektrum wird von Buche und Erle dominiert, auf die zusammen etwa 80% der Holzkohlen entfallen. Weitere, teils nur in Einzelstücken vorhandene Arten sind Birke, Hainbuche sowie Weide oder Pappel. Die Durchmesserverteilung zeigt eine Dominanz in der Durchmesserklasse von 5 bis 10 cm.

Deutlich von dieser Verteilung abweichend zeigt sich die Probe vom Wallfuß (17 Stücke). Klar dominierende Holzart sind Weide oder Pappel (13 Stücke), daneben kommen Eiche, Buche, Hainbuche und Birke mit jeweils einem Stück vor. Die meisten dieser Holzkohlen lassen sich ebenfalls in die Durchmesserklasse von 5 bis 10 cm einordnen.

Aus der Meilerstelle BAR 4 wurde ein Stück Buchenholzkohle mit Waldkante zur Datierung entnommen. Die Analyse ergab ein Radiocarbonalter von 410 ± 20 BP. Damit liegt die Probe knapp vor dem spätmittelalterlichen Kalibrierungsplateau und lässt sich mit einiger Sicherheit in den Zeitraum zwischen 1437 und 1492 einordnen (vergl. Katalog 11.1.1).

Holzkohleuntersuchung und Datierung der Meilerstellen BAR 5 bis BAR 12

Neben den Holzkohlen aus der Grabung der Meilerstellen BAR 5 und BAR 8 wurde aus den Meilerstellen BAR 9, BAR 10, BAR 11 und BAR 12 ausreichend Holzkohle für eine aussagekräftige Beprobung entnommen. Die Holzkohleanalyse zeigt, dass in den Meilerstellen Buche (*Fagus*), Hainbuche (*Carpinus*) und Erle (*Alnus*) die dominierenden Holzarten sind. Alle drei Holzarten sind gut zur Holzkohleherstellung geeignet und als Bauholz aufgrund der geringen Fäulnisbeständigkeit nur selten verwendet worden. Soweit an den einzelnen Holzkohlestücken noch erkennbar, ist der letzte Jahrring in der Regel vollständig ausgebildet, so dass das Holz zur Errichtung der Meiler vorrangig im Winter gefällt worden sein muss.

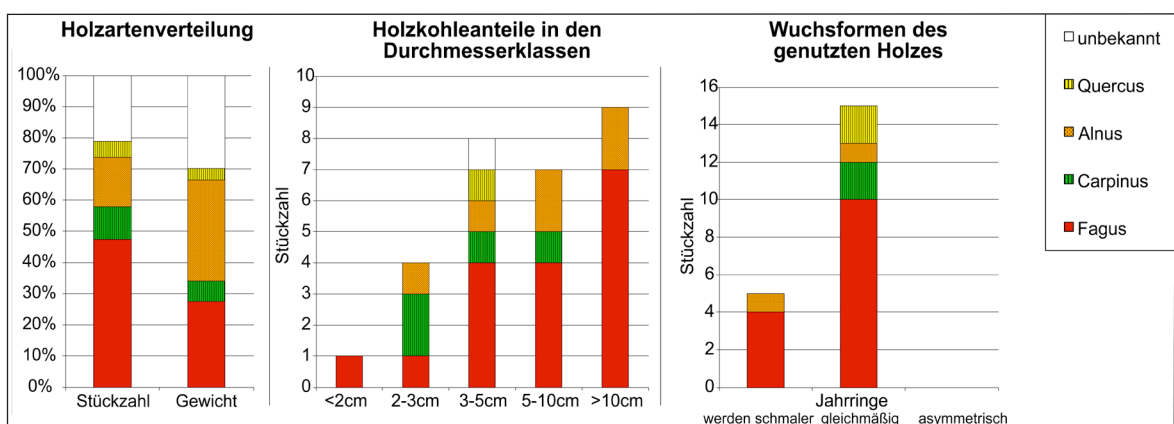


Abb. 38 Holzkohleanalyse der Meilerstelle BAR 9, N= 38, mD= 6,0cm

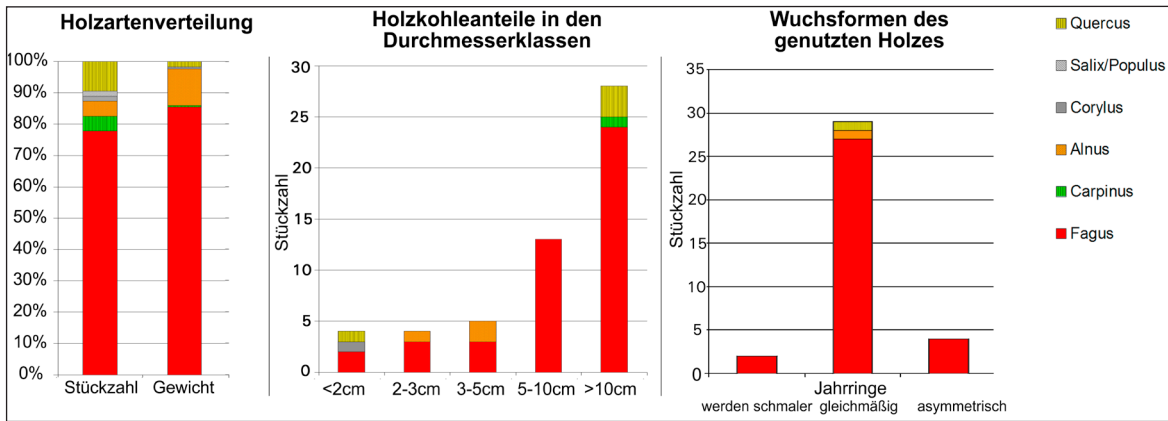


Abb. 39: Holzkohleanalyse der Meilerstelle BAR 10, N= 63, mD= 9,0cm

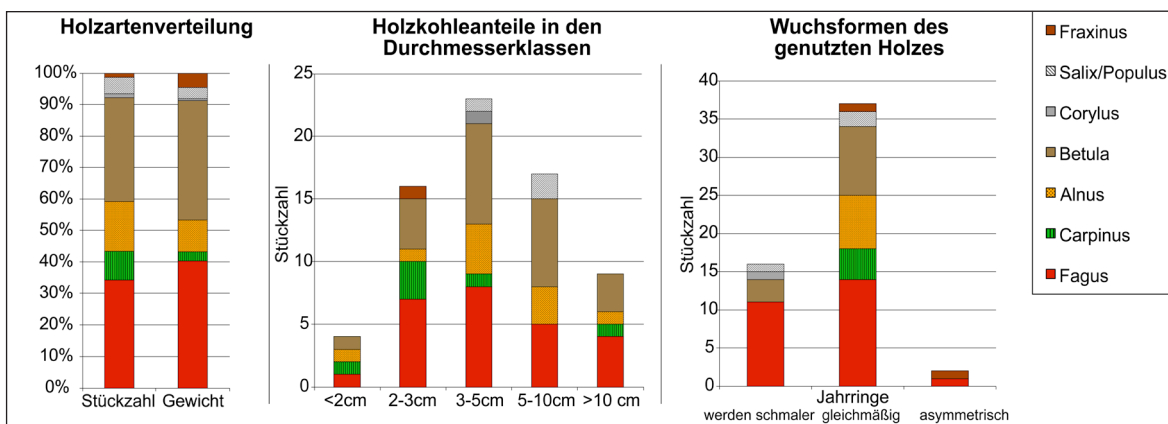


Abb. 40: Holzkohleanalyse der Meilerstelle BAR 11, N= 76, mD= 5,2cm

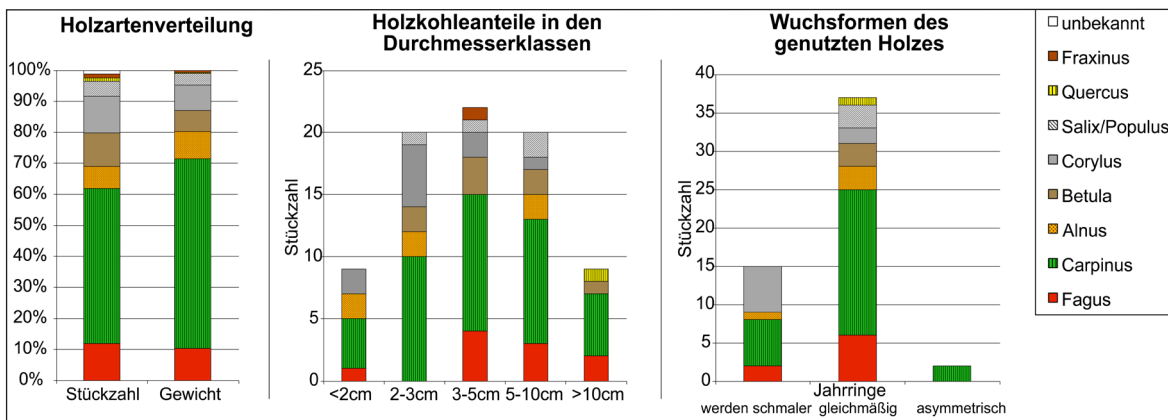


Abb. 41: Holzkohleanalyse der Meilerstelle BAR 12, N= 84 mD= 5,1cm

Die meisten Holzkohlen aus BAR 5 können aufgrund der noch sichtbaren Jahrringmuster der Durchmesserklasse zwischen 5-10 cm zugeordnet werden. Deutlich dominante Holzart ist die Birke (*Betula* 39%) gefolgt von Buche (*Fagus* 20%), Hainbuche (*Carpinus* 14%), Weide oder Pappel (*Salix/Populus* 11%), Hasel (*Corylus*, 6,5%) und Erle (*Alnus* 5,5%). Eiche (*Quercus*), Esche (*Fraxinus*) und Faulbaum (*Frangula*) kommen nur in einzelnen Stücken vor und machen zusammen 4% der Holzkohlestücke aus. 55% der Holzkohlenstücke wiesen noch

Waldkante, 19% einen erhöhten Zuwachs in den ersten Wachstumjahren auf. Für Astholz typisches Reaktionsholz konnte bei 14% der Holzkohlen beobachtet werden.

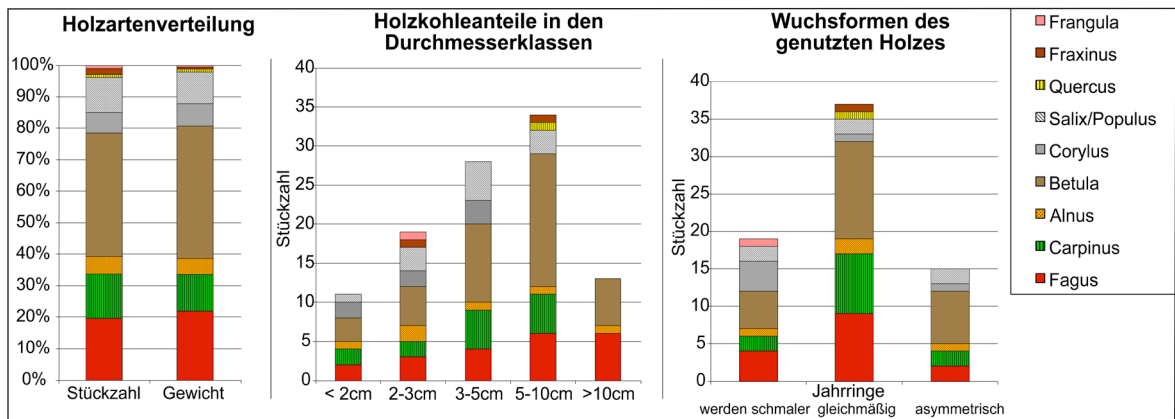


Abb. 42: Holzkohleanalyse der Meilerstelle BAR 5, N=107, mD= 5,9cm.

In der Meilerstelle BAR 8 stellten sich die Möglichkeiten der Holzkohleanalyse deutlich vielseitiger dar. Die Holzkohle aus den Abträgen 1 und 2 war zum Teil nicht zerbrochen und in Stücken bis zu Faustgröße erhalten. 86 Holzkohlestücke wurden aus den oberen beiden Abträgen analysiert. Dominierend ist die Buche (*Fagus*) mit einem Anteil von 51%, Erle (*Alnus*) macht 21% des Spektrums aus, Hainbuche (*Carpinus*, 12%), Weide oder Pappel (*Salix/Populus*, 9%), Hasel (*Corylus* 3%), Eiche (*Quercus* 2%) und Birke (*Betula*, 1%) sind weniger stark vertreten. Die zu rekonstruierenden Holzdurchmesser haben ihre größte Häufigkeit in den Durchmesserklassen über 10 cm (27%). Auffällig in Meilerstelle BAR 8 ist das häufige Vorkommen von vollständig erhaltenen Kohlen kleineren Durchmessers mit umschließender Waldkante. Die dabei in der Regel enge und zum Teil unregelmäßige Jahrringstruktur (10% der in Abtrag 1 und 2 untersuchten Holzkohlestücke) deutet auf Holzkohle aus Aststücken hin, deren Reaktionsholz in einigen Fällen deutlich zu erkennen ist. Vermutlich ist hier Astholz von größeren Buchen verkohlt worden. Bei 14% der untersuchten Holzkohlen ließ sich ein erhöhter Zuwachs in den ersten Wachstumjahren nachweisen.

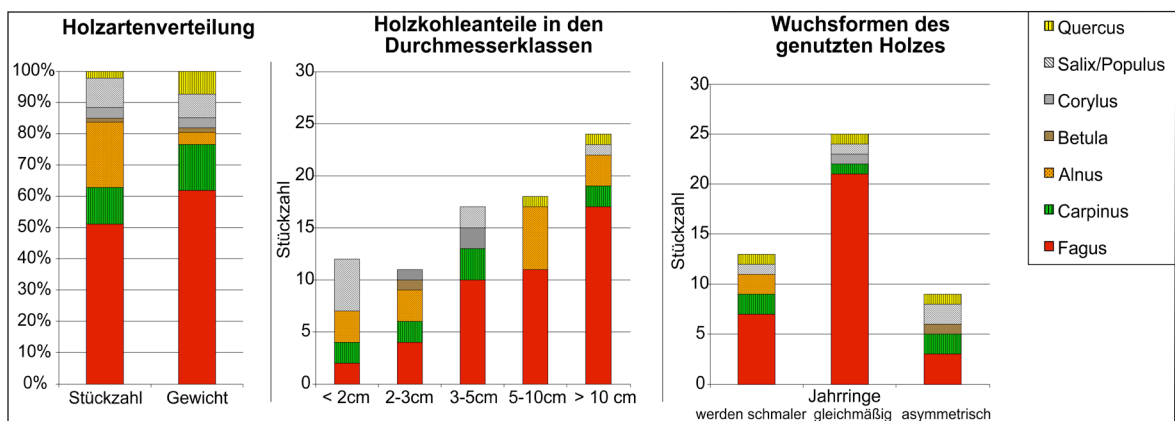


Abb. 43: Holzkohleanalyse der Meilerstelle BAR 8, Abträge 1 und 2, N= 86, mD= 7,0cm.

Im Abtrag 4 konnte ein grundlegend anderes Holzkohlespektrum nachgewiesen werden. Von den 50 untersuchten Holzkohlen dominiert die Hainbuche (*Carpinus* mit 58%) deutlich über die anderen Holzarten. Buche (*Fagus* 24%), Erle (*Alnus* 6%), Eiche (*Quercus* 6%), Hasel (*Corylus* 2%), Weide oder Pappel (*Salix/Populus* 2%) sowie Birke (*Betula* 2%) spielen eine untergeordnete Rolle. Der Schwerpunkt in den Durchmesserklassen liegt bei 3-5 cm und 5-10 cm, ein Großteil der Holzkohlen (56%) weist Waldkante auf. In der Jahrringstruktur sind sowohl Asymmetrien (20%) als auch vermehrte Zuwächse in den ersten Wachstumsjahren (20%) zu erkennen.

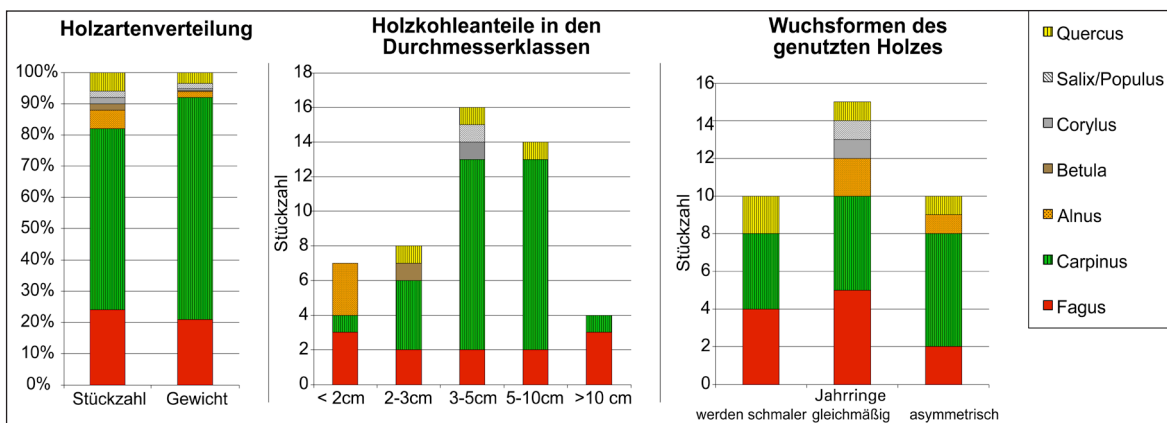


Abb. 44: Holzkohleanalyse der Meilerstelle BAR 8, Abtrag 4, N= 50, mD= 5,12cm.

Neben der Holzkohleanalyse der größeren Holzkohlen (in der Regel über 1 cm Durchmesser) wurde aus verschiedenen Bereichen der Meilerstelle BAR 8 Erdmaterial mit einem Sieb von 1 mm Maschenweite geschlämmt und die zurückbleibende Holzkohle analysiert. Viele der noch als Zweige zu erkennenden Kohlen stammten von Heidekraut (*Calluna*) und Blaubeere (*Vaccinium*) (Unterscheidung nach SCHWEINGRUBER 1990a, 364-365 und 382-183).

Von der Meilerstelle BAR 5 sowie vom 2. und 4. Abtrag der Meilerstelle BAR 8 wurde je eine C-14 Datierung durchgeführt.

Für die Datierung der Meilerstelle BAR 5 wurde ein Stück Buchenholzkohle mit Waldkante analysiert. Es konnte ein C-14 Alter von 391 ± 24 BP ermittelt werden. Aufgrund des spätmittelalterlichen Kalibrierungsplateaus kann die Produktionszeit der Meilerstelle nach der Kalibrierung nicht genau angegeben werden. Eine Produktionszeit zwischen 1442 und 1521 oder 1591 und 1621 ist als wahrscheinlich anzunehmen.

Ähnliche Kalibrierungsschwierigkeiten tauchen auch bei den Proben aus der Meilerstelle BAR 8 auf. Das große Stück Buchenholzkohle mit Waldkante, welches zur Datierung des 2. Abtrages herangezogen wurde, ergab ein C-14 Alter von 347 ± 27 BP. Nach Kalibrierung ist dieses Ergebnis so zu interpretieren, dass jeglicher Zeitpunkt zwischen 1463 und 1645 als möglicher Produktionszeitraum anzusehen ist, das Ende des 16. Jahrhunderts jedoch etwas wahrscheinlicher erscheint. Die Untersuchungen des Hainbuchenstückes aus dem 4. Abtrag der Meilerstelle BAR 8 bestätigen die Annahme, dass die Meilerstelle voraussichtlich im

ausgehenden 16. Jahrhundert genutzt wurde. Das Radiocarbonalter von 283 ± 25 lässt sich nach Kalibrierung als ein Zeitraum zwischen 1517 und 1594 beziehungsweise 1618 und 1662 interpretieren. Die höchste Wahrscheinlichkeit liegt wieder in der 2. Hälfte des 16. Jahrhunderts.

6.1.4 Interpretation der Befunde

Um den Ort Bargstedt herum lässt sich, gestützt durch historische Überlieferungen und archäologische Funde, eine Köhlereitradition belegen, die mindestens bis in das 15. Jahrhundert zurückreicht. Da in der näheren Umgebung jedoch schon für das Hochmittelalter Eisenverhüttungsanlagen nachweisbar sind, müssen noch ältere, bis jetzt nicht lokalisierte Meilerstellen vorhanden sein. Die älteste belegbare Meilerstelle (BAR 4) befindet sich nahe dem heutigen Waldrand und datiert in die Mitte des 15. Jahrhunderts. Mit einem Löschewalldurchmesser vom 9,5 m bis 10,5 m ist die Meilerstelle recht groß, so dass sie kaum zur bäuerlichen Selbstversorgung mit Holzkohle diente, sondern eher in einen industriellen Kontext zu stellen ist. Der auf der Stelle errichtete Meiler dürfte einen Durchmesser von gut 9 m und eine Höhe von 3 m, also 130 m³ Inhalt gehabt haben. Pro Meilerbrand kann von einer Holzkohleproduktion von 13 t Kohle ausgegangen werden. Als Abnehmer kommen mehrere Eisenverhüttungsanlagen im Raum Bargstedt in Frage, die durch vielfache Schlackenfundstücke in den umliegenden Feldern bestätigt, jedoch nicht in jedem Fall exakt lokalisierbar sind. Ausgrabungen am wenige Kilometer entfernten Schmedebarg (zwischen Bargstedt und Gnutz, Kreis Rendsburg-Eckernförde, siehe HINGST 1971) bestätigten, dass im Raum Bargstedt im hohen bis späten Mittelalter eisenverhüttende Industrie ansässig war. Ein direkter Bezug zur Meilerstelle am Waldrand ist jedoch nicht festzustellen.

Die Holzartenzusammensetzung aus der Meilerstelle selbst lässt auf die Nutzung eines von Buchen- und Erlen dominierten Waldes schließen. Die Waldbereiche um die Meilerstelle herum sind nicht entwässert worden und weisen bis heute sowohl deutlich vernässte als auch trockenere Standorte auf, so dass sowohl typische Erlen- als auch Buchenstandorte vorhanden sind. Demnach kann von einer Holzversorgung aus der näheren Umgebung ausgegangen werden. Das fast vollständige Fehlen ausgesprochener Lichtholzarten deuten darauf hin, dass die Meilerstelle zur Zeit des Betriebes nicht so nahe am Waldrand gelegen war, wie sie es heute ist, und dass der genutzte Waldbestand nicht durch eine längerfristige oder besonders intensive Nutzung aufgelichtet wurde. Die rekonstruierbaren Holzdurchmesser mit einer deutlichen Dominanz unter 10 cm weisen auf die Nutzung schwächerer Holzsortimente hin, jedoch kann aus der angegebenen Datenbasis keine Aussage zu der Anzahl der Rindenstücke und der Ausprägung der Jahrringstruktur getroffen werden. Es ist somit nicht mit Sicherheit belegbar, dass es sich bei dem verwendeten Kohlholz um Holz aus Niederwaldbeständen handelt. Gegen eine zum Betrieb der Köhlerei durchgeführte Niederwaldwirtschaft spricht,

dass sich die Buche nur bedingt als Niederwaldholz eignet, da sie das regelmäßige Beschneiden nicht verträgt. Die Erle hingegen kann im Niederwaldbetrieb beachtliche Zuwächse erreichen. Eine gemischte Buchen-Niederwaldwirtschaft wäre demnach unwahrscheinlich, wohingegen eine alleinige Erlen-Niederwaldwirtschaft als Möglichkeit anzunehmen ist. Wesentlich wahrscheinlicher für die Erklärung der geringen Buchenholzdurchmesser ist die Nutzung vorrangig junger Buchenstämme oder Buchenastholz. Die genauere Rekonstruktion des genutzten Waldbestandes muss jedoch spekulativ bleiben, solange keine Informationen über die Ausprägungen der Jahrringstrukturen bekannt sind.

Unklar ist, ob die Holzkohleprobe aus dem Wall mit der Meilerstelle in Beziehung zu setzen ist, da sie ein vollkommen anderes Holzartenspektrum, dominiert von den Lichtholzarten Weide oder Pappel, aufweist. Da kein direkter Bezug zum Meilerbefund besteht, kann vor einer einwandfreien Beschreibung des Befundes am Wallfuß und einer Datierung desselben nicht auf eine Aufflichtung des Bestandes durch den Betrieb der Meilerstelle geschlossen werden.

Die Meilerstellen BAR 5 bis BAR 12 inmitten des Holtdorfer Geheges lassen aufgrund der schriftlichen Überlieferung und der C-14 Datierungen einen Produktionszeitraum zum Ende des 16. Jahrhunderts vermuten. Die Erwähnung der 878 Lasten Kohle, die 1589 aus dem Holtdorfer Gehege exportiert wurden, sind mit 1756 Wagenladungen zu je 600-700 kg Holzkohle gleichzusetzen, also etwa 1200 t Holzkohle. Eine etwas höhere Größenordnung (1756 t) wird erreicht, wenn man die Last als Gewichtseinheit von etwa 2000 kg annimmt. Durch die archäologische Untersuchung der Meilerstellen BAR 5 bis BAR 12 kann für die Köhlerei in der Mitte des Holtdorfer Geheges ein Produktionsumfang rekonstruiert werden, der den schriftlichen Quellen recht nahe kommt. Auf jedem der acht eindeutig als Meilerstellen anzusprechenden Plätze konnte ein Meiler von knapp 10 m Durchmesser betrieben werden; die dafür notwendige Zahl an Köhlern und Waldarbeitern vorausgesetzt konnte mindestens einmal im Monat, eventuell sogar alle drei Wochen ein neuer Meiler errichtet werden. Auf jeder Meilerstelle konnten so innerhalb des Sommerhalbjahres (ähnlich wie bei der Glasmacherei vermutlich von Ostern bis St. Martin) 7 bis 10 Meilerbrände stattfinden. Bei einem Meilerdurchmesser von knapp 10 m ist mit einem Holzvolumen von 150 m³ pro Meiler zu rechnen. Damit liegt die anzunehmende Produktivität der gesamten Köhlerei bei 840-1200 t pro Jahr. Werden die beiden nicht sicher identifizierten Meilerstellen in den Produktionsumfang eingerechnet, läge die Produktivität der Anlage bei 1050-1500 t Holzkohle jährlich. Bei einer Köhlerei mit acht bis zehn Meilerstellen auf engstem Raum, wie sie im Holtdorfer Gehege zu erkennen ist, ist es als wahrscheinlich anzusehen, dass eine weitgehende Auslastung der Meilerstellen gegeben war. Der Umstand, dass die Meilerstellen von einem flachen Wall umgeben sind, und dass sich die einzelnen Meilerbefunde nicht überschneiden, deutet darauf hin, dass die Anlage im Ganzen konzipiert und angelegt wurde und eine entsprechende Kohlholzmenge zur Verfügung stand.

Auch wenn die Köhlerei nach den durch Experimente untermauerten Hochrechnungen nur bei der hier angenommenen Maximalleistung die historisch überlieferte Größenordnung liefern konnte, kann doch aufgrund der zeitlichen Übereinstimmung von Radiocarbonatierungen und historischer Überlieferung angenommen werden, dass zumindest ein Großteil der 1589 erwähnten Kohle hier hergestellt wurde.

Aufgrund der Mächtigkeit der vorgefundenen Löscheschichten und der teilweise großen Einzelstücke, die aus den Meilerstellen geborgen werden konnten, sind sehr differenzierte Aussagen über die Eingriffe in den Waldbestand im Einzugsbereich der Meilerstellen möglich. Der aus den historischen Quellen bekannte Umfang der Köhlerei legt nahe, dass das gesamte Holtendorfer Gehege in intensiver Nutzung stand um die notwendigen Holzmengen bereitzustellen, jedoch lassen sich aus den durchaus verschiedenen Holzkohleanalysen kaum Hinweise auf eine Auflichtung des Waldes erkennen.

Die in den verschiedenen Meilerstellen nachweisbaren Holzartenspektren und die rekonstruierbaren Durchmesser deuten darauf hin, dass in den verschiedenen Meilerstellen sowohl nach Holzarten als auch nach Durchmessern getrennt verkohlt worden ist. In den Meilerstellen BAR 9 und BAR 10 sowie in den beiden oberen Abträgen von Meilerstelle BAR 8 weisen die beprobten Holzkohlen mit einer deutlichen Dominanz der Buche in der größten Durchmesserklasse auf die Nutzung eines Buchenhochwaldes hin. Da nur knapp ein Drittel der Holzkohlen Rindenstücke sind, kann eine Nutzung von Buchenjungholz, welches ungespalten verkohlt wurde, weitgehend ausgeschlossen werden. Neben der wenig ausschlagfreudigen Buche fehlen ausschlagfreudige Arten in den genannten Holzsortimenten weitgehend, so dass die Nutzung eines Unterholzbestandes unwahrscheinlich ist.

Aus den Holzkohlen der Meilerstelle BAR 12 und den unteren Abträgen der Meilerstelle BAR 8 ist im Gegensatz dazu eine Hainbuchenniederwaldwirtschaft zu erkennen, die mit einer etwa 20-jährigen Umtriebszeit betrieben wurde. Die nachzuweisenden Holzdurchmesser liegen vorrangig zwischen 3 cm und 10 cm. Da etwa zwei Drittel der Holzkohlen Rinde aufweisen, kann in den mittleren Durchmesserklassen auch der maximale Holzdurchmesser angenommen werden. Etwa ein Viertel der Holzkohlen weisen breitere Jahrringe in jungen Wachstumsjahren auf, so dass definitiv ein signifikanter Anteil von Stockholz in die Meiler gelangte.

Bei den Meilerstellen BAR 5 und BAR 11 ist davon auszugehen, dass eher feuchte und lichte Bereiche des Waldes, dominiert von Birke, Erle, Weide/Pappel oder Esche, ebenfalls im Umtrieb bewirtschaftet, zur Brennholzgewinnung genutzt wurden. Es dominieren Durchmesser von 3-10 cm, die hohen Anteile an Rindenstücken und Holzkohlen, in denen ein erhöhter Zuwachs in jungen Wachstumsjahren nachzuweisen ist, bestätigen die Annahme der Niederwaldnutzung.

In den Meilerstellen 5, 11 und 12 sowie in den unteren Abträgen der Meilerstelle 8 lässt sich trotz deutlich unterschiedlicher Holzartenspektren eine Niederwaldnutzung auf

unterschiedlichen Bodenstandorten vermuten. Die Dominanz der ausschlagfreudigen Arten wie Hainbuche, Erle und Birke lässt auf die Nutzung eines langfristig bewirtschafteten Niederwaldbestandes schließen. Die weniger ausschlagfreudige Buche ist in den Niederwaldsortimenten vorhanden, jedoch nur gering vertreten. Die in den meisten Fällen vollständig ausgebildeten Jahrringe unter der Rinde deuten auf eine Winterfällung hin, so dass ein Wiederausschlag der Wurzelstöcke gewährleistet blieb. Auch wenn in den Meilerstellen BAR 12 und BAR 8 die Hainbuche als vorrangig genutzte Baumart einen von Überhältern beschatteten Niederwald vermuten lässt, sind doch in den Meilerstellen BAR 5 und BAR 11 aufgrund der hohen Anteile von Lichthölzern (Birke, Hasel und Weide/Pappel) möglicherweise Anzeichen der Auflichtung zu erkennen, andererseits kann die Holzartenzusammenstellung auch aus der Bewirtschaftung eines extrem nassen Waldareals herrühren.

Besonders wertvolle Hinweise zur genaueren Interpretation der Waldbeschaffenheit lieferte die Meilerstelle BAR 8. Im stratigraphisch älteren Abtrag 4 dominierte klar die Hainbuchenkohle in einer Durchmesser- und Jahrringstruktur, die auf die Nutzung eines Hainbuchen-Niederwaldes hindeutet. Der zum Teil hohe Fragmentierungsgrad der Holzkohle lässt darauf schließen, dass die entstandene Lösche für mehrere Meilerbrände wieder verwendet wurde. In den jüngeren Abträgen 1 und 2 hingegen deuteten die auffällig großstückigen Buchenholzkohlen mit hohen rekonstruierbaren Durchmessern darauf hin, dass nach der Holzkohleherstellung aus Buchen-Stammholz die Meilerstelle aufgegeben wurde, es also nicht zur weiteren Fragmentierung der Kohlen kam.

Die Köhlereitätigkeit der Meilerstelle BAR 8 lässt sich somit aufgrund der Befunde in zwei Phasen gliedern. In der ersten Phase, die in Abtrag 4 nachzuweisen ist, steht ein hainbuchendominierter Niederwald in Nutzung, der durch die Nutzung eines Buchenhochwaldes, in dem auch einige Stockausschläge zum Bestand zählten (Abträge 1 und 2), abgelöst wird. In der Radiocarbonatierung ist aufgrund der schwierigen Kalibrierungsverhältnisse im 16. Jahrhundert keine Feindatierung der einzelnen Abträge möglich, so dass innerhalb dieser Zeitspanne nur von einer Gleichzeitigkeit der beiden Waldbestände ausgegangen werden kann und allein die stratigraphische Beobachtung eine Abfolgenrekonstruktion ermöglicht. Zu interpretieren ist der Umstand der unterschiedlichen Auswertungsergebnisse entweder mit einer Änderung des Einzugsgebietes oder mit der Bewirtschaftung eines Mittelwaldes, in dem Hainbuchen das Unterholz und Buchen das Oberholz bildeten.

Insgesamt ist auffällig, dass die Holzartenzusammensetzungen in den einzelnen Meilerstellen die verschiedenen in Nutzung stehenden Waldbereiche zu trennen scheinen. Meilerstellen BAR 9 und BAR 10 sowie die oberen Abträge der Meilerstelle BAR 8 deuten auf die Nutzung eines Buchenhochwaldes hin, während die unteren Abträge der Meilerstelle BAR 8 und die Meilerstelle BAR 12 eine Hainbuchenniederwaldnutzung vermuten lassen. In den Meilerstellen BAR 5 und BAR 11 scheinen die lichtbedürftigen Gehölze der Bachläufe oder Quellstandorte zu dominieren. Diese deutliche Trennung der Holzsortimente lässt sich dahingehend interpretieren, dass jede einzelne Köhlerstelle mit einem bestimmten

Holzschlag verknüpft war, von dem das Holz bezogen wurde und nicht das Gehege in seiner Gesamtheit als Brennholzlieferant verstanden wurde. Ein Hinweis auf eine solche in den Forstungen erwünschte Schlageinteilung findet sich in der *Fürstlich Schleswig-Holsteinischen Holzordnung von 1695* (MAGER 1930, 250-251, vergl. Anhang 11.3.2), deren Gültigkeit aufgrund der Formulierung auch für frühere Zeiten angenommen werden kann. Hier heißt es in §9: „*Allermassen an den Orten, allwo es bißhero noch nicht geschehen, die zu jeder Dorffschaft gehörige Holtzung unter den ganzen und halben Hufenern des Dorffs der-gestalt eingetheilet werden soll, daß ein jeder Mann seinen District oder Anteil im Holtz wissen und selbige gebührend in acht nehmen könne.*“

Die geschützte Anlage der Meilerstellen zwischen den Bächen deutet außerdem darauf hin, dass im landesherrlichen Gehege nicht an jeder Stelle das Kohlebrennen erlaubt war, sondern dass die zur Köhlerei berechtigten, beziehungsweise verpflichteten Bauern nur an dieser besonders günstigen Stelle Kohlen brennen durften. Derartige Regelungen lassen sich zwar für das ausgehende 16. Jahrhundert bislang nicht nachweisen, jedoch sind ab dem 17. Jahrhundert Bestimmungen zur Standortfestlegung der Meilerstellen fester Bestandteil der holsteinischen und schleswiger Forstgesetze. Hinweise auf eine solche Organisation der zentralen Kohlstellen innerhalb der fürstlichen Waldungen finden sich sowohl in der *Hochfürstlichen Holzverordnung* des Herzogtums Schleswig von 1681 als auch in der *Allgemeinen neuen Forst und Jagdverordnung* von 1784 (MAGER 1930, 189, vergl. Anhang 11.3.1 und 11.3.3). Grund für diese Zentralisierung ist die Verringerung der Brandgefahr und die bessere Kontrollmöglichkeit der Kohlebrenner, um Übernutzung zu vermeiden. Aus diesem Blickwinkel deutet vieles darauf hin, dass auch im Holtdorfer Gehege von einer planvollen, auf maximalen Holzkohleertrag ausgerichteten Waldwirtschaft ausgegangen werden kann.

Die Forschungen von EHLERS (2006) sowie die bei ROHWER (1996) gedruckten Flurkarten des Ortes Bargstedt zeigen, dass auch im 18. und 19. Jahrhundert die Holzproduktion des Holtdorfer Geheges zur Köhlerei genutzt wurde, jedoch die Köhlerstellen am ehemaligen Waldrand in der Nähe des Ortes betrieben wurden. Auch zu der Verlagerung der Köhlerstellen an den Waldrand beziehungsweise sogar in den Ort Bargstedt hinein zum Beginn des 18. Jahrhunderts lässt sich eine mögliche Begründung in den Gesetzestexten finden. Während im 17. Jahrhundert nur die Köhlerstelle vom zuständigen Amt- oder Forstmann genehmigt werden musste, ist im 18. Jahrhundert ausdrücklich die Anlage der Köhlerstellen außerhalb des Waldes gefordert.

In Anbetracht der Tatsache, dass eine Holzkohleproduktion im historisch belegten Maße pro Jahr bis zu 7200 fm Holz benötigt, müssen große und damit auch im Bestand inhomogene Waldbestände angenommen werden, die eine dem jeweiligen Waldzustand angepasste Wirtschaftsweise verlangen. Die jährlich benötigte Holzmenge entspräche einer Rodung von 18 bis 24 ha Hochwald bei einer Vorratsmasse von 300-400 fm. Das heutige Holtdorfer Gehege mit seinen gut 580 ha Gesamtfläche wäre als Hochwald bei den gegebenen Bodenverhältnissen in der Lage, knapp 3000 fm Holz pro Jahr nachhaltig zu produzieren, also nicht einmal die

Hälfte des verwendeten Holzes zu stellen. Über einen längeren Nutzungszeitraum musste es durch die Köhlerei zwangsläufig zu einem spürbaren Eingriff in die nachgewiesenen Buchenaltbestände und damit zur partiellen Aufflichtung des Bestandes beziehungsweise zur Etablierung wuchsstärkerer Niederwälder kommen. Die Ausbreitung der Hainbuche sowie die lichten, von Birken, Pappeln und Weiden dominierten Waldbereiche lassen sich als Konsequenz dieser Entwicklung deuten. Es ist in Anbetracht der Transportwege bei der Größe des Holtdorfer Geheges also durchaus möglich, dass einzelne Gebiete deutlich durch Niederwaldwirtschaft geprägt waren oder Aufflichtungserscheinungen zeigten, während in anderen Arealen noch ein dichter Buchen oder Hainbuchenbestand vorhanden war.

Aus den Schlämmproben wurden neben den schon bekannten Holzarten Heidekraut- und Blaubeerenholzkohlen gefunden (Unterscheidung nach Schweingruber 1990a). Es ist anzunehmen, dass Heidekraut- und Blaubeerenplaggen zur Abdeckung des Meilers gestochen wurden, beziehungsweise die Gewächse selbst zu Herstellung des Gründaches dienten. Durch die Meilertemperatur verkohlten die verholzten Teile der Pflanzen ebenfalls und gelangten so in die Meilerstelle. Da Blaubeeren auf eine gewisse Beschattung angewiesen sind, Heidekraut jedoch vorrangig auf offener Fläche zu finden ist, kann auch aus diesem Umstand auf eine inhomogene Waldstruktur geschlossen werden, in der sich offene Flächen und dichter Baumbestand ablösten. Das vollkommene Fehlen von dornenbewehrten Waldweidezeigern wie Ilex, Weißdorn oder Schlehe deuten auf einen geringen Weidedruck im Inneren des Holtdorfer Geheges hin.

6.2 Meilerstellen im Riesewohld (Kreis Dithmarschen)

Der Riesewohld ist das größte zusammenhängende Waldstück in Dithmarschen; er erstreckt sich von Nordhastedt bis Tensbüttel entlang des Geestrandes. Der Wald steht bis heute in einer vorrangig privaten Nutzung durch verschiedene Eigentümer, so dass das Waldbild durch die verschiedensten forstlichen Maßnahmen geprägt ist. Es wechseln sich junge Fichtenschonungen mit älteren Nadelholzbeständen, bodenfeuchten Laubwäldern und relativ urwüchsig erscheinenden Bruchpartien ab. An vielen Stellen im Wald ist die lang anhaltende bäuerliche Nutzung anhand von Waldrelikten deutlich zu erkennen. Viele Linden, Hainbuchen und Erlen zeigen Wuchsformen, wie sie durch regelmäßiges Beschneiden zum Beispiel durch Niederwaldwirtschaft oder Laubfutterschneitelung entstehen. Das bekannteste Baumrelikt ist die als Naturdenkmal geschützte Fünffingerlinde, die ihrem Namen durch ihre handartige Form erhielt. Sie wurde erstmals im ausgehenden 18. Jahrhundert erwähnt und spielte im lokalen Volksglauben eine zentrale Rolle als Kult-, Opfer- oder Gerichtsstätte.



Abb. 45: Die Fünffingerlinde im Riesewohld nahe der Ortschaft Odderade. Die außergewöhnliche Form ist auf eine regelmäßige Beschneidung in Kopfhöhe zurückzuführen.

Der Riesewohld wurde in den vergangenen Jahren durch V. Arnold mehrfach begangen und unter anderem auf Relikte der Köhlerei hin untersucht. An zwei Stellen des Waldes konnten ehemalige Köhlereistandorte gefunden werden.

6.2.1 Historische Überlieferungen

Der Riesewohld ist ein altes Waldstück, welches gut in den historischen Karten von Mejer (DANCKWERTH 1652) und VARENDORF (1796) zu erkennen ist. Bislang gibt es keinerlei historische Hinweise, welche die Köhlereitätigkeit im Riesewohld näher beschreiben. Allein die überlieferten Flurnamen *Höll* (Hölle) und *Kahlbüth* (Kohlenbeute), welche die betreffenden Fluren als potenzielle historische Köhlereistandorte einordnen lassen, sind schon im 19. Jahrhundert bekannt. Die Flurnamen sind schon auf der Flurvermessung von 1878 eingetragen (mündliche Mitteilung von V. Arnold, August 2009).



Abb. 46: Der Riesewohld in den Landkartendarstellungen von Mejer (DANCKWERTH 1652) und VARENDORF (1796) sowie auf der topographischen Karte 1: 25.000 (2005).

6.2.2 Archäologische Forschung

Meilerstellen auf dem Flurstück Höll (Gemeinde Odderade)

Auf dem Flurstück Höll in der Gemarkung der Ortschaft Odderade befinden sich drei Meilerstellen direkt nebeneinander, die sich als auffallend ebene Flächen mit einer flachen Umwallung darstellen. Die Flächen innerhalb der Wälle haben einen Durchmesser von etwa 9 m und zeichnen sich durch das häufige Auftreten von Holzkohlestücken aus. Eine der Meilerstellen wird von einem Verkoppelungswall gestört, weshalb für die gesamte Anlage eine Datierung vor 1800 anzunehmen ist. Unter der Streuschicht ist die Erde etwa 15 cm tief mit Holzkohle durchsetzt. Die Meilerstellen wurden durch V. Arnold beprobt, außerdem wurde eine C-14 Datierung der Holzkohle durchgeführt. In der näheren Umgebung der Meilerstellen befindet sich ein vernässter Bereich, der mit Erlen bestanden ist, die trockeneren Bereiche sind von Buchen, Hainbuchen und Eichen bestanden, wobei viele der Bäume Anzeichen ehemaliger Niederwaldwirtschaft erkennen lassen.

Ausgrabung einer Meilerstelle im Flurstück Kahlbüth (Gemeinde Odderade)

Unweit der Fünffingerlinde befinden sich einige flache Mulden oder Gruben von bis zu 7 m Durchmesser und 50 bis 70 cm Tiefe, von denen zwei Holzkohle enthalten. Die Gruben wurden 2004 von Dr. Volker Arnold entdeckt und als Grubenmeiler angesprochen. Die ersten Holzkohleuntersuchungen durch Dr. Arnold zeigten, dass die zum Verkohlen herangezogenen

Hölzer, ausschließlich Laubholzarten, jedoch keine Buchen, eine signifikant andere Artenzusammensetzung aufwiesen als der heutige Wald in der näheren Umgebung.

In nächster Nähe der beiden kohleführenden Mulden treffen drei Waldstücke aufeinander, von denen eines mit einem etwa 100-jährigen Buchenbestand, eines mit einem etwa 40-jährigen Lärchenbestand und das dritte mit einem ausgesprochen jungen Fichtenbestand bestockt ist. Die Waldgrenzen werden durch einen verschliffenen Knick und mehrere Grenzsteine markiert, Grenzsteine wie Wall dürften in das 19. Jahrhundert datieren. Die nördlichere der beiden Meierstellen wurde zum Teil von dem Knick überlagert, woraus auf eine Datierung der Meilerstelle vor dem 19. Jahrhundert geschlossen werden konnte. Die muldenartige Formgebung deutete des Weiteren auf eine noch weitaus frühere Datierung der Meilerstelle hin, da der mulden- beziehungsweise grubenförmige Meiler nach momentanem Forschungsstand ab dem Mittelalter an Bedeutung verlieren und vom stehenden Meiler, wie er ab dem 16. Jahrhundert häufig beschrieben wird, weitgehend abgelöst werden (z. B. BIRINGUCCIO 1540, 212; DUHAMEL DU MONCEAU 1762; AF UHR 1820).

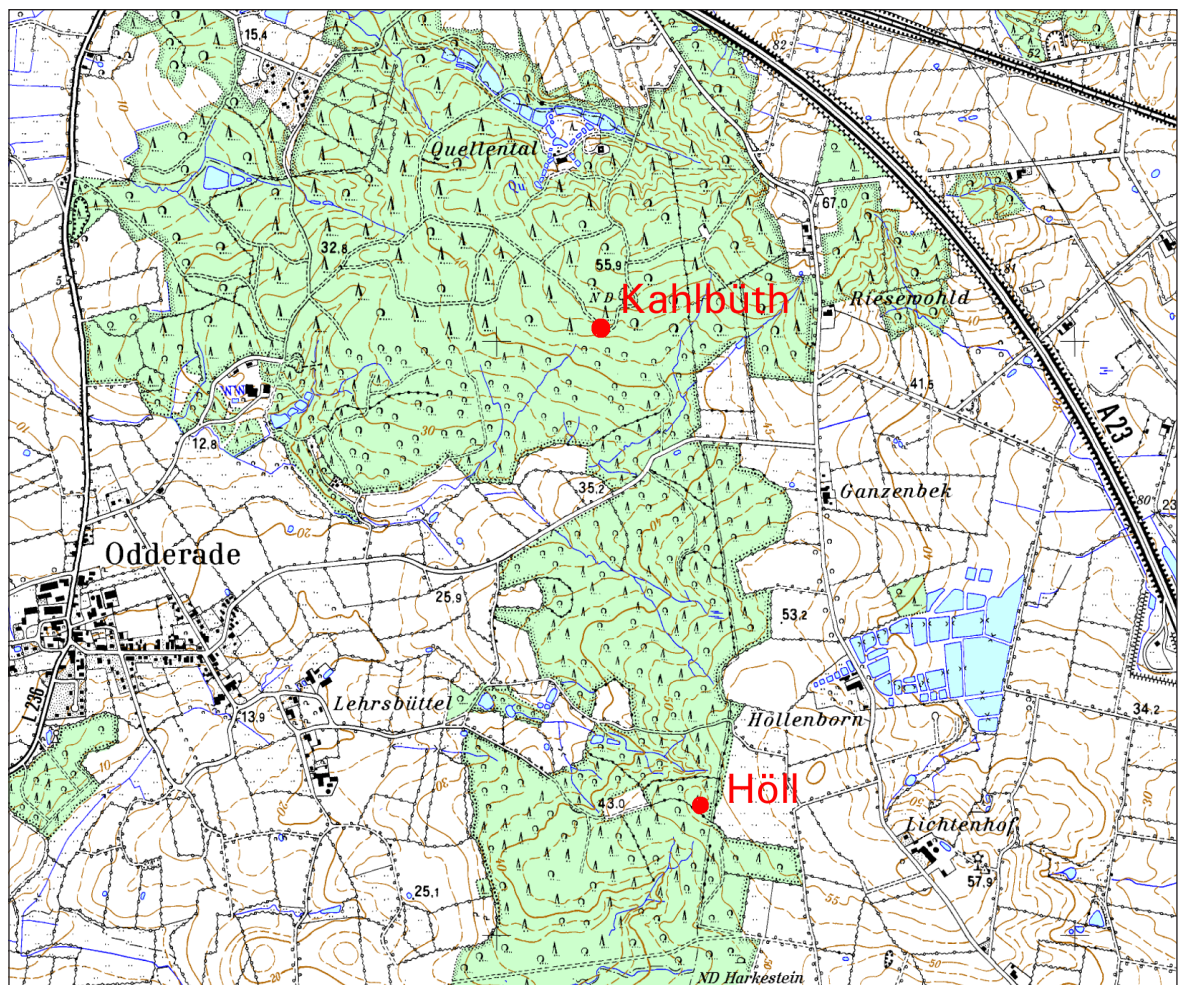


Abb. 47: Lage der Meiler auf den Flurstücken Höll und Kahlbüth auf der topographischen Karte 1: 25.000 (2005).

Um genauere Informationen zum Aufbau, zur Datierung und zum Betrieb der Meilerstellen zu erhalten, wurde die nördlichere der Gruben im Juli 2008 archäologisch untersucht. Hierzu wurde die Grube in der Mitte geschnitten, so dass ein Mittelprofil der Meilerstelle aufgenommen werden konnte. Für die Untersuchung der zum Verkohlen verwendeten Holzarten wurde der gesamte Grabungsaushub mit einem Sieb von 10 mm Maschenweite gesiebt und die Holzkohle ausgelesen. Aus der Sohle der Meilerstelle (Abtrag 3) wurde eine zusätzliche Probe entnommen, die mit einer Maschenweite von 1,5 mm geschlämmt wurde, um auch Kleinstkohlen von der ehemaligen Meilerabdeckung archäologisch fassen zu können. Die Holzkohle wurde nach Abträgen und Lage getrennt aufgenommen und analysiert.

Der Grabungsschnitt verlief genau in Nord-West Süd-Ost Richtung und hatte die Ausmaße von einem Meter Breite und sieben Metern Länge. Gegraben wurde in künstlichen Schichten, jeder einzelne Abtrag mit Ausnahme des zweiten Abtrages hatte eine Mächtigkeit von 10 cm.

Abtrag 1, Planum 74 cm über Grabungsnul

Unter der vorrangig durch Lärchennadeln gebildeten Streuauflage befindet sich Sandboden bestehend aus lockerem, grobem Sand von dunkelgrauer Färbung. Es sind einzelne Holzkohlen von unter 1 cm Durchmesser im Erdmaterial zu erkennen, jedoch zeichnet sich kein Befund ab. Aufgrund der muldenartigen Ausprägung der Meilerstelle erreichte der erste Abtrag nur die wallartig überhöhten Ränder der Grube.

Abtrag 2, Planum 51 cm über Grabungsnul

Aufgrund des nicht zu erkennenden Befundes im Planum des ersten Abtrages wurde der zweite Abtrag mit 13 cm etwas mächtiger gewählt, bis eindeutige Befundgrenzen zu erkennen waren. Der Boden besteht aus lockerem, grobem Sand von hellgrauer Farbe. Der Boden ist feucht, die einzelnen Sandkörner sind zum Teil stark gebleicht. Es zeichnet sich eine Befundgrenze zum Grubenrand ab. Die Befundgrenze ist durch einzelne Steine von 5-10 cm Durchmesser gekennzeichnet, die Bodenfarbe des Befundes ist deutlich dunkler.

Im Befund ist der Sand ebenfalls grob, locker gelagert und feucht, die Bodenfarbe ist dunkelgrau. Im Befund sind einzelne Holzkohlen bis zu 2 cm im Durchmesser enthalten, die meisten Holzkohlen haben einen Durchmesser um 1 cm.

Abtrag 3, Planum 41 cm über Grabungsnul

Außerhalb des Befundes setzt sich der grobe Sandboden fort. Die Bodenfarbe ist gelbflechtig, in einzelnen Bereichen ist der Boden stark gebleicht. Es treten Ortstein und einzelne Steine bis 20 cm Durchmesser auf. Der Befund selbst besteht wie das umlagernde Material aus grobem Sand, jedoch mit dunkelgrauer Färbung. Die Holzkohlemenge nimmt deutlich zu, einzelne Stücke haben bis zu 5 cm, ein Großteil der Kohlen hat 2 cm im Durchmesser. Innerhalb des Befundes ändert sich die Bodenfarbe von Abtrag 2 und 3 nicht.



Abb. 48: Planum des dritten Abtrages während der Dokumentation (Foto: V. Arnold), daneben die Lage der Meilerstelle auf der deutschen Grundkarte 1: 5000 (1967, 2006).

Abtrag 4, Planum 31 cm über Grabungsnul

Außerhalb des Befundes setzt sich der gelbfleckige, mit Steinen und Ortstein durchsetzte grobe Sandboden fort, innerhalb des Befundes beginnt sich die Bodenfarbe aufzuhellen. Die Holzkohlekonzentration nimmt ab, in einzelnen Bereichen ist bereits der gelbfleckige Sand des gewachsenen Bodens zu erkennen. Der Befund weist erstmalig eine deutliche Südostgrenze auf, der Durchmesser des Befundes ist mit 4,90 m anzugeben.

Abtrag 5, Planum 21 cm über Grabungsnul

Auf der gesamten Schnittfläche ist der gewachsene Boden erreicht, es zeichnet sich kein Befund ab. Der Boden besteht aus grobem Sand, ist gelbfleckig und mit Steinen von 5-20 cm Durchmesser und Ortstein durchsetzt.

Mittelprofil

Der den Befund umgebende Boden kann eindeutig als Podsol angesprochen werden. Die klassische Schichtenabfolge mit Streuauflage, humusdurchsetztem Oberboden, einem Bleichhorizont, einem Anreicherungshorizont und dem gelbfleckigen Ausgangsmaterial lassen sich eindeutig nachvollziehen. Innerhalb des Befundes ist die Horizontabfolge sichtlich gestört, was besonders in der Nordwesthälfte des Profils zu erkennen ist. Bis in das Ausgangsmaterial hinein ist der Befund einer flachen Grube von 4,90 m Sohlenbreite und maximal 40 cm Tiefe mit 45° geneigten Rändern zu erkennen. Direkt am Rand des Grubenbefundes ist das Aufkommen von Steinen deutlich häufiger als in anderen Bereichen des Profils, was unter Umständen als eine Befestigung des Grubenrandes gedeutet werden könnte. Über den Steinen streut die Kohle auch außerhalb des Befundes in den humosen Oberboden hinein. Der gesamte Grubenbefund besteht aus dunkelgrauem Sand ohne größere Steine, jedoch mit deutlichen

und häufigen Holzkohleeinlagerungen. Die Unterkante des Befundes ist auffallend gerade ausgestaltet und variiert weniger als 2 cm innerhalb des Profilverlaufes. Die Grubenform ist somit eher als wannenförmig denn als gruben- oder muldenförmig zu umschreiben. Im Bereich des Grubenbodens tritt Holzkohle deutlich häufiger auf als in höher gelegenen Bereichen des Befundes. Ein eindeutiges Löscheband, was sich von den darüber liegenden Schichten abgrenzen ließe, ist allerdings nicht zu erkennen.

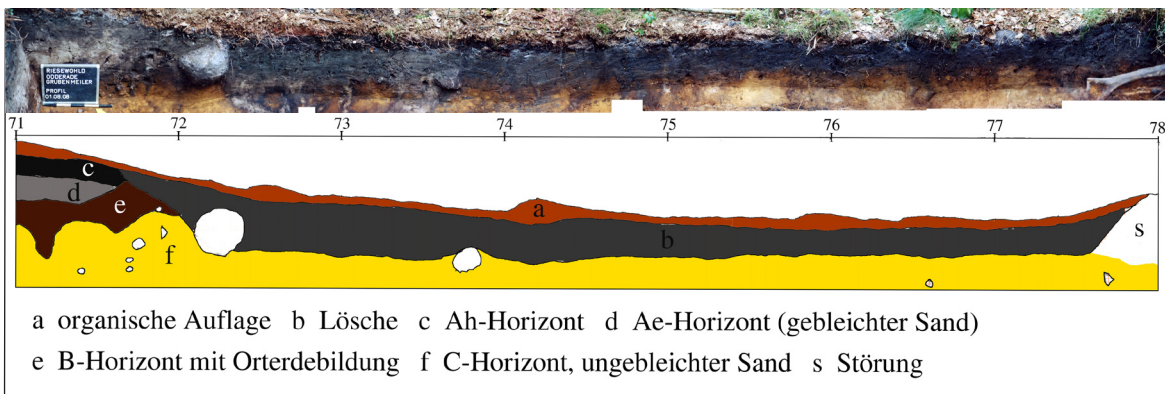


Abb. 49: Mittelpfildarstellung der Meilerstelle Odderade im Riesewohld. Deutlich ist der den Befund umgebende Podsol zu erkennen.

Die ehemalige Tiefe der Grube kann aufgrund des Grabungsbefundes mit etwa 40 cm angegeben werden, wobei Unebenheiten des umgebenden Geländes ausgeglichen werden. Die Südostgrenze des Befundes ist im Profil nicht so gut wie die Nordwestgrenze zu erkennen, da der Befund durch einen eingewachsenen Baumstumpf und den überlagernden Knick gestört wird. Aufgrund der obertägig zu erkennenden Grubenmaße und der im Nordwesten zu erkennenden Befundgrenze kann der obere Durchmesser der Meilergrube auf ehemals 5 m – 5,5 m angegeben werden, wobei die Grubensohle der Meilerfläche nur einen Durchmesser von 4,90 m aufweist. Auffällig sind die präzise Planierung der Grubensohle sowie die möglicherweise mit Feldsteinen befestigte Grubenwand. Während des Betriebes der Meilerstelle wurde der umgebende Boden, wie der Boden im eigentlichen Befund auch, mit Holzkohle vermischt, jedoch findet sich auch hier kein ausgeprägtes Löscheband.

6.2.3 Holzkohleanalyse und naturwissenschaftliche Datierung

Meilerstellen der Flurstelle Höll

Aus allen drei Meilerstellen auf der Flurstelle Höll wurden durch V. ARNOLD (2006) Holzkohleproben entnommen und auf ihre Holzart hin untersucht. Insgesamt wurden 139 Holzkohlestücke beprobt. Vorrangige Holzart ist die Erle (*Alnus*) mit einem Anteil von 42%, weitere Waldbaumarten sind Hainbuche (*Carpinus* 13%) Eiche (*Quercus* 7%) und Weide bzw. Pappel (*Salix/Populus* 6%). Daneben wird etwa ein Drittel des Holzartenspektrums

durch lichtbedürftige Sträucher gebildet. Häufigste Strauchart ist der Weißdorn (*Crataegus* 17%), gefolgt von Hasel (*Corylus* 12 %) und Schlehe (*Prunus spinosa* 3%). Untersuchungen zu Holzdurchmessern und Wachstumsmerkmalen wurden nicht durchgeführt. Neben den aufgeführten Holzarten konnten Holzkohlen von Heidekrautweigen (*Calluna*) ausgeschlämmt werden.

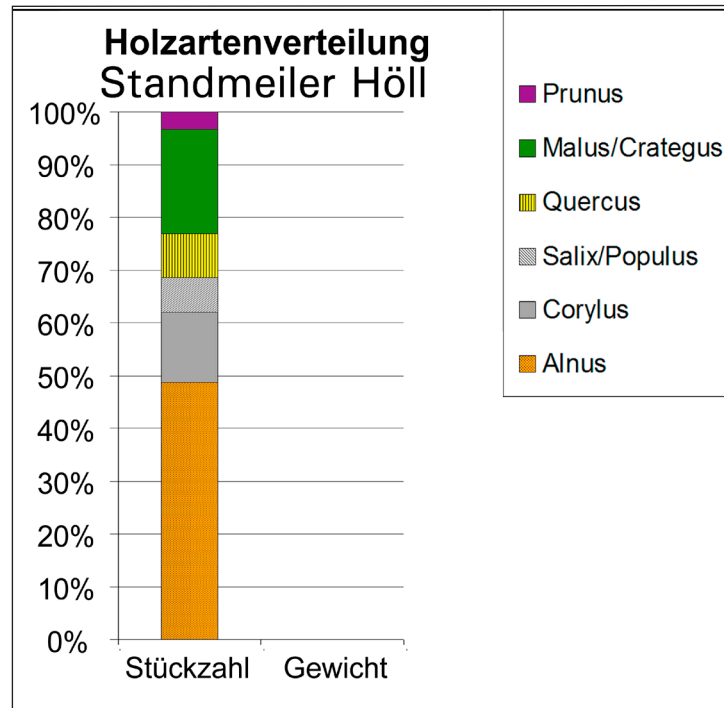


Abb. 50: Holzartenverteilung der Meilerstellen der Flurstelle Höll nach ARNOLD (2006).

Meilerstellen der Flurstelle Kahlbüth

Von beiden Köhlerstellen der Flurstelle Kahlbüth wurden separat Holzkohleproben angefertigt. Die südliche der beiden Kohlstellen wurde bereits durch V. ARNOLD (2006) mittels der Entnahme von 140 Holzkohlestücke auf ihre Holzarten hin beprobt. Das Holzartenspektrum setzt sich aus verschiedenen Baum- und Straucharten zusammen. 30% der Holzkohlen stammen von der Erle (*Alnus*), weitere nachgewiesene Baumarten sind Hainbuche (*Carpinus* 14%), Eiche (*Quercus* 7%), Esche (*Fraxinus* 2%) und Weide bzw. Pappel (*Salix/Populus* 6%). An Sträuchern sind Hasel (*Corylus* 24%), Weißdorn (*Crataegus* 11%), Schlehe (*Prunus spinosa* 2,5%) und Schneeball (*Viburnum* 3,5%) nachgewiesen. Außerdem befanden sich mehrere Holzkohlen von Heidekrautweigen (*Calluna*) in der Probenmasse. Untersuchungen zu Holzdurchmessern und Wachstumsmerkmalen wurden nicht durchgeführt.

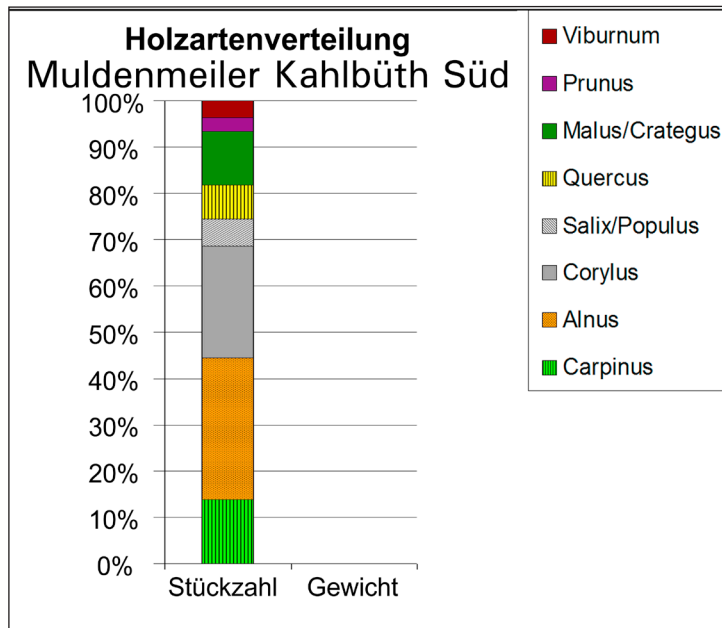


Abb. 51: Holzartenverteilung der südlichen Meilerstelle auf der Flurstelle Kahlbüth nach ARNOLD (2006).

Die nördliche der beiden Meilerstellen wurde in Zusammenhang mit der archäologischen Ausgrabung ebenfalls anthrakologisch untersucht. Aus der Erde der Abträge 2 ,3 und 4 wurden insgesamt 100 Holzkohlestücke zur Beprobung entnommen. Die Holzkohlen entstammten unterschiedlichen Bereichen und Tiefen innerhalb der Abträge, so dass eine Mehrfachbeprobung eines zerbrochenen Holzkohlestückes ausgeschlossen werden kann. Durch die Entnahme der Holzkohle aus der höchsten und der tiefsten holzkohlereichen Schicht sollte ermittelt werden, inwieweit sich eine Änderung der Waldnutzung innerhalb der Nutzungsdauer der Meilerstelle nachvollziehen lässt. Zusätzlich zu den Ausgesiebten Kohlen wurde eine 10 Liter umfassende Bodenprobe geschlämmt, um auch kleinste Holzkohlen, z. B. aus der ehemaligen Meilerabdeckung, fassen zu können.

In den größeren Holzkohlen lassen sich viele Arten nachweisen, die typisch für einen feuchten Standort sind, es dominieren Hainbuche (*Carpinus*, 24%) und Erle (*Alnus* 19%). Auffällig ist der ebenfalls hohe Anteil der Lichtgehölze Birke (*Betula*, 9%) und Hasel (*Corylus*, 27%). Als Besonderheit muss das Aufkommen von Schlehe (*Prunus spinosa*, 12%), Weißdorn (*Crategus*, 4%) und Schneeball (*Viburnum*, 2%) gewertet werden, da diese Arten in einem geschlossenen Waldbestand nicht zu erwarten sind. Buche (2%) und Esche (1%) kommen nur in einzelnen Holzkohlen, Eiche überhaupt nicht im Probenmaterial vor. Der Schwerpunkt der nachzuweisenden Holzdurchmesser liegt in den Durchmesserklassen zwischen 2-5 cm (54%), ein Großteil (69%) der gesamten Holzkohlen weist Waldkante auf. Bei 18% der Holzkohlen lässt sich ein erhöhter Holzzuwachs in den ersten Jahren nachweisen, asymmetrisch geformte Jahrringe oder ausgeprägtes Zugholz kommt bei 11% der Holzkohlen vor. Die Analyse der Schlämmprobe ergab, dass in den Kleinstkohlen neben den schon nachgewiesenen Arten vielfach Heidekraut zu finden ist.

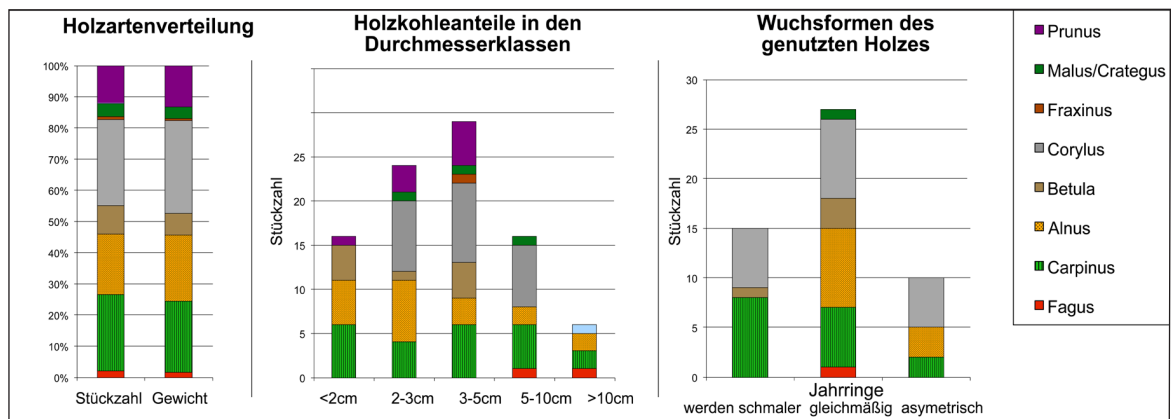


Abb. 52: Ergebnisse der Holzkohleanalyse der Meilerstelle Kahlbüth Nord. N= 100, mD= 4,0cm.

Datierung

Die C14 Datierung der Meilerstelle auf dem Flurstück Höll ergab keine genauen Ergebnisse, da aufgrund der Kalibrierungsgegebenheiten jedes Datum von 1700 bis 1950 in Frage kommen könnte. Allein die Störung der Meilerstelle durch den Knick erlaubt eine Einordnung in das 18. Jahrhundert (mündliche Mitteilung von V. Arnold).

Um die Meilerstelle auf der Flurstelle Kahlbüth genauer datieren zu können, wurden mehrere C14 Proben am Leibnizinstitut für Isotopenforschung und Altersbestimmung in Auftrag gegeben (KIA 37111, 37972 und 37973). Während die Probe KIA 37111 definitiv als Fehldatierung gewertet werden muss, ergaben die beiden anderen Proben mit einem Radiocarbonalter von 89 ± 25 bzw. 82 ± 24 vor heute ein kalibriertes C14 Datum, welches ebenfalls ein Ergebnis innerhalb des neuzeitlichen C14 Plateaus des 18. und 19. Jahrhunderts bestätigt. Berücksichtigt man zu dieser recht breit gestreuten physikalischen Datierung die Befundsituation mit der Überlagerung durch den Knick und die Überschneidung mit den durch die Grenzsteine markierten Flurgrenzen des 19. Jahrhunderts, kann mit der höchsten Wahrscheinlichkeit auf eine Datierung zum Ende des 18. oder zu Beginn des 19. Jahrhunderts geschlossen werden. Die Datierung überrascht insoweit, als dass bei den ähnlich datierenden, nur wenige Kilometer entfernten Meilerstellen der Flurstelle Höll eine andere Verkohlungsstechnologie verwendet wurde.

6.2.4 Interpretation der Befunde

Bei den untersuchten Meilerstellen im Riesewohld handelt es sich im Flurstück Höll um eine Köhlerei mit drei einzelnen Meilerplätzen, die eindeutig als Standmeiler zu klassifizieren sind. Im Flurstück Kahlbüth hingegen befinden sich zwei wannenförmigen Meiler, die nicht unbedingt als Grubenmeiler angesprochen werden können, sich jedoch deutlich von den sonst in Schleswig-Holstein bekannten Flachmeilern unterscheiden. Da beide Köhlerstellen in die Zeit um 1800 zu datieren sind, kann für den Riesewohld keine einheitliche Köhlereitradition

angenommen werden, auch scheint eine Verlegung der Köhlerstellen aufgrund des lokal ausgeschöpften Holzangebotes nicht naheliegend. Vielmehr muss davon ausgegangen werden, dass in ein und demselben Gebiet von verschiedenen Köhlern unterschiedliche Techniken genutzt wurden, um Kohle zu brennen.

Die drei Standmeiler der Flurstelle Höll lassen sich mit ihren jeweils neun Metern Durchmesser schon in den Bereich der größeren Meilerstellen einordnen. Die knapp zur Hälfte von Erlenholz dominierte Probenmasse lässt den Schluss zu, dass der den Meilerstellen nahe Bruchbereich als vorrangiger Kohlholzproduzent genutzt wurde, daneben aber auch die trockeneren Waldbereiche zur Kohlholzbeschaffung dienten. Während dauerfeuchte Erlenwälder und Brüche von Weidetieren gemieden werden, also trotz frei laufendem Viehbestand hohe Holzmassen produzieren konnten, scheinen die trockeneren Waldbereiche stark vom Viehverbiss geprägt zu sein. Der hohe Anteil an Schlehe, Weißdorn und Hasel in den Holzkohleproben suggeriert eine Landschaft, in der nur einzelne Eichen und Hainbuchen im Schutz dichter Gebüsche bestehen konnten. Das vollkommene Fehlen der Buche in den Holzkohleproben bei gleichzeitiger Präsenz von Eiche und Hainbuche deutet möglicherweise auf eine Zurückdrängung der Buche durch regelmäßigen Baumbeschnitt oder Viehverbiss hin. Die Produktivität einer Meilerstelle im Flurstück Höll kann mit etwa 100 rm oder 10 t Kohle pro Meilerbrand angegeben werden. Berichte von Köhlern des ausgehenden 19. Jahrhunderts (MEYER 1997) lassen darauf schließen, dass ein turnusmäßiger Betrieb von drei Meilerstellen sich für die gewerbsmäßige Köhlerei anbietet, da immer ein Meiler in der Verkohlung steht, während die anderen Stellen ausgeräumt oder vorbereitet werden. Eine ähnliche Betriebssituation zeigt auch DUHAMEL DU MONCEAU (1762) in seinen Schaubildern der Köhlerei. Eine in dieser Art betriebene Köhlerei in der auf der Flurstelle Höll gegebenen Größe wäre unter voller Auslastung der Kapazitäten und dem notwendigen Holzvorrat in der Lage, bei einem Holzeinsatz von 1800 fm um die 300 t Kohle pro Jahr zu produzieren. Es handelt sich damit um einen Produktionsumfang, der eine gelegentliche private Holzkohleherstellung bei Weitem übersteigt.

Anders zeigt sich die Köhlereisituation bei den muldenförmigen Meilerstellen auf der Flurstelle Kahlbüth. Die Befundsituation der Meilerstelle lässt sich nur bedingt mit der aus der Flurstelle Höll vergleichen, obwohl annähernd die gleichen Holzarten nachzuweisen sind. Die Erde des muldenförmigen Befundes weist vergleichsweise wenig Holzkohle auf, so dass von einer geringeren Verkohlungsintensität ausgegangen werden muss. Keine der nachgewiesenen Holzarten weist eine deutliche Dominanz innerhalb des Befundes auf, auch innerhalb der Abträge ist keine Änderung der Holzartenzusammensetzung zu beobachten. Die Ergebnisse der Holzkohleanalyse deuten darauf hin, dass sich der umliegende Wald während der Betriebszeit in einem aufgelichteten Zustand befand und unter übermäßigem Viehverbiss zu leiden hatte, es fehlen Hinweise auf produktivere und vom Viehverbiss geschonte Waldbereiche. Durch den Viehverbiss wurden dornige und hartblättrige Sträucher positiv ausgelesen, da sie von vielen Weidetieren gemieden wurden und so im Bestand vermehrt auftraten. Schlehe (*Prunus*

spinosa), Weißdorn (*Crataegus*) und Schneeball (*Viburnum*) sind hier als Waldweidezeiger zu werten und machen etwa ein Fünftel der gesamten Holzkohlenmasse aus. Neben Schlehe, Schneeball und Weißdorn, die auf eine gewisse Offenstellung angewiesen sind, kommen schattentolerante Holzarten wie Hainbuche und Buche im Artenspektrum ebenso vor wie die ausgesprochenen Lichtholzarten Birke und Hasel. Das häufige Vorkommen von Ausschlaghölzern in den Durchmesserklassen unter 10 cm, sowie das häufige Auftreten von hohen Holzzuwächsen in den ersten Wachstumsjahren deutet neben dem Weidedruck auf eine bewusst durchgeführte Niederwaldwirtschaft, vorrangig mit Hainbuche und Hasel hin.

Da die Eiche gar nicht, die Buche nur äußerst gering vertreten ist, muss davon ausgegangen werden, dass sie keinen wesentlichen Anteil am Baumbestand hatten, auch das seltene Auftreten von Astholz und stärkeren Holzdurchmessern macht die Nutzung eines Überhälterbestandes unwahrscheinlich.

Nach den Ergebnissen der Holzkohleanalyse steht zu vermuten, dass ein aufgelichteter Hudewald mit einzelnen Hasel- oder Hainbuchegebüschchen oder kopfgeschnitzelten Hainbuchen als Kohlholzproduzent genutzt wurde. Kopfgeschnitzelte Bäume finden sich bis heute als Relikte dieser Wirtschaftsweise im Bestand des Riesewohldes, ebenso bilden kleine versumpfte Bereiche ideale Erlenstandorte, die durch den morastigen Boden vor Viehverbiss einigermaßen geschützt waren. Auch die Hasel kann sich aufgrund der engen Wuchsform und ihrer rauen Blätter in beweideten Arealen halten. Von einer langfristig geplanten, nachhaltigen Nutzung des Waldes als Kohlholzproduzent kann im Zusammenhang mit den Meilerstellen im Flurstück Kahlbüth nicht gesprochen werden, vielmehr scheint es sich bei den Meilerstellen um die Relikte eines bäuerlichen Nebengewerbes zu handeln.

Der Nachweis von Heidekrautkohlen in der Probenmasse der Meilerstelle im Flurstück Kahlbüth lässt sich dahin gehend interpretieren, dass die Meiler beim Betrieb mit Heideplaggen abgedeckt worden sind, wobei die Heidepflanzen verkohlten und in das Löschematerial gelangten. Der alleinige Nachweis von Heidekraut als Deckmaterial unterstreicht die Annahme der parkartig aufgelösten Landschaft mit einzelnen bewirtschafteten Bauminseln. Die Annahme, dass die Waldweide der Hauptnutzen der untersuchten Waldareale war, wird durch diesen Befund weiter bestätigt.

Unklar ist bei dem Befund der Meilerstellen im Flurstück Kahlbüth, wie genau die Funktionsweise der Meilerstellen zu rekonstruieren ist. Das im Vergleich zu anderen ergrabenen Meilerstellen geringe Holzkohlaufkommen deutet auf eine geringe Nutzungsintensität der Meilerstelle hin. Es ist eher von einer privaten Holzkohleproduktion im landwirtschaftlichen Rahmen auszugehen als von einem professionalisierten Köhlereibetrieb. Aufgrund der Form als eingetiefte Grube könnten die Meiler als wannenförmige Grubenmeiler betrieben worden sein, wie sie THOMMES (1997, 73) beschreibt, auch wenn die Meilerstellen im Flurstück Kahlbüth mit etwa 5 m Durchmesser und einem halben Meter Tiefe deutlich größer als die bisher bekannten wannenförmigen Meiler sind. In einem solchen Meiler würden, ausgehend von ethnografischen Beobachtungen, vorrangig dünne, zu Bündeln geschnürte Äste verkohlt

werden, eine Technik, die dem Befund und der Holzkohleanalyse nicht widerspricht, und die auch historisch für unergiebigere Waldbestände im 18. und 19. Jahrhundert bezeugt ist (vergl. CARLOWITZ 1713, 391 und BERG 1860, 89-92). Pro Meilerbrand würden in diesem Fall knapp 4 fm Holz zu 600 kg Kohlen gebrannt werden können.

Alternativ kann auch davon ausgegangen werden, dass der Meiler aufgrund der recht flach ausgestalteten Mulde auch eine aufgehende Konstruktion aufwies, wie es die Beschreibungen von HOLSTEN u. a. (1991, 367) für afrikanische Gruben- oder Muldenmeiler vermuten lassen. Der Durchmesser der Meilerstelle, eine etwa 1,5 m über die natürliche Oberfläche hinausgehende Meilerkonstruktion vorausgesetzt, deutet auf einen Rauminhalt des Meilers von maximal 25 rm (15 fm) hin, was einer Holzkohleproduktion von 2,5 t pro Meilerbrand gleichkäme. Das geringe Holzkohleaufkommen sowie die Holzartenzusammensetzung und die geringen Durchmesser des verwendeten Holzes lassen jedoch eine weitaus geringere Holzkohleproduktion vermuten.

Die Frage, warum um die Wende zum 19. Jahrhundert im Riesewohld verschiedene Meilertypen nebeneinander betrieben wurden, lässt sich nur spekulativ beantworten, es stehen jedoch mehrere Möglichkeiten im Raum. Ein Grund mag darin zu finden sein, dass durch die Nutzung des Erlenbruches bei den Meilerstellen im Flurstück Höll eine ausreichende Menge an stärkeren Hölzern gegeben war, so dass es möglich war, Standmeiler in der nachgewiesenen Größe zu errichten, diese Möglichkeit jedoch an der Flurstelle Kahlbüth aufgrund des aufgelichteten Waldbestandes nicht mehr gegeben war. Statt dessen wurde kleines oder krüppelig gewachsenes Holz, welches sich nicht zu Standmeilern aufzustapeln lohnte, in Gruben verkohlt, wie es bei CARLOWITZ (1713, 391) beschrieben ist. Dass der vermutlich wenig ergiebige Waldbestand genutzt wurde, mag politische Ursachen haben. Volker Arnold (mündl. Mitteilung Februar 2009) wies darauf hin, dass möglicherweise die in den Napoleonischen Kriegen verhängte Kontinentalsperre zu einem zeitlich begrenzten Stein- und Holzkohlemangel um 1800 führte und so auch weniger reiche Waldbestände zur Holzkohleversorgung herangezogen werden mussten. Aus eben dieser Zeit stammen vermutlich auch die meisten der in der Nähe des Riesewohldes nachgewiesenen Torfmeiler, mit denen ein alternatives Produkt zur Holzkohle erzeugt werden konnte (ARNOLD 2006).

6.3 Meilerstellen bei Ahrensböök (Kreis Ostholstein)

6.3.1 Historische Überlieferungen

Die Köhlerei im Raum Ahrensböök lässt sich historisch bis in das 14. Jahrhundert zurückverfolgen. Die ältesten Hinweise stammen aus dem Jahr 1380, damals wurde ein nicht näher bezeichneter Holzschlag bei Tankenrade an zwei Köhler verpachtet (SHRU 6, 1962-1971, Q. 320, S. 220, UBSL 4, 1873, Q. CCCLXXVIII, S. 417; Quellenauflistung siehe Anhang 11.3.9). 1397 wurde in Ahrensböök nach längeren Verhandlungen ein Kartäuserkloster gegründet (SHRU 10, 1989, Q. 42-49, S. 37-39), welches im Verlaufe der nachfolgenden Jahrzehnte durch Stiftungen und Schenkungen ausgedehnte Landflächen im Bereich des östlichen Schleswig-Holstein unter seiner Verwaltung vereinigte. Die Landflächen wurden von den ansässigen Bauern bewirtschaftet, die alle dem Kloster zinspflichtig waren. Im Zinsregister des Klosters Ahrensböök sind ab 1454 mehrfach schriftliche Überlieferungen zur Köhlerei erhalten. Ein deutlicher Schwerpunkt in der Überlieferung der Köhlereitätigkeiten lässt sich jedoch erst ab 1500 verzeichnen (SHRU 1989, 10-11). In den darauf folgenden Jahren lässt die Zuverlässigkeit der Einträge jedoch zunehmend nach, weshalb nur in den Jahren kurz nach 1500 der wirkliche Umfang der Köhlerei erkennbar ist.

Vielen Bauern wurde vom Kloster aus das Recht zur Nutzung verschiedener Waldstücke für einen festgesetzten Zeitraum verkauft (SHRU 10, 1989; Quellenauflistung siehe Anhang 11.3.10). Die genauere Lage der zur Köhlereinutzung verpachteten Waldstücke wird in den meisten Quellen zwar bezeichnet, jedoch nicht in einer Genauigkeit, die es ermöglicht die in Frage kommenden Waldstücke einwandfrei im heutigen Gelände zu lokalisieren, lediglich eine ungefähre Eingrenzung ist möglich. Die Köhlereien, die 1469 im Zusammenhang mit dem Erwerb der Dörfer Siblin und Schwienkuhlen erwähnt werden (SHRU 10, 1989, Q. 48 S. 264) müssen sich nördlich von Ahrensböök in der Nähe der erwähnten Ortschaften befunden haben. Um diese Orte herum kommen bis heute mehrere Waldstücke als potenzielle Standorte der Köhlereien in Frage, in denen bislang jedoch keine Meilerstellen entdeckt werden konnten. Zu nennen seien vorrangig das Waldstück Hohenhorst und die umgebenden Waldstücke. Auch aus den zu Ahrensböök gehörenden Dörfern Flörkendorf, Schwienkuhlen, Barkau, Barghorst, Gnissau, Gothendorf, Holstendorf, Havekost, Kellershagen (evtl. identisch mit Cashagen), Süsel, Steenrade, Walsdorf, Lebatz, Pronsdorf, Schwochel, Wassmersdorpe (evtl. identisch mit Wahlsdorfer Holz) Spechs (wüstgefallen, Flurname Spechserholz vorhanden) und Curau sowie aus Ahrensböök selbst sind im 16. Jahrhundert die Namen und Wirkungsorte mehrerer Köhler vermerkt. Letztendlich muss aufgrund der hohen Dichte an Köhlereinweisen davon ausgegangen werden, dass in jedem Waldstück im Wirkungsbereich des Klosters Ahrensböök Relikte der spätmittelalterlichen Köhlerei zu finden sind. Waldstücke, die sich aufgrund historischer Landkarten bis in das Spätmittelalter zurück verfolgen lassen, sind das Wahlsdorfer Holz, die Kuhkoppel, das Waldstück Köhlen, die Fohlenkoppel, der Schwinkenrader Forst sowie die Waldstücke Hasselhorst und Rabenshöörn.

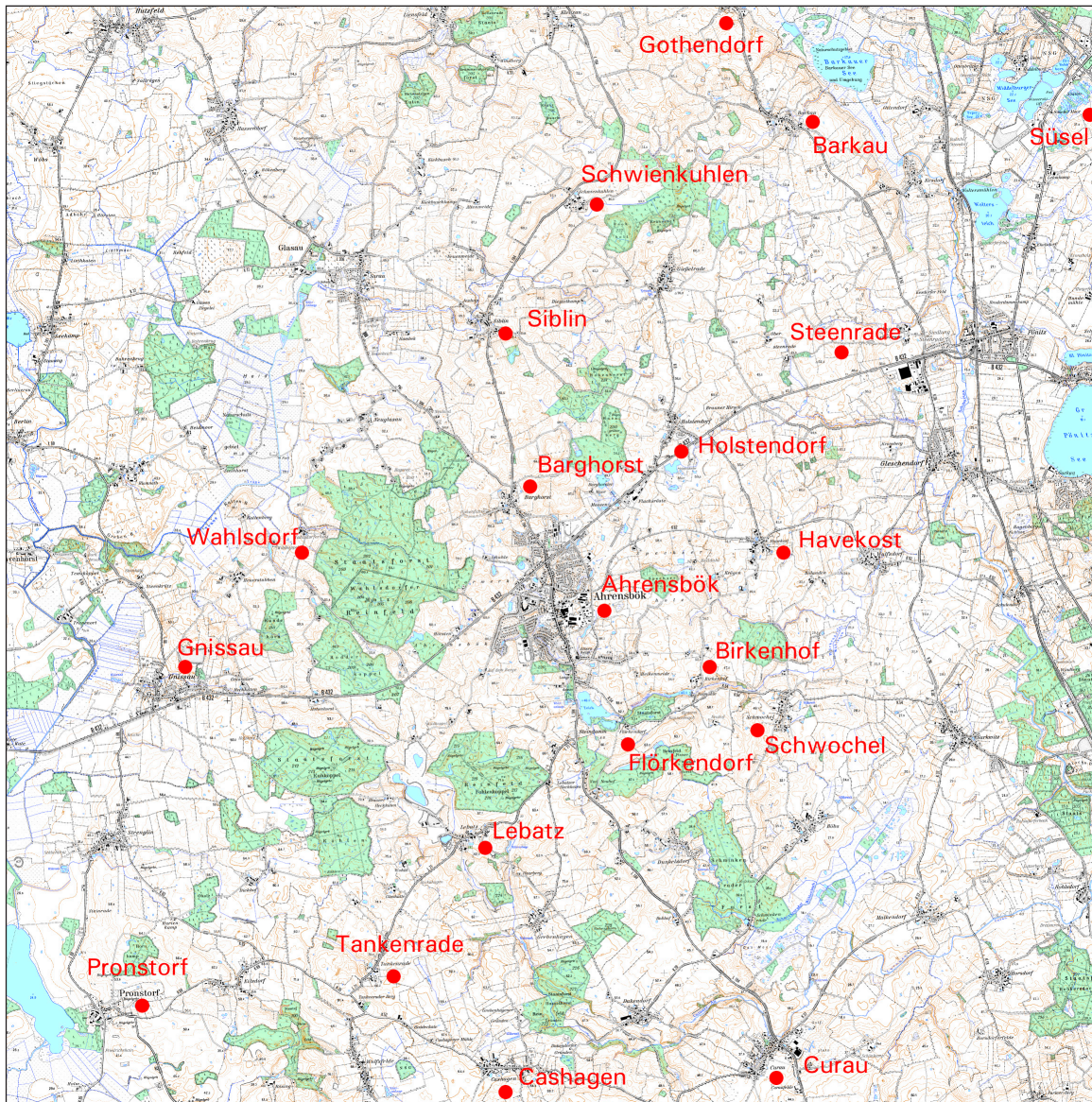


Abb. 53: Dörfer im Einflussbereich des Klosters Ahrensböök, in denen Köhlereitätigkeit nachgewiesen ist (nach SHRU 10, 1989). Kartengrundlage: topographische Karte 1:25.000 (2005)

Aus der Formulierung der Verträge lassen sich einige Details zur Waldbewirtschaftung ableiten. So deuten die Schlagbezeichnung *Heyenholte* (SHRU 10, 1989, Q. 400, S. 187-188) und *Grote Seebroek* (SHRU 10, 1989, Q. 1228, S. 312) sowie die Erwhung einer zusätzlich zur Pacht zu leistenden Lieferung von Latten aus den gepachteten Wäldern (SHRU 10, 1989, Q. 1168, S. 300) und der gemeldete Diebstahl von Lattenholz (SHRU 10, 1989, 1260, S. 317) auf die Bewirtschaftung von Hainbuchen- und Erlenniederwldern hin. In einigen Pachtverträgen ist außerdem geregelt, dass die Schlagführung im Herbst, beziehungsweise im Winter zu beginnen ist. Michaelis (29. September; SHRU 10, 1989, Q. 1388, S. 347; Q. 1408, S. 350-351; Q. 1446, 363; Q. 1482, 368; Q. 1489, S.370; Q. 1491, S.370; Q. 1496, S. 371; Q. 1499, S. 371; Q. 1509, S. 372; Q. 1525, S. 374, Q. 1541, S. 376; Q. 1548, S. 377), Weihnachten (SHRU 10, 1989, Q. 1176, S. 301; Q. 1186, S. 304; Q. 1187, S. 304; Q. 1484, S. 369) und der Dreiknigstag (6. Januar; SHRU 10, 1989, Q. 1259, S. 317) werden als verbindliche Daten des fteren genannt,

als Zahltag für die anfallenden Pachten fungiert in fast allen Quellen der Johannistag (24. Juni).

Jeweils vor Vertragsabschluss wurde durch das Kloster die Dauer der Schlagführung geregelt, wobei Nutzungszeiträume von einem Jahr bis zu zehn Jahren vorkommen. In annähernd jedem Vertrag wird darauf verwiesen, dass nach der Pachtzeit der gepachtete Schlag noch ein Jahr unentgeltlich genutzt werden konnte, in SHRU 10, 1989 Q. 1235, S. 313 wird deutlich, dass dieses Jahr zum Räumen (oder eventuell Verkohlen) der bereits gefällten Stämme diene.

In vielen Fällen wird ein durch Flurnamen bezeichnetes Waldstück mehrfach hintereinander verpachtet. Für das *Buddensholt uppe Barcower velde* nahe der Ortschaft Barkau ist die Verpachtung einer Köhlerstelle für die Jahre 1498 (SHRU 10, 1989, Q. 1515, S. 373; Q. 1147, S. 296), 1502 (SHRU 10, 1989 Q. 1159, 298) und 1520 (SHRU 10, 1989, Q. 1165, S. 299) belegbar. Laut dem Vertrag von 1502 durfte das *Buddensholt* sieben Jahre genutzt werden, bis es erst 1520 erneut, dieses Mal auf acht Jahre, verpachtet wurde. Das Waldstück wurde somit elf Jahre nicht zur Holzkohleproduktion genutzt. Für die Ortschaft Gothendorf ist auf ähnliche Weise belegbar, dass der *Grote Seebroek* in den Jahren 1505 und 1533 jeweils auf 8 Jahre verpachtet wurde, dazwischen ebenfalls keine Nutzung stattgefunden zu haben scheint (vergl. SHRU 10, 1989, Q. 1228, S. 312; Q. 1235, S. 313). Möglicherweise hatte der *Grote Seebroek* 20 Jahre Zeit, wieder aufzuwachsen, bevor eine erneute Nutzungsberechtigung vergeben wurde. Ähnliches ist für die *Schachtskolinge* bei Holstendorf belegbar, wo zwischen den beiden vierjährigen Nutzungsphasen, beginnend 1521 und 1540, über 15 Jahre keine Nutzungsberechtigung vergeben wurde (vergl. SHRU 10, 1989, Q. 1243, S. 315 und Q. 1245, S. 315). Für die *Hauickhorster Kolinge* bei Havikhorst wurde 14 Jahre keine Nutzungsberechtigung erteilt (vergl. SHRU 10, 1989, Q. 1257 S. 317; Q. 1259, S. 317).

De grote Kaelinghe uppe deme Kamper More oder *velde* im Süden des Klosters Ahrensböök muss gleich mehrere Meilerstellen beherbergt haben, denn für das Jahr 1513 wird die Verpachtung von zwei Meilerstellen in einem Vertrag erwähnt (SHRU 10, 1989, Q. 1277, S. 321-322). Auch überschneiden sich die Nutzungsdauern der einzelnen Pachtverträge von 1501 (*9 jar langk*; SHRU 10, 1989, Q. 1269, S. 320), 1513 (*3 jar lank*; SHRU 10, 1989, Q. 1276, S. 321), 1513 (*4 jar*, SHRU 10, 1989, Q. 1277, S. 321-322) und 1521 (*8 jar* SHRU 10, 1989, Q. 1283, S. 322) teilweise, so dass die Nutzung mehrerer Köhlerstellen unabdingbar vorausgesetzt werden muss. Auch der Hinweis in der Quelle SHRU 10, 1989, Q. 1277, S. 321-322 „*Unde schal der Horst nicht tho nah houwen. Nota twischen der Horst unde desser kolinghe ie eyn droege grave, dar ove scholen ße nicht houwen*“ kann nur als Abgrenzung der einzelnen Holzschläge gemeint sein. Eine ähnliche Abgrenzung einzelner Kohlhaue in der Region um den Ort Walsdorf ist in den Quellen SHRU 10, 1989, Q. 1495, S.370; SHRU 10, 1989 Q. 1503, S. 371; SHRU 10, 1989, Q. 1506, S. 372; SHRU 10, 1989, Q. 1510, S. 372 zu erkennen (vergl. Abb. 54).

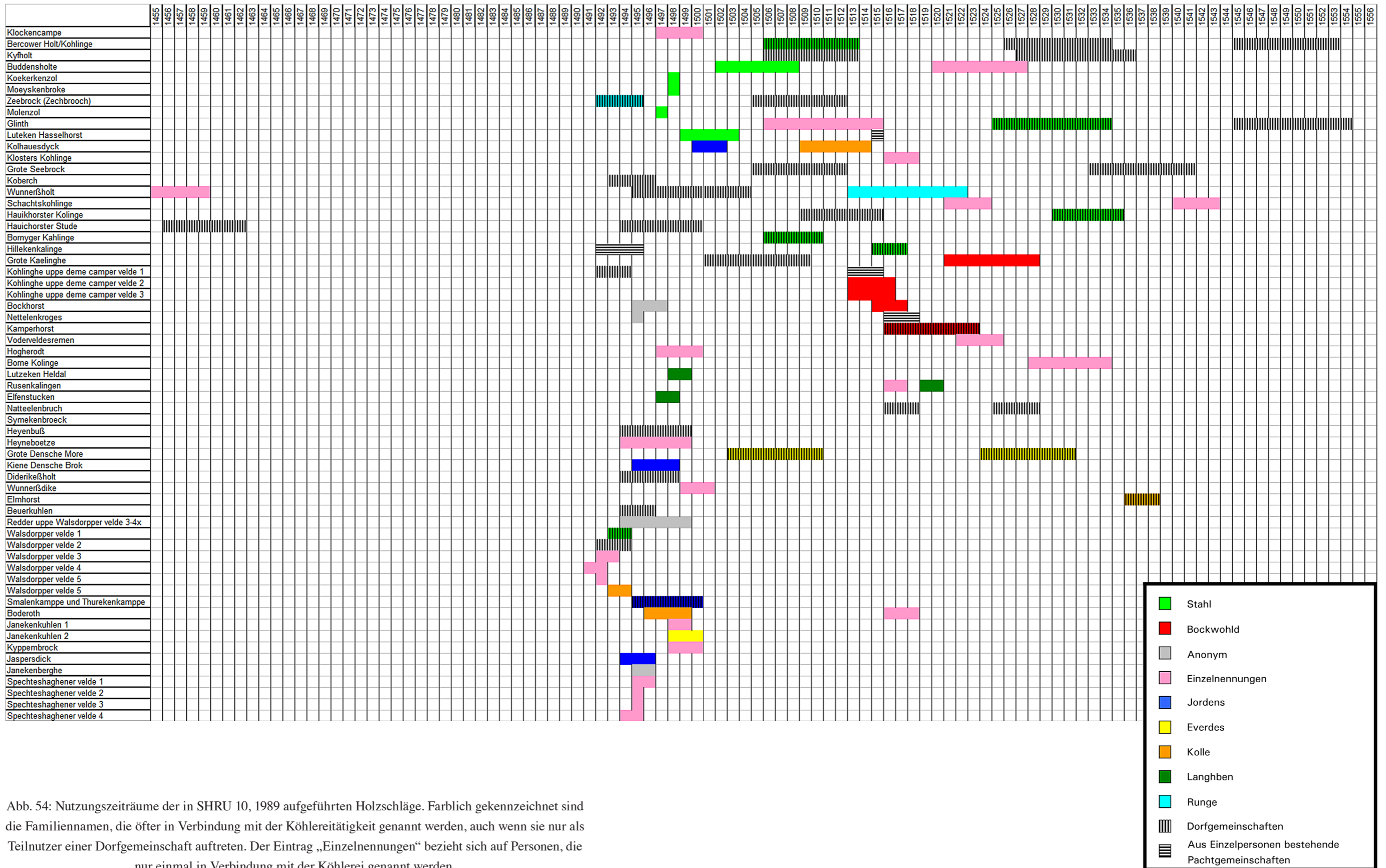


Abb. 54: Nutzungszeiträume der in SHRU 10, 1989 aufgeführten Holzschläge. Farblich gekennzeichnet sind die Familiennamen, die öfter in Verbindung mit der Köhlereitätigkeit genannt werden, auch wenn sie nur als Teilnutzer einer Dorfgemeinschaft auftreten. Der Eintrag „Einzelnennungen“ bezieht sich auf Personen, die nur einmal in Verbindung mit der Köhlerei genannt werden.

Auch auf den Bestimmungsort der Kohlen gibt es Hinweise im historischen Quellenmaterial. In der Quelle SHRU 10, Q. 1342, S. 335 verpflichtet sich ein Bauer aus Schwochel, für den Nutzen an der Köhlerstelle auch eine Fuhr nach Lübeck zu übernehmen, des Weiteren werden in den Lübecker Quellen (SHRU 15, Q. 2507, S. 724; SHRU 15, Q. 2507, S. 731 und SHRU 15, Q. 2507 S. 737-738; Quellenauflistung siehe Anhang 11.3.11) Herkunftsorte von Holzkohlen aus den dem Kloster Ahrensbök unterstehenden Köhlereien von Gnissau und dem Raum Eutin genannt.

6.3.2 Archäologische Forschung

Durch Geländeinspektionen in den Wäldern südlich von Ahrensbök konnten an zwei Stellen, im Waldstück Köhlen und im Schwinkenrader Forst, Relikte ehemaliger Köhlerstellen entdeckt werden.

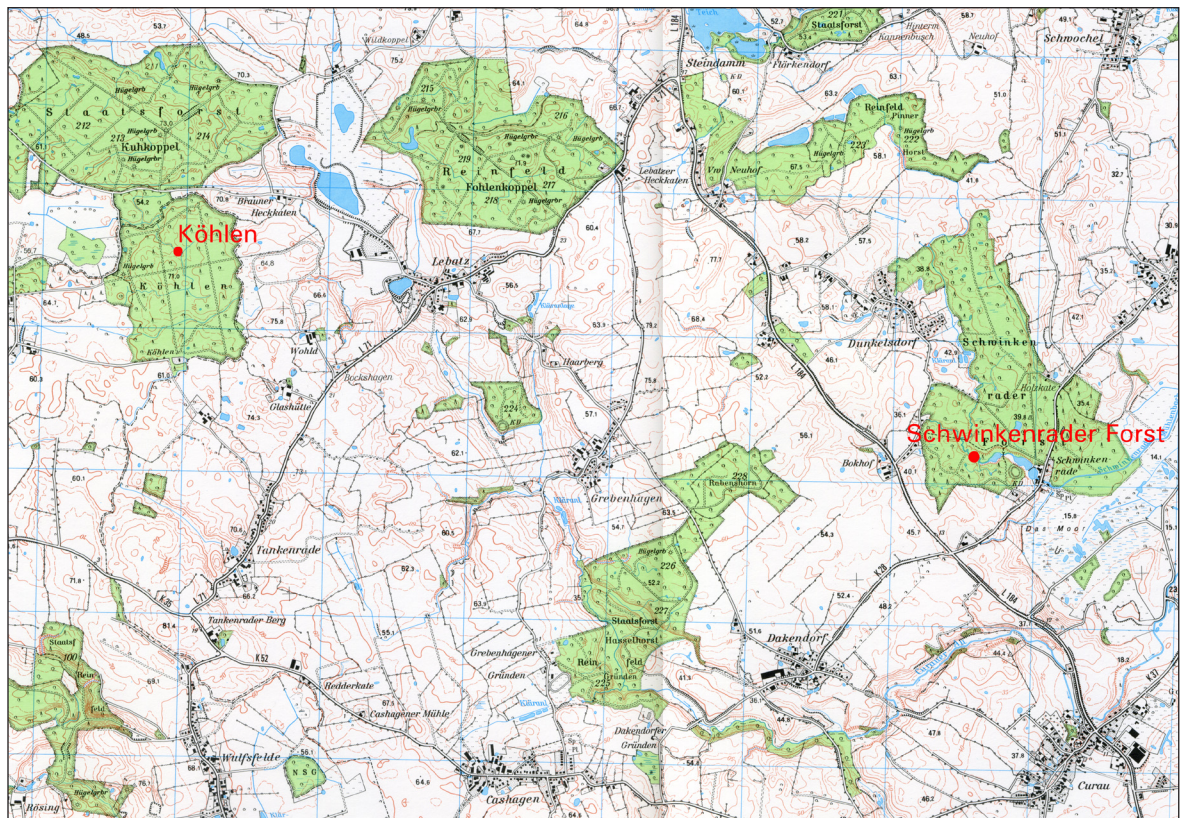


Abb. 55: Die Meilerstellen im Waldstück Köhlen und im Schwinkenrader Forst, südlich der Ortschaft Ahrensbök. Kartenausschnitt aus der Topographischen Karte 1: 25000 (2004).

Meilerstelle im Waldstück Köhlen (Gemeinde Pronsdorf, Kreis Segeberg)

Im äußersten Nordosten des Kreises Segeberg befindet sich, wenige Kilometer süd-westlich von Ahrensbök, das zu der Gemeinde Pronsdorf gehörige Waldstück „Köhlen“, dessen Name eindeutig auf vormalige Köhlereitätigkeit zurückzuführen ist. Auf der Meijerschen Karte

(DANCKWERTH 1652) ist das Waldstück Köhlen bereits mit dem angrenzenden Waldstück Kuhkoppel zu erkennen. Auf der Varendorfschen Karte zeigt sich außerdem, dass zwischen etwa 1800 und heute das Waldstück Köhlen noch etwas an Größe abgenommen hat. Die in der Karte zu erkennenden Teiche innerhalb des Waldstückes Köhlen sind inzwischen vollkommen verlandet und im Gelände nicht mehr nachzuvollziehen.



Abb. 56: Das Waldstück Köhlen in der Meijerschen Karte (DANCKWERTH 1652), der VARENDORFSCHEN Karte (1796) und der TOP 1:25000 (2004).

Das Waldstück Köhlen durchziehen einige kleine Bäche, die auch im Sommer meist wasserführend sind. Die Ufer der Bäche sind bis zu zwei Meter hoch und steil gebösch, durch ihren teils stark mäandernden Lauf entstehen beidseits der Ufer halbinselartige Terrassen. Ein dichter Buchenbestand, der sich aus verschiedenen Altersklassen zusammensetzt und zum Teil mit Nadelholzpflanzungen durchsetzt ist, bedeckt das hügelige Gelände, Eichen und Hainbuchen kommen selten vor. Vorrangige Bodenart ist Braunerde, teils mit beginnender Podsolierung (Parabraunerdebildung), in den feuchteren Arealen mit Tendenzen zur Vergleyung.



Abb. 57: Meilerstelle im Waldstück Köhlen (Gemeinde Pronsdorf, Kreis Segeberg), Fotografie und Lage nach der deutschen Grundkarte 1:5000 (1968, 2004)

Auf einer der Terrassen entlang des größten Bachlaufes konnte eine Meilerstelle nachgewiesen werden, die im obertägigen Befund so gut wie nicht mehr zu erkennen ist. Aufgrund der Holzkohleausbreitung ist anzunehmen, dass es sich um eine kleine Meilerstelle handelt, deren Durchmesser 5 m nicht übersteigt. Im Bohrprofil zeigt sich unter der Streuauflage ein deutliches Löscheband von etwa 15 cm Mächtigkeit, darunter folgt der anstehende Boden. Der Meilerstelle wurden an vier verschiedenen Stellen Kohlen zur Beprobung entnommen.

Meilerstelle im Schwinkenrader Forst (Kreis Ostholstein)

Südlich von Ahrensböök liegt der Schwinkenrader Forst, der auch auf der VARENDORFSCHEN Karte (1796) gut zu erkennen ist. Auf der Mejerschen Karte lässt sich aufgrund der ungenauen Darstellung Wagriens nur der Waldreichtum zwischen Dunkelsdorf und Curau bestätigen, eine Eingrenzung des Schwinkenrader Forsts ist nicht möglich.



Abb. 58: Der Schwinkenrader Forst in der Mejerschen Karte (DANCKWERTH 1652), der VARENDORFSCHEN (1796) Karte und der topographischen Karte 1:25000 (2004).

Durch den Schwinkenrader Forst zieht sich ein stark mäandernder Flusslauf, der sich tief in das hügelige Gelände eingeschnitten und innerhalb seines engen Tales neue Terrassen gebildet hat. Am Südrand des Schwinkenrader Forstes wird der Flusslauf von mehreren noch in Benutzung stehenden Wehren gestaut. Neben diesen Wehren ist außerdem noch ein ehemaliger Mühlenstau des zu Böbs gehörenden Dorfes Schwinkenrade zu erkennen. Die Mühlen und der Ort Schwinkenrade werden zwischen 1349 und 1354 erstmalig erwähnt (SCHRÖDER und BIERNATZKI 1856, 230; UBSL 2,2, 1858, Q. 922, S. 847; LAUR 1992, 593). Deutlich ist der einstige Wasserstand des Stausees an den unterspülten und eingebrochenen Ufersäumen zu erkennen. Mit Ausnahme des eingeschnittenen Flusstales ist das Gelände relativ eben, auf den Flussterrassen herrschen Gleyböden, in den übrigen Waldarealen Braunerden und Parabraunerden vor. Es ist anzunehmen, dass die Flussterrassen durch den Mühlenstau mehrfach unter Wasser standen. Der Waldbestand setzt sich vorrangig aus Buchen und Bergahorn zusammen, innerhalb des Flusstales treten außerdem Eschen, Erlen und Pappeln auf. Auf den trockeneren Bereichen oberhalb der Flussböschung stehen Neupflanzungen von Douglasien und Fichten.

Auf einer der größeren Terrassen innerhalb des Flusstales konnte eine teilweise erodierte Meilerstelle erkannt werden. Aus mehreren Tiergängen und kleinen Abbrüchen ließ sich eine zur Beprobung ausreichende Menge an Holzkohle gewinnen, weder ein durchgehendes Löscheband noch eine deutliche Befundgrenze konnten aufgrund des stark erodierten Zustandes noch ausgemacht werden. Aufgrund der Holzkohleverteilerung ist ein ehemaliger Durchmesser von maximal 6 m anzunehmen.



Abb. 59: Meilerstelle im Schwinkenrader Forst (Kreis Ostholstein), Fotografie und Lage nach der deutschen Grundkarte 1:5000 (1968, 2004).

6.3.3 Holzkohleanalyse und naturwissenschaftliche Datierung

Meilerstelle im Waldstück Köhlen

Insgesamt wurden 103 Holzkohlen untersucht. Das Artenspektrum wird deutlich von der Hainbuche (*Carpinus* 64%) dominiert, Hasel (*Corylus* 14,5%), Weide bzw. Pappel (*Salix/Populus* 15,5%) und Birke (*Betula* 4%) kommen seltener, Buche (*Fagus* 2%) fast gar nicht vor. Die Jahrringkrümmungen der beprobten Holzkohlen ließen die Rekonstruktion von vorrangig geringen genutzten Durchmessern zu, am häufigsten sind die geringen Durchmesserklassen unter 5 cm vertreten. 45% der Holzkohlen waren Waldkantenstücke, die direkt auf den Stammdurchmesser zur Zeit der Fällung schließen ließen, 30% der Holzkohlen wiesen auffällig breite Jahrringe in den ersten Wachstumsjahren auf. Eine Ausprägung von asymmetrischen Jahrringen konnte nur bei einem Holzkohlestück beobachtet werden. An einigen Holzkohlestücken konnte sowohl Rinde als auch Mark nachgewiesen werden, so dass das Schlagalter der Hölzer eindeutig bestimmt werden konnte. Bei einem Großteil der Probestücke variierte das Schlagalter zwischen 18 und 24 Jahren, wenige Stücke, bei denen sowohl Rinde als auch Kern vorhanden sind, weisen geringere oder höhere Jahrringzahlen auf.

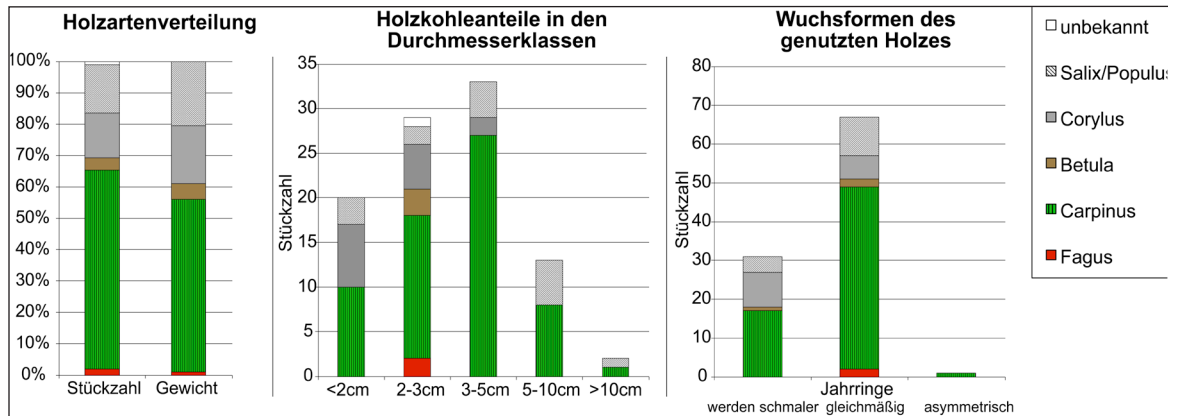


Abb. 60: Holzartenzusammensetzung, Durchmesserverteilung und Darstellung der Wuchsformen der Holzkohle aus der Meilerstele im Waldstück Köhlen, Gemeinde Pronsdorf, Kreis Segeberg. N= 104. mD= 3.4cm

Ein Rindenstück der *Carpinus*-Holzkohle wurde zur Datierung in das Leibnizinstitut für Isotopenforschung und Altersbestimmung an der CAU Kiel gegeben und mittels der AMS-Methode C14 datiert (KIA 35935). Die Ergebnisse der Altersbestimmung lassen aufgrund des spätmittelalterlichen Kalibrierungsplateaus nur eine recht ungenaue Datierung zwischen 1453 und 1633 zu, allerdings ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Holzkohleprobe direkt aus dem Beginn des 16. Jahrhunderts stammt, am höchsten.

Meilerstele im Schwinkenrader Forst

Insgesamt konnten aus den Überresten der Meilerstele 97 Holzkohlen geborgen und analysiert werden. Mit 38% die am häufigsten vertretene Holzart ist die Hainbuche (*Carpinus*), gefolgt von Buche (*Fagus* 19%), Weide oder Pappel (*Salix/Populus* 14%), Hasel (*Corylus* 10%), Erle (*Alnus* 10%) und Birke (*Betula* 6%). Ahorn (*Acer*, 2%) und Esche (*Fraxinus*, 1%) kommen nur in einzelnen Stücken vor.

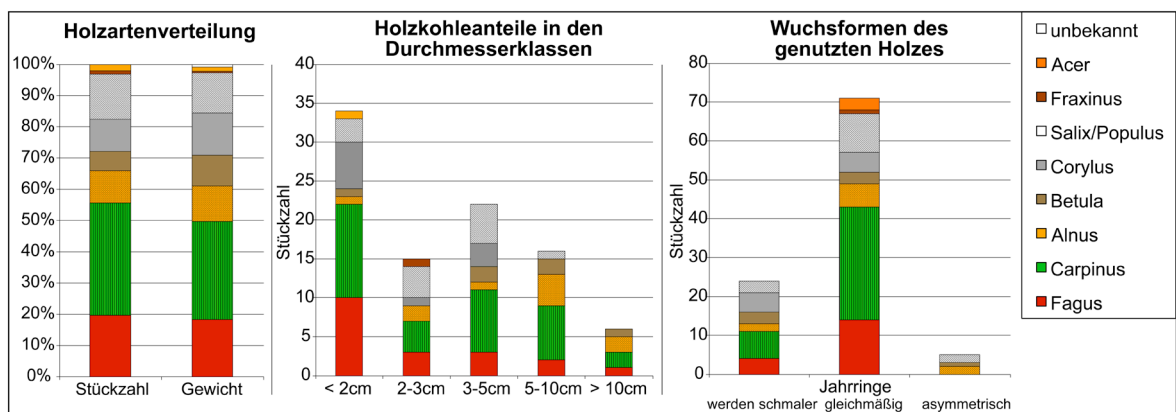


Abb. 61: Holzartenzusammensetzung, Durchmesserverteilung und Darstellung der Wuchsformen der Holzkohle aus der Meilerstele im Schwinkenrader Forst, Kreis Ostholstein. N= 97, mD=3,8cm.

Die rekonstruierbaren Durchmesser verteilen sich relativ gleichmäßig über alle Durchmesserklassen, nur die Durchmesserklasse unter 2 cm ist deutlich überrepräsentiert. An 35% der Holzkohlen konnte aufgrund der vorhandenen Waldkante der absolute Durchmesser des verwendeten Holzes bestimmt werden, 25% der Holzkohlen wiesen breitere Jahrringe in den ersten Wachstumsjahren auf.

Ein aus Hainbuche gebranntes Stück Holzkohle mit Waldkante wurde ins Leibnizinstitut für Isotopenforschung und Altersbestimmung an der CAU Kiel gegeben und mittels der AMS-Methode C14 datiert (KIA 36031). Das Holzkohlestück hat ein Radiocarbonalter von 715 ± 20 BP, die absolute Datierung fiel aufgrund des günstigen Kalibrierungskurvenverlaufes sehr exakt aus, so dass die Datierung in den Zeitraum um 1280 angesetzt werden kann.

6.3.4 Interpretation der Befunde

Die Meilerstellen im Wirkungsbereich des Klosters Ahrensböök können aufgrund der Quellenlage als klösterlich geregelter Großbetrieb zur Holzkohleherstellung angesehen werden. Auf einer Vielzahl von historisch belegten Köhlerstellen wurde von verschiedenen Bauern über einen Zeitraum von über 100 Jahren (Einträge im Köhlereiregister zwischen den Jahren 1455-1566) Holzkohle gebrannt. Die Häufigkeit, mit der einige Familiennamen im Zusammenhang mit der Köhlereitätigkeit auftauchen, zu nennen seien hier die Familien Stal, Kuntze, Coster, Runge, Wulff, Druckenberch, Koster, Howschilth und Bockwohld, sind ein deutlicher Hinweis auf ein professionalisiertes Köhlereihandwerk im landwirtschaftlichen Kontext. Da einzelne Bauern nachweislich mehrere Holzschläge parallel in Nutzung haben, kann von einer Holzkohleproduktion weit über den Eigenbedarf hinaus ausgegangen werden. Aus einzelnen Quellen lässt sich vermuten, dass Lübeck den vorrangigen Absatzmarkt für die produzierte Holzkohle darstellte. Die in den Pachtverträgen gelegentlich enthaltenen Beschreibungen des Waldes zeigen deutlich, dass es sich bei den zur Köhlerei freigegebenen Flächen um Bruch- und Niederwälder handelt, Ähnliches wird durch einzelne Flurnamen verdeutlicht. So findet man in den Quellen des Öfteren die Erwähnung von Stangenholz sowie die Namensbestandteile „Bruch“, „Holt“ und „Hain“, die aufgrund ihrer Wortbedeutung eine Niederwaldnutzung nahe legen (vergl. Kapitel 3.2).

Die im Köhlereiregister und im Urkundenbuch des Klosters Ahrensböök überlieferten Pachtverträge enthalten weitere äußerst aufschlussreiche Hinweise über die Organisation der Waldwirtschaft zum Zwecke der Holzkohleproduktion. In allen Verträgen wird nacheinander festgestellt, welcher Klosterbedienstete welchem Bauern ein Waldstück zur befristeten Nutzung verkauft (nach heutigem Sprachgebrauch eher „verpachtet“). Genannt werden grundsätzlich der Flurname und die ungefähre Lage des Waldstückes sowie die innerhalb des Waldstückes befindlichen Schlaggrenzen. Anschließend werden Nutzungszeit und Preis sowie Zahlungsbedingungen ausgehandelt. Durch die über 100-jährige Dokumentation der

Köhlereitätigkeit tauchen mehrere genau bezeichnete Schläge zeitlich mehrfach hintereinander auf. Da Nutzungszeiträume und Datum der Schlagvergabe ebenfalls dokumentiert sind, kann für sämtliche Waldstücke eine Regenerationsphase zwischen 11 und 20 Jahren bis zu der Neuvergabe einer Kohlgenehmigung rekonstruiert werden. Neben der so erreichten Einhaltung einer für den Niederwaldbetrieb günstigen Umtriebszeit (vergl. Kapitel 3.3.1) wird in einigen Verträgen außerdem ein für den Niederwaldbetrieb günstiger Zeitpunkt für die Schlagführung bestimmt. Oft wird die Schlagführung erst zum Herbstanfang genehmigt, wenn die Vegetationsperiode vorüber ist. Besonders interessant ist die Tatsache, dass in einigen Fällen Bauern, die noch nicht im Köhlereiregister des Klosters auftauchen, einen Bürgen bringen müssen. Dieser ist jeweils in der Köhlerei erfahren und im Vorfeld mehrfach schriftlich als Kohlstellenbetreiber im Köhlereiregister erwähnt worden (SHRU 10, 1989, Q. 1285, S. 323; Q. 1304, S. 327). Die historischen überlieferten Verträge legen den Schluss nahe, dass durch das Kloster selbst die Rahmenbedingungen für eine maximal produktive Niederwaldwirtschaft geschaffen wurden. Die dem Kloster untertänigen Bauern besorgten die Arbeit des Kohlebrennens, oftmals in einem Umfang, der weit über das Nebengewerbe hinausgegangen sein dürfte. Das Kloster selbst sorgte durch die umsichtige Vergabe von Nutzungsrechten und Einhaltung von Umtriebszeiten für die Aufrechterhaltung eines nachhaltigen Nutzungskonzeptes.

Die um 1500 datierte Meilerstelle im Waldstück Köhlen befindet sich mit ihrer Lage zwischen den Ortschaften Lebatz, Strenglin und Pronsdorf innerhalb des Verwaltungsbereiches, der im Köhlereiregister des Klosters Ahrensböök umschrieben wird. Es ist somit davon auszugehen, dass der Betrieb der Meilerstelle den oben beschriebenen Regularien unterworfen war. Die Ergebnisse der Holzkohleanalyse zeigen eine auffällige Übereinstimmung mit den aus dem Köhlereiregister stammenden Informationen bezüglich der Waldwirtschaft im Wirkungsbereich des Klosters. Das Holzartenspektrum sowie die Durchmesser- und die dokumentierbaren Wuchsformen des zur Verkohlung herangezogenen Holzes legen die Nutzung eines Hainbuchen-Niederwaldes nahe. Mit 64% Anteil an der Probenmasse ist die Hainbuche (*Carpinus*) weit häufiger vertreten, als bei der Nutzung eines natürlichen Waldes angenommen werden kann. Da die Hainbuche im Niederwaldbetrieb auf eine gewisse Beschattung angewiesen ist kann von einem dichten Stockbestand ausgegangen werden, wobei nach einer Hiebphase zwischen den Stöcken durchaus lichtbedürftige Arten wie Pappel, Weide, Hasel und Birke aufkommen konnten. Das fast vollständige Fehlen der Buche deutet darauf hin, dass die Niederwaldnutzung auf eine lange Tradition zurückblicken kann, da die Buche ein mehrmaliges auf den Stock setzen nicht verträgt und eingeht. Die Jahrringstruktur der Holzkohlen aus dem Meiler im Waldstück Köhlen vermittelt den Eindruck einer bewussten Schlagführung im Sinne der Niederwaldwirtschaft. Bei drei Viertel aller Rindenstücke ist eine Fällung im Winter nachweisbar, so dass ein Wiederausschlag gewährleistet war. Die geringen nachweisbaren Durchmesser, die sich in der Masse deutlich unter 10 cm bewegen sowie das häufige Vorkommen von breiten Jahrringen in den jungen Wachstumsjahren

sind eindeutige Hinweise darauf, dass im Waldstück Köhlen zur Zeit der Köhlereinsatzung eine wesentliche Beeinflussung des Waldbestandes stattfand. Auffällig ist, dass bei vielen Holzkohlestücken, die sowohl Kern als auch Rinde enthalten, Jahrringzahlen zwischen 18 und 20, seltener 24 Jahren festzustellen sind, worin ein Hinweis auf eine gleichförmige Umtriebszeit zu erkennen ist. Trotz der massiven Eingriffe in den natürlichen Bestand gibt es keine Hinweise auf eine dauerhafte Verlichtung des Waldbestandes, der zum deutlichen Rückgang der Hainbuchenbestände geführt hätte.

Als weiterer Hinweis auf die Beständigkeit der Hainbuchen-Niederwaldwirtschaft im Raum Ahrensbök sind die Ergebnisse der Holzkohleanalyse aus der ins Hochmittelalter (ca. 1280) zu datierenden Meilerstelle im Schwinkenrader Forst zu werten. Auch wenn die Durchmesserverteilung und die Wuchsformen des genutzten Holzes nicht mit der gleichen Deutlichkeit auf eine Niederwaldwirtschaft hinweisen, deutet doch der Hainbuchenanteil von 36% auf eine schon anthropogen geförderte Verbreitung zu Ungunsten der Buche hin. Es ist davon auszugehen, dass eine, wenngleich weniger penibel organisierte, Niederwaldwirtschaft zur Holzkohlegewinnung schon vor der Gründung des Klosters im Raum Ahrensbök etabliert war. Im Gegensatz zu den Holzkohlen aus dem Waldstück Köhlen können jedoch keine regulierten Umtriebszeiten erkannt werden, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass im 13. Jahrhundert noch keine Einteilung in einzelne Schläge stattgefunden hatte, sondern nur einzelne dünne Stämme oder Ruten genutzt wurden.

Die Nutzung von Hainbuchen-Niederwäldern speziell zu Köhlereizwecken vereinigt mehrere Vorteile. Zum einen ist die Hainbuche auch im dichten, schattigen Bestand gut ausschlagfähig, zum anderen kommt sie mit trockenen und feuchten sowie nährstoffarmen Böden gut aus, so dass sie nicht an spezielle Standorte gebunden ist. Als Stockholz ist die Hainbuche einfach zu fällen und zu Meilern aufzuschichten, ein Spalten von Hainbuchenholz bei der Nutzung dickerer Stämme ist aufgrund der knotigen und verdrehten Holzfasern sehr arbeitsintensiv. Die Härte und das im Vergleich zu anderen einheimischen Holzarten hohe Gewicht der Hainbuche führen zu einer festen und kaum zu zerbrechenden Kohle, die eine weitaus höhere Hitzewirkung als andere Holzkohle hat und sich besonders im Bereich der Eisenweiterverarbeitung hervorragend bewährt. Als Bauholz wird die Hainbuche aufgrund ihrer hohen Witterungsanfälligkeit wenig genutzt.

Beide archäologisch nachgewiesenen Meilerstellen sind mit einem rekonstruierbaren Durchmesser zwischen 4 und 6 m relativ klein und entsprechen in der Größe etwa den in dieser Arbeit aufgeführten Experimentalmeilern. Bei einem angenommenen Meilerdurchmesser von 5 m und einer Meilerhöhe von 2,5 m betrug der Rauminhalt eines Meilers 33 rm oder 19,8 fm. Pro Meilerbrand ist von einer Holzkohleausbeute von etwa 3,3 t zu rechnen. Die Erfahrungen aus den Meilerexperimenten zeigen, dass allein der Brand eines Meilers der genannten Größenordnung eine Woche dauert. Rechnet man das Aufbauen des Meilers, das Verpacken der Holzkohle und das Liefern der Holzkohle nach Lübeck (ca. 20 km für eine

Strecke) hinzu, konnten bei einer hauptberuflichen Köhlereitätigkeit maximal drei Meiler in zwei Monaten gebrannt werden, über die Khlereisaison von Anfang Mai bis Ende Oktober demnach 9, eventuell 10 Meiler. Der Kohlholzbedarf läge damit in einer Größenordnung um 180 fm pro Jahr. Laut den Aufstellungen von HAMM (1896) liefert ein Hainbuchen-Niederwald 6 fm Holznachwuchs pro Jahr, wobei Umtriebszeiten von 15-30 Jahren als günstig erachtet werden können. Bei einer Umtriebszeit von 20 Jahren, wie sie aus den Holzkohleproben der Meilerstelle im Waldstück Khlen und aus der schriftlichen Überlieferung des Klosters Ahrensbök als realistisch anzunehmen ist, würde pro Jahr eine Niederwaldfläche von eineinhalb Hektar für die Versorgung einer Köhlerstelle kahlgeschlagen werden müssen, eine Waldfläche von 25 ha bis 30 ha würde eine langfristige, nachhaltige Versorgung einer Köhlerstelle gewährleisten. Das heutige Waldstück Khlen mit knapp 90 ha Fläche könnte somit gut drei Meilerstellen in dem hier dargestellten Umfang versorgen, ohne übermäßig beansprucht zu werden.

Rechnet man die seit dem Spätmittelalter bestehenden Waldregionen in der im Köhlereiregister umrissenen Region zusammen, kann von einem Minimalwaldbestand von 1300 ha ausgegangen werden, womit die nachhaltige Versorgung von mindestens 50 im ähnlichem Umfang betriebenen Köhlerstellen gesichert wäre.

ber den Dokumentationszeitraum von 1455 bis 1566 ist etwa 140mal die Berechtigung vergeben worden, eine Köhlerstelle beziehungsweise ein Waldstück in Nutzung zu nehmen und Kohlen zu brennen. Durchschnittlich beträgt die Nutzungsberechtigung 5 Jahre, die Brachzeit bis zu einer Neuvergabe des Waldgebietes liegt bei 15 Jahren, woraus sich ein Turnus von 20 Jahren ergibt. Jede einzelne Meilerstelle und jedes dazu gehörige Waldstück kann in dem Zeitraum von 111 Jahren maximal 5 Mal genutzt worden sein, zum Teil sind drei Nutzungen historisch nachweisbar, meist jedoch nur eine einzige. Aus dem Köhlereiregister und den Pachtverträgen sind 61 Holzschläge mit Flurnamen bekannt wovon 19 in wiederholter Nutzung standen, hinzu kommen noch einige unbenannte Schläge, deren wiederholte Nutzung nicht nachweisbar ist. Es zeigt sich somit, dass eine den Gegebenheiten optimal angepasste Waldwirtschaft angestrebt wurde und eine Übernutzung der Bestände auszuschließen ist. Die tatsächliche Zahl der insgesamt vorhandenen Meilerstellen im Einzugsbereich des Klosters Ahrensbök dürfte deutlich höher sein als die Anzahl der verpachteten Schläge, da während der verordneten Brachzeiten einzelne Kohlstellen sicherlich ungenutzt blieben, dafür allerdings andere, eventuell sogar historisch unbekannte Stellen in Nutzung genommen wurden. Möglichkeiten, weitere Meilerstellen zu finden bestehen sicherlich in den Waldstücken Wahlsdorfer Holz, Khlen, Fohlenkoppel, Hohenhorst und Krähenberg, sowie in einigen kleinen, unbenannten Waldstücken.

Die Motivation, eine so intensive und dennoch auf dem natürlichen Nachwuchs basierende Waldwirtschaft mit dem Ziel der Holzkohleproduktion zu etablieren ist möglicherweise in der Wirtschaftsgrundlage des Klosters begründet. Das Kloster musste sich durch die Einnahmen, die es aus seinen Ländereien erhielt, versorgen. Durch die Nähe zur Hansestadt Lübeck, die

einen immensen Verbrauch an Brennholz und Holzkohle gehabt haben dürfte (genauere Zahlen existieren für das Hochmittelalter nicht), hatte das Kloster durch die Optimierung der Holzkohleproduktion eine sichere Einnahmequelle, die über die Sachabgaben der untergebenen Bauern hinausging. Da die Bewohner und Bediensteten des Klosters die Köhlerei schwerlich allein durchführen konnten, wurde das Recht, Kohle zu brennen an einzelne Bauern für viel Geld verkauft, die bei der Vermarktung der Kohle die unternehmerische Möglichkeit hatten, das Geld zurückzuverdienen, jedoch nicht aus Gewinnsucht den Wald über Gebühr beanspruchen konnten, da Nutzungszeitraum und Nutzungsdauer der Wälder durch das Kloster festgelegt waren.

Sowohl die archäologischen Befunde als auch die historische Überlieferung und die aus der Quellenlage gebildeten Modellierungen zeigen, dass das Kloster Ahrensböck eine gewinnorientierte, jedoch nachhaltig organisierte Niederwaldwirtschaft verordnete und darauf bedacht war, die Nutzungsmöglichkeiten der Wälder zu erhalten, auch wenn die Nutzung der Schläge in die Hände der Bauern gelegt wurde. Es steht zu hoffen, dass in den Gebieten um Ahrensböck noch weitere Meilerstellen aus dem Zeitraum um 1500 lokalisiert werden können, mit der die bislang getroffenen Aussagen überprüft werden können.

6.4 Meilerstelle im Schönberger Zuschlag (Kreis Lauenburg)

6.4.1 Historische Überlieferungen

Zwischen den Ortschaften Schönberg und Wentof, Amt Sandesneben befindet sich der Nordteil des Schönberger Zuschlages (Kreis Herzogtum Lauenburg). Für dieses Waldgebiet lässt sich durch die historischen Landkarten eine lange Bestockungskontinuität nachweisen. In der Varendorfschen Karte ist der Schönberger Zuschlag in annähernd den gleichen Abmessungen wie heute eingetragen. Auch die Mejersche Karte lässt zwischen den Orten Schönberg und Wentorf eine ähnliche, großflächige Waldausdehnung erkennen. Die historische Überlieferung der Köhlerstelle im Schönberger Zuschlag beläuft sich einzig auf die Verzeichnung in der Varendorfschen Karte. In der Waldecke zwischen der heutigen L92 und der L200 ist in der Varendorfschen Karte der Flurname *Kohöern* oder *Kolöern* vermerkt, weshalb der Bereich umfassend prospektiert wurde.



Abb. 62: Die Mejersche Karte (DANCKWERTH 1652) mit den Waldflächen zwischen Sandesneben und Schönberg, die VARENDORFSche Karte (1796) mit dem Flurstück *Kohöern* oder *Kolöern*, daneben das entsprechende Flurstück in der TOP 1: 25.000 (2004). Rot eingezeichnet ist die untersuchte Meilerstelle.

6.4.2 Archäologische Forschung

In der bezeichneten Ecke des Schönberger Zuschlages dominieren Buchen den Bestand, einzelne Eichen sind eingesprengt, auf alten Knicks am Waldrand und längs der Waldwege ist außerdem Hasel zu finden. Bodentyp ist eine Braunerde mit leichten Anzeichen der Podsolierung (Parabraunerdebildung). Innerhalb des deutlich profilierten Waldgebietes befindet sich ein kleiner Tümpel, der von recht ebenem Gelände umgeben ist. Am Ostende des Tümpels konnte eine Meilerstelle von etwa 12 m Durchmesser ausgemacht werden. Die Meilerstelle zeichnet sich als auffallend ebene, mit einem verschliffenen Löschewall umgebene Fläche ab. Der Boden der gesamten Meilerstelle und der des Löschewalles ist schwarz gefärbt und mit Holzkohle durchsetzt, das Löscheband ist mindestens 15 cm stark. Die Holzkohlestücke haben eine Größe bis zu 4 cm im Durchmesser und verteilen sich recht gleichmäßig über die Fläche.



Abb. 63: Meilerstelle im Schönberger Zuschlag, Kreis Herzogtum Lauenburg. Fotografie und Lage nach der deutschen Grundkarte 1:5000 (1998, 2005)

6.4.3 Holzkohleanalyse und naturwissenschaftliche Datierung

Dem Befund wurde an fünf Stellen Holzkohle entnommen, 76 Holzkohlestücke wurden anthrakologisch untersucht. Vorrangig vorkommende Holzart ist Buche (*Fagus* 66%) gefolgt von Hainbuche (*Carpinus* 12%), Hasel (*Corylus* 9%), Eiche (*Quercus* 9%), Weide bzw. Pappel (*Salix/Populus* 3%) und Erle (*Alnus* 1%).

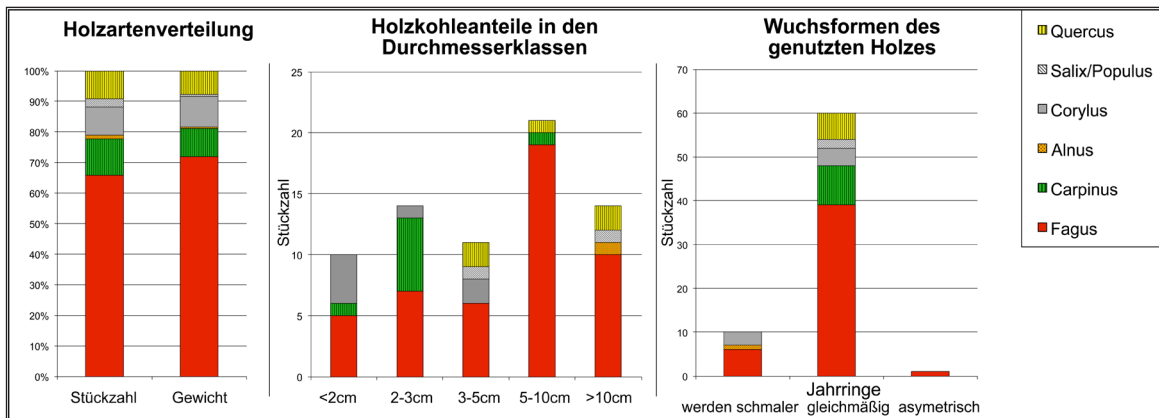


Abb. 64: Holzartenzusammensetzung, Durchmesserverteilung und Darstellung der Wuchsformen der Holzkohlen aus der Meilerstelle im Schönberger Zuschlag. N= 76, mD= 6,0cm

Alle Durchmesserklassen sind ähnlich stark vertreten, allein die Durchmesserklasse zwischen 5 cm und 10 cm ist etwas stärker repräsentiert. An 37% der Holzkohlestücke ließ sich noch Waldkante nachweisen, 13% der Holzkohlen wiesen breitere Jahrringe in den ersten Wachstumsjahren auf. Die durchschnittliche Jahrringbreite beträgt nur 0,6 mm, was aus einem hohem Anteil (25%) besonders eng gewachsener Stücke (Jahrringbreiten unter 0,5 mm)

resultiert. Dieses Ergebnis legt die Verwendung eines signifikanten Anteils an Astholz nahe. Während die eng gewachsenen, bis zu 46 Jahrringe umfassenden Holzkohlestücke meist auffällig dünnen Durchmesser zuzuordnen sind, ist bei den weiter gewachsenen Stücken ein weitaus geringeres Schlagalter anzunehmen.

Die C14-Datierung an einer der Buchenholzkohlen mit Waldkante ergab eine Datierung von 241 ± 22 BP (KIA 37126). Nach Kalibrierung ergeben sich als wahrscheinlichsten Zeitraum für den Meilerbetrieb die Zeit zwischen 1639 und 1670 sowie die Jahre zwischen 1779 und 1799, wobei der Zeitraum in der Mitte des 17. Jahrhunderts der wahrscheinlichere ist.

6.4.4 Interpretation der Befunde

Die Meilerstelle im Schönberger Zuschlag ist mit ihren 12 m Durchmesser die größte bislang nachgewiesene Meilerstelle in Schleswig-Holstein. Der auf dieser Stelle errichtete Meiler dürfte, eine Meilerhöhe von 3 m angenommen, einen Inhalt von gut 200 rm (120 fm) gehabt und pro Meilergang etwa 20 t Kohle produziert haben. Diese deutlich über den eigenen Bedarf hinausgehende Menge an Holzkohle wird im Wesentlichen für einen Massenabnehmer produziert worden sein. Die in der Varendorfschen Karte verzeichnete Lage direkt an der Landstraße nach Hamburg legt einen Absatz der Holzkohle in die im 17. Jahrhundert besonders florierende Hansestadt nahe, jedoch können aufgrund der Transportentfernung von etwa 35 km durchaus näher gelegene, bislang unbekannte Großverbraucher in Frage kommen.

Das deutlich von Buche geprägte Holzartenspektrum lässt den Schluss auf die Nutzung eines für Schleswig-Holstein bis heute typischen Buchen-Klimaxwaldes zu. Die Durchmesser- und Jahrringverteilung, der enge Jahrringstand und der hohe Rindenanteil in der Holzkohleprobe zeigen, dass vermutlich kaum Stammholz zur Verkohlung kam, sondern vorrangig Jungholz, eventuell auch Äste verkohlt wurden, obwohl es nur wenige Hinweise auf die Ausbildung von Reaktionsholz gibt. In seltenen Fällen dürfte das genutzte Buchenholz auch als Stockausschlag gewachsen sein, auch wenn die Buche nur bedingt als Stockholzlieferant geeignet ist. Neben den geringen Buchendurchmessern ist auffällig, dass im Gegensatz zu den anderen Meilerstellen in Schleswig-Holstein auch Eichenholz zu Kohlholzgewinnung herangezogen wurde. Die geringen Anteile an Lichtgehölzen (Weide/Pappel und Hasel) lassen vermuten, dass der Wald trotz seines anscheinend vorrangig jungen Bestandes im Einzugsbereich des Meilers nicht übermäßig aufgelichtet war. Dennoch spricht die Tatsache, dass der Schönberger Zuschlag, im Gegensatz zu anderen Waldungen ähnlicher Größe bis 1796 noch nicht eingeforstet wurde, gegen einen für die Landesherrschaft nutzbaren Waldbestand.

Die Ergebnisse der Holzkohleanalyse lassen den Schluss zu, dass aus dem die Meilerstelle umgebenden Wald vorrangig dünnes, eng gewachsenes Astholz und Jungholz entnommen wurde, welches nicht im Sinne der Niederwaldwirtschaft herangezogen wurde. Damit kann ausgesagt werden, dass der Meiler mit seinem überdurchschnittlich hohen Verbrauch

deutlichen negativen Einfluss auf die Naturverjüngung des umgebenden Waldbestandes gehabt haben muss. Pro Meilerbrand musste etwa ein Hektar des rekonstruierbaren Jungbestandes vollständig gerodet werden.

Zu dem rekonstruierbaren Waldbild lassen sich durchaus Parallelen in der schriftlichen Überlieferung des ausgehenden 17. Jahrhunderts finden. Aufgrund der langjährigen kriegerischen Auseinandersetzung im östlichen Teil Schleswig-Holsteins ist vom angrenzenden Kreis Segeberg bekannt, dass die Wälder durch den Durchzug der Truppen fast aller ihrer älteren Bäume beraubt wurden und in einem sehr schlechten Zustand waren (vergl. KRÖGER 1990, MAGER 1930, 230-234; HASE 1997). Alternativ ist durchaus möglich, dass, allein um Arbeit zu sparen, dem Verkohlen von jungen Stämmen der Vorzug gegeben wurde, ein Vorgehen, welches in mehreren Forstordnungen auf Kritik stößt (MAGER 1930, MANTEL 1980).

Trotz der hier angeführten Kritikpunkte kann im Verlaufe des 18. Jahrhunderts keine Verlichtung oder übermäßigen Auflockerung des Waldes nachgewiesen werden, da der Schönberger Zuschlag in der VARENDORFSchen Karte (1796) als Waldstück in den bis heute bestehenden Ausdehnungen verzeichnet ist.

6.5 Löschehaufen im Kisdorfer Wohld (Segeberg)

6.5.1 Historische Überlieferungen

Der Kisdorfer Wohld im Kirchspiel Kaltenkirchen lässt sich auf der Mejersche Karte (DANCKWERTH 1652) nur schwer erkennen. Offensichtlich schienen sich im 17. Jahrhundert verschiedene Heide- und Waldflächen abzuwechseln. In der VARENDORFSchen Karte (1796) zeichnet sich der Kisdorfer Wohld als annähernd geschlossene Waldfläche mit darin befindlichen Weiden ab. Erst in den modernen Karten nach 1900 ist eine massive Auflösung des Waldareals sicher erkennbar.



Abb. 65: Der Kisdorfer Wohld in der Mejerschen Karte (DANCKWERTH 1652), der VARENDORFSchen Karte (1796) sowie Reste des Kisdorfer Wohldes auf der topographische Karte 1: 25.000 (2004) mit der Position der Löschehaufen.

Wie aus volkskundlichen und historischen Studien hervorgeht, betrieben die Bauern im Kirchspiel Kaltenkirchen vom 15. Jahrhundert an eine rege Köhlerei (BRÄMER 2001). Laut E. KRÖGER (1990, 50) stellte die Köhlerei die Haupteinnahmequelle für die Bauern in den Walddörfern des Kirchspiels Kaltenkirchen dar. Im Verlauf des 17. Jahrhunderts ist von etwa 600 Bauern dieser Region bekannt, dass sie ihr Geld mit der Köhlerei und den damit verbundenen Fuhrdiensten verdienten. Abnehmer der Kohle war die Stadt Hamburg. Die Einfuhr geschah hauptsächlich über die Zollstelle Ulzburg und deren Nebenstellen (KRÖGER 1990, 68-71).

Im Gegensatz zu vielen anderen Gebieten wird der Waldzustand des 17. Jahrhunderts innerhalb des Kirchspiels in der schriftlichen Überlieferung beschrieben. 1630 wurden, nachdem die Truppen Tillys und Wallensteins abgezogen waren, die Waldungen geschätzt, um die durch den Krieg entstandenen Schäden aufzunehmen. Hierbei wurden jedoch keineswegs die Waldflächen ausgemessen, sondern nur die nutzbaren Stämme gezählt. Das dabei aufgenommene Hartholz (Eichen und Buchen) gehörte zum Besitz des Königs, während das Weichholz meist den Hufnern zur Nutzung freigegeben wurde. Erneute Schätzungen folgten nach weiteren Kriegseinbrüchen in den Jahren 1643-45 und 1657-60. Der Wald hatte nach damaligen Angaben in den Kriegen stark gelitten und nur noch wenige große

Bäume aufzuweisen. Umso mehr Stämme lagen gefällt, jedoch unverwertet in den Wäldern und verkamen (KRÖGER 1990, 53-56). Erst ab dem Jahr 1780 sind in den Aufzeichnungen neben dem Zustand und der Anzahl der Stämme auch die Größen der Holzungen vermerkt, insgesamt 6453 Tonnen beziehungsweise rund 4600 ha (KRÖGER 1990 56-65).

Für die Jahrgänge 1636-37, 1671 und 1672 ist anhand von Zollbüchern die Holzkohleausfuhr Richtung Hamburg quantitativ untersucht worden, so dass aus dieser Zeit genauere Angaben zur gelieferten Holzkohlemenge zur Verfügung stehen. Die Menge der tatsächlich hergestellten Holzkohle dürfte noch um einiges höher sein, da weder die geschmuggelte noch die für sonstige Verbraucher hergestellte Holzkohle in den Zollregistern vermerkt ist (KRÖGER 1990, 66-68).

1636-37 wurden 9249 Doppelzentner (ca. 925 t) in 636 vierspännigen und 896 zweispännigen Wagen transportiert (insgesamt 1532 Fuder, 1 Fuder durchschnittlich 600 kg Holzkohle). Die meisten Wagen kamen aus den Walddörfern Kattendorf, Kisdorf und Wakendorf.

1671 wurden 10803 Doppelzentner (ca. 1080 t) in 1406 vorrangig vierspännigen Wagen (1 Fuder durchschnittlich 768 kg) über die Zollstelle nach Hamburg verbracht. Für das Jahr 1672 zeichnet sich eine noch weitere Steigerung der Holzkohleproduktion ab. 11454 Doppelzentner (ca. 1145 t) Holzkohle passierten in 1596 vorrangig vierspännigen Wagen (1 Fuder durchschnittlich 717 kg) die Zollstelle Ulzburg. In beiden Jahren sind die meisten Lieferungen aus den bereits genannten Walddörfern belegt.

Im 18. Jahrhundert gerieten die Bauern dieser Region ob ihrer übermäßigen Köhlereitigkeit so sehr in Verruf, dass polizeiliches Einschreiten gefordert wurde (ANONYMUS 1795). Neben einer deutlichen Zunahme von Belästigungen durch angetrunkene Köhler und einer fortschreitenden Verwahrlosung der Felder und Weiden kam es durch die Köhlerei außerdem zu weitläufigen Waldzerstörungen, so weit zumindest die Kernaussage der anonymen Äußerungen des 18. Jahrhunderts.

Neben den Zollregistern und Zeitzeugenberichten deuten vielerorts Flurnamen auf ein verbreitetes Köhlereiwesen hin. Im Walddorf Kisdorf und dem Kisdorfer Wohld sind diese *Groot Fürsted*, *De wilde Brann'n*, *Lütt Fiiirsteed*, *Grooten Brann'n*, *Dierksbrann'n*, *In'n Brann'n* und eventuell auch *Schüttenruhmskahling* und *Rößkahling*, wobei *Kahling* sich nicht nur von Kohlen, sondern auch von (Kahl)Schlagsfläche ableiten ließe, also eine ehemalige Waldfläche bezeichnet (BRÄMER 2001, 56-58, 71-73).

6.5.2 Archäologische Forschung

Heute besteht der Kisdorfer Wohld nur noch aus einigen unzusammenhängenden Waldflecken verschiedener Größe. In dem Waldstück östlich der Straße zwischen Kisdorf und Hüttblek (Kreis Segeberg) konnten Relikte der einstigen Köhlereitigkeit gefunden werden. Der Boden des Waldstückes lässt sich meist als Parabraunerde mit Tendenz zur Pseudovergleyung, in den

feuchten Senken als Gley ansprechen. Die heutige Waldzusammensetzung ist im Vergleich zu anderen schleswig-holsteinischen Wäldern als artenreich zu umschreiben. Neben den weit verbreiteten Buchen und Eichen kommen außerdem Hainbuchen, Eschen, Erlen, Birken, Ulmen und Ilex im Waldbestand vor.

Sowohl auf einer Lichtung nahe dem Waldrand als auch an einer weiteren Stelle im Waldesinneren befanden sich flache Erhebungen, die sich als Löschehaufen ansprechen lassen. Die Erde in den Befunden ist dunkelgrau bis schwarz und mit zahlreichen Holzkohlestücken von teils extrem kleinem Durchmesser durchsetzt. Befunde von Meilerstellen waren weder im genannten Waldstück noch entlang der naturnahen Wasserläufe der angrenzenden Waldstücke zu finden, so dass die Löschehaufen als einzige Hinweise auf die einstige Köhlereitigkeit beprobt werden konnten.

6.5.3 Holzkohleanalyse

Aus den beiden gefundenen Löschehaufen wurden zusammen 73 Holzkohlestücke analysiert. Im Gegensatz zur heutigen Waldzusammensetzung dominierte in den Holzkohleproben die Hainbuche (*Carpinus*) mit 30%. An weiteren Holzarten konnten Birke (*Betula* 23%), Buche (*Fagus* 18%), Erle (*Alnus* 16%), Eiche (*Quercus* 4%), Hasel (*Corylus* 3%) und Weide oder Pappel (*Salix/Populus* 3%) nachgewiesen werden. 3% der beprobten Holzkohlen konnten nicht sicher auf ihre Art bestimmt werden.

Die Durchmesserverteilung ergab eine klare Dominanz in der Durchmesserklasse von 3-5 cm, bei 16% der Holzkohlenstücke konnte noch Waldkante nachgewiesen werden. Bei den meisten Waldkantenstücken war der letzte Jahrring voll ausgebildet, so dass von einer bevorzugten Fällung im Winter auszugehen ist.

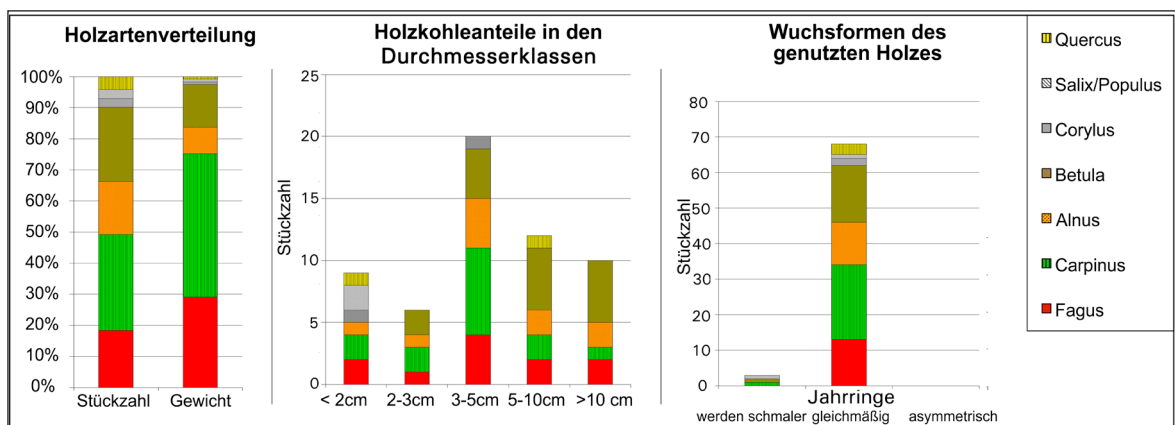


Abb. 66: Holzartenzusammensetzung, Durchmesserverteilung und Darstellung der Wuchsformen der Holzkohlen aus den Löschehaufen im Kisdorfer Wohld. N= 71, mD= 4,8cm

Da keiner der beiden Löschehaufen mit dem Befund einer Meilerstelle in Verbindung gebracht werden konnte, wurde auf eine Radiocarbonatierung verzichtet.

6.5.4 Interpretation der Befunde

Die unsichere Befundlage der Löschehaufen im Kisdorfer Wohld macht eine Interpretation schwierig. Da bei keinem der beiden Löschehaufen eine Meilerstelle zu erkennen ist, kann durch die archäologische Forschung keine Aussage zum Umfang der Köhlereitätigkeit getroffen werden. Da beide Löschehaufen sich in ihrer Holzartenzusammensetzung nicht wesentlich unterscheiden, werden sie im Folgenden zusammenfassend behandelt. Die Holzartenzusammensetzung der Löschebefunde zeigt ein typisches Spektrum fur einen partiell bodenfeuchten Laubwald, wie er bis heute an der Fundstelle erhalten ist. Alle bei den gegebenen Bodenverhaltnissen zu vermutenden Arten sind in den Holzkohleproben vorhanden, so dass nicht davon auszugehen ist, dass der genutzte Wald wesentlich in seiner Artenzusammensetzung beeinflusst wurde. Die Hainbuche stellt die vorrangig genutzte Holzart dar. Daneben wurden außerdem Birke, Erle und Buche regelhaft genutzt. Die geringen nachweisbaren Durchmesser der analysierten Holzkohlen weisen auf die vorrangige Nutzung von jungen Stammen hin, auch wenn diese Aussage nicht durch das Vorhandensein von zahlreichen Rindenstucken bekraftigt werden kann. Nur auerst wenige Holzkohlen deuten auf die Nutzung von Stockausschlagen oder Astholz hin, so dass eine bewusst durchgefuhrte Niederwaldwirtschaft nicht zu belegen ist. Viel eher scheint der Fall zu sein, das ahnlich wie bei der Meilerstelle im Schonberger Zuschlag, ein junger Waldbestand zur Kohlholzgewinnung eingesetzt wurde.

Dieser Befund deckt sich insoweit mit der schriftlichen Uberlieferung, als dass im spaten 17. Jahrhundert durch die zitierten Holzschatzungen der Mangel an großem, nutzbarem Holz formuliert wird (KROGER 1990, 53-65), sowie mit den Vorwurfen des spaten 18. Jahrhunderts (ANONYMUS 1795), dass der Wald wenig planvoll genutzt und meist das junge, neu aufkommende Holz zur Kohlerei genutzt wurde. Somit scheint der Befund der beiden Löschehaufen zu bestatigen, dass zur Zeit der fruhneuzeitlichen Kohlegewinnung die Walder in einem beklagenswerten Zustand waren und ein Großteil des Holzvorrates bereits gerodet war.

Ohne dem anonymen Autor (ANONYMUS 1795), der sich selbst „der gutmeinende Holsteiner“ nennt und die Umstande der ausufernden Kohlerei in Kaltenkirchen anprangert, zu viel Bedeutung beizumessen, muss die aus den Schriftquellen zu erkennende Kohlereittigkeit deutliche Folgen auf die durch die Kriegereignisse schon vorher beeintrachtigten Walder gehabt und die Naturverjungung quasi unterbunden haben.

Nimmt man die uberlieferten Kohlemengen des 17. Jahrhunderts als Grundlage, um den Holzeinschlag zur Kohlholzgewinnung zu rekonstruieren, erklart sich leicht, warum es im Verlaufe des 17. und 18. Jahrhunderts zu einer weitreichenden Auffichtung der Waldbestande

durch die Köhlerei kam, wie sie in zeitgenössischen Schriften angeprangert wird (ANONYMUS 1795).

Für die ca. 925 t Holzkohle, die im Jahr 1663 über die Zollstelle Ulzburg nach Hamburg geliefert wurden, mussten über 5500 fm Holz eingeschlagen werden, eine Holzmenge, die bei den heutigen Hochwaldverhältnissen der Rodung einer Fläche von 14-18 ha entspräche. Die Lieferungen der Jahre 1671 (1080 t, ca. 6500 fm) und 1672 (1145 t, ca. 6900 fm) würde entsprechend größere Waldrodungen in der Größenordnung von 18ha-23ha erfordern. Davon ausgehend, dass die gelieferte Holzkohlemenge auch in den nicht dokumentierten Jahren ähnliche Dimensionen hatte, müssten für die nachhaltige Produktion im Kirchspiel Kaltenkirchen etwa 1200 ha Wald in Nutzung stehen. Diese Waldfläche entspräche der Hälfte des gesamten Flurbereiches zwischen den als Holzkohlelieferanten genannten Dörfern Wakendorf, Kisdorf und Kattendorf. In der Varendorfschen Karte, welche zu einem Zeitpunkt erstellt wurde, als die Köhlerei in Kirchspiel Kaltenkirchen noch ein wichtiger Wirtschaftszweig war, kann noch eine Waldfläche der notwendigen Ausdehnung als möglicher Kohlholzlieferant belegt werden. Aus der Kartendarstellung geht jedoch ebenfalls hervor, dass sich im Kisdorfer Wohld bereits mehrere aufgelichtete und als Grasland dargestellte Flächen befanden.

6.6 Eisenverhüttungsrevier Flensburg-Wassersleben

6.6.1 Historische Überlieferungen

Über die mittelalterliche Eisenverhüttung im Bereich Flensburg ist kein schriftliches Quellenmaterial bekannt. Allein die Kartenaufzeichnungen von Mejer (DANCKWERTH 1652) und DU PLATH (1804-1805) bezeugen eine weitgehende Konstanz der Waldausdehnung seit dem ausgehenden Mittelalter.

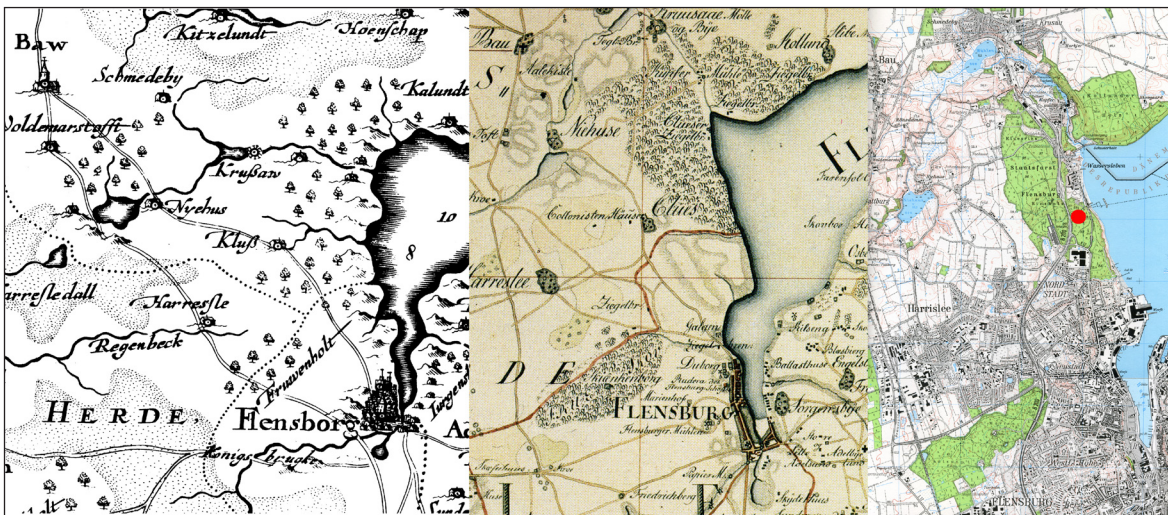


Abb. 67: Das Waldstück Kluesries in den Landkarten von Mejer (DANCKWERTH 1652), DU PLATH (1804-1805) und der topographischen Karte 1:25.000 (2006). Die rote Markierung zeigt die Lage der beprobten Fundstellen.

6.6.2 Archäologische Forschung

Direkt nördlich der Stadt Flensburg erstreckt sich bis zur dänischen Grenze das Waldgebiet Kluesries am Fluss Krusau. Das Waldstück befindet sich auf einer außerordentlich kuppigen Endmoräne der Weichselvereisung. Der Boden ist meist feucht, zum Teil lehmig oder besteht aus stark gebleichtem Sand. Vorrangig bestandsbildend sind junge Buchen (unter 60 Jahren) sowie ältere Fichten (über 90 Jahre) und einige Lärchen. Auffällig ist der hohe Anteil an Ilex, der durchaus Stammstärken von 10 cm erreicht. Der Wald wird von zwei Bächen von Westen nach Osten durchzogen, die sich teilweise mehrere Meter in den Boden einschneiden. In die Bäche münden zahllose kleinere Gewässer, die nicht zu jeder Jahreszeit wasserführend zu sein scheinen. Auf den Kuppen der Endmoräne finden sich teils vermoorte Senken, teils Quellsümpfe mit Wasserabfluss hin zu den genannten Bachtälern. Auf Terrassen am oberen Rand der Talrinnen und in ausgesprochen flachen Bereichen des Waldareals liegen 52 bislang entdeckte Eisenschlackehügel in dichter Streuung mit Durchmessern von 2 m bis 11 m und einer Höhe bis zu einem Meter, wobei Halden über 7 m Durchmesser seltener sind.

Durch H. HINGST (1969) wurden beim Bau der Fernstraße 200 die Hügel 59, 60 und 62 a, sowie 13 weitere nicht genauer bezeichnete Schlackenhalde und die dazugehörigen Verhüttungsöfen archäologisch untersucht. Die einzelnen Verhüttungsplätze zeichneten sich als mit Holzkohle durchsetzte Schichtungen gegen den anstehenden, hellen Lehm ab. Auf den direkt an den Arbeitsplätzen angrenzenden Schlackehalden schichteten sich Ofenbruchstücke, Holzkohle-Erde-Gemisch und Schlackeegrus, sowie zerschlagene Laufsclacken auf. Inmitten der Arbeitsplätze befanden sich jeweils ein oder mehrere Befunde von etwa 1-1,2 m durchmessenden Rennfeueröfen. Die gut erhaltenen Ofenbefunde selbst zeichneten sich in der Regel als 20 cm tiefe und 60 cm durchmessende Gruben aus, die mit etwa faustgroßen Steinen umsäumt waren. An einer Seite der Ofengrube wurde jeweils mittels größerer Steine eine Entnahmeöffnung umfasst. In den Befunden fand sich in der Regel mit Holzkohle durchsetztes Bodenmaterial, Schlackebruchstücke und veriegeltes bis angeschmolzenes Ofenmaterial. Neben den Öfen ließ sich teils auch eine Arbeitsgrube erkennen, in die möglicherweise die flüssige Schlacke abgeleitet werden konnte.

Aus den Ofenbruchstücken ließ sich die Form der in Flensburg-Wassersleben verwendeten Öfen rekonstruieren. Über der beschriebenen Grube ragte der Ofen etwa 60-70 cm über die Erdoberfläche hinaus, den Querschnitt des Ofens könnte man als birnenförmig bezeichnen (vergl. Abb. 22). Da die einzelnen Öfen keine erkennbare Ausrichtung nach der Hauptwindrichtung erkennen ließen, rekonstruierte Hingst eine Düse knapp über der Erdoberfläche für künstliche Luftzufuhr durch Blasebälge. Die Mehrschichtigkeit einiger Befunde macht eine mehrfache Benutzung der Öfen wahrscheinlich. Durch Berechnung des Ofenvolumens und der Annahme, dass die während der Verhüttung entstandene Laufsclacke zusammen mit der entstandenen Asche und der angeschmolzenen Ofenwandung etwa drei Viertel des Ofenvolumens ausmachten, rekonstruierte Hingst die Verhüttungsdurchläufe pro Ofenbefund, davon ausgehend, dass sämtliche Schlacke auf den nächstliegenden Schlackehügel verbracht wurde, dessen Volumen ebenfalls bestimmt wurde. Im Mittel geht Hingst von 26 Verhüttungsdurchläufen aus, bevor ein Ofen endgültig abgebrochen wurde (HINGST 1969, 428-429).

Tab. 14: Verhüttungsdurchläufe pro Ofenbefund, errechnet anhand des Schlackevolumens auf den angrenzenden Schlackehalden (nach Hingst 1969, 429).

Nummer des Schlackenhügels	Abraumvolumen eines Schlackenhügels	Zahl der nachweisbaren Öfen am Schlackenhügel	Häufigkeit der Benutzung eines Ofens
55	4,0 m ³	2 Öfen	20-mal
57	4,4 m ³	1 Ofen	22-mal
58	3,5 m ³	1 Ofen	18-mal
58a	6,5 m ³	1 Ofen	32-mal
59	12,5 m ³	2 Öfen	32-mal
60	11,6 m ³	2 Öfen	30-mal
62a	4,9 m ³	1 Ofen	25-mal

Hingst konnte im Bereich der von ihm untersuchten Verhüttungsanlagen keine Meilergruben feststellen, allerdings eine rötlich verziegelte Feuerstelle, die eventuell als Röstplatz gedeutet werden kann (HINGST 1969, 429).

Die Eisenverhüttungsanlagen im Kluesries bei Flensburg zählen vermutlich zu den jüngsten in Schleswig-Holstein. Als datierende Funde dienten ein Klosterformatziegel (belegbar ab dem 12. Jahrhundert, in Flensburg ab ca. 1210) und ein Scherben eines Kugeltopfes. Beides deutet auf eine Datierung in das späte Hochmittelalter hin (HINGST 1969, 430).

Aufgrund der hohen Dichte von Schlackehalden und Eisenverhüttungsöfen liegt es nahe, Relikte der Holzkohleproduktion im gleichen Gebiet ausfindig machen zu können. Da auch nach großflächiger Abnahme des Oberbodens während des Straßenbaus keine Grubenmeiler erkannt werden konnten, können auch sehr wohl Platzmeiler zur Holzkohleherstellung gedient haben, zumal die hohe Dichte an Verhüttungsanlagen auch einen hohen Holzkohlebedarf nach sich ziehen musste.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Kluesries erneut systematisch entlang der Wasserläufe und auf den Hangterrassen begangen, um alte Meilerstellen aufzufinden und zu beproben. Begehungszeit war Mitte November 2007.

Aufgrund des lebendigen Bodenreliefs gibt es nur wenige Stellen, an denen ein Meilerplatz über 6 m Durchmesser gerade stehen könnte. Viele der in der archäologischen Landesaufnahme verzeichneten Schlackehalden konnten nicht ausgemacht werden; sie sind entweder inzwischen überbaut oder von Laub und Bodenmaterial verdeckt.

Meilerstelle

Südlich des südlichen Bachlaufes unweit des Ferienortes Wassersleben (Kreis Schleswig-Flensburg), jedoch schon auf dem Gebiet der Stadt Flensburg gelegen, befindet sich im Hang etwa 10 m über dem Bachlauf ein Plateau, welches in einer Größe von 5x8 m erhalten ist. Die ursprüngliche Größe der Terrasse ist nicht mehr klar zu erkennen, da Holzfällerarbeiten und Hangerosion die Konturen verwischt haben. Auch zur Zeit der Prospektion war durch Forstarbeiten der Boden auf dem Plateau stark zerwühlt. An mehreren Stellen trat aus den Rückespuren Holzkohle hervor. Aufgrund der Größe des Holzkohlebefundes muss von einer Meilerstelle ausgegangen werden, die 6 m Durchmesser hatte und auf der erodierten Terrasse noch etwa zur Hälfte erhalten ist.



Abb. 68: Meilerstelle auf der erodierten Hangterrasse im Eisenverhüttungsrevier Flensburg-Wassersleben, daneben die Darstellung auf der deutschen Grundkarte 1: 5000 (1960, 2006).

Schlackenhalde

Etwa 300 m flussaufwärts der Meilerstelle befindet sich an einem Quellsumpf eine Schlackenhalde von 1,5 m Höhe und 4 m Durchmesser. Die Schlackehalde ist von Nord-Osten gestört. Sie wurde in der Kartierung von HINGST (1969) nicht erfasst. Die ungewöhnliche Höhe von 1,5 m deutet darauf hin, dass die Schlacke in jüngerer Zeit zum Teil neu aufgeschichtet wurde, vermutlich im Zuge der Straßenbauarbeiten in den 1960er Jahren. Die Schlacken der Halde zeigen deutliche, vertikale Fließstrukturen, so dass sie von einem Ofen mit seitlichem Schlackeabstich zu stammen scheinen. Die noch zwischen den Schlacken enthaltene Holzkohle wurde als Probenmasse herausgelesen. Im Umfeld der Schlackehalde sind noch weitere Schlackehalden vorhanden gewesen, die jedoch teilweise durch den Schnellstraßenbau zerstört wurden (z. B. Schlackehalden 56, 57, 58, 59 und 60) oder nicht mehr aufzufinden waren (z. B. Schlackehalden, 61 und 74).

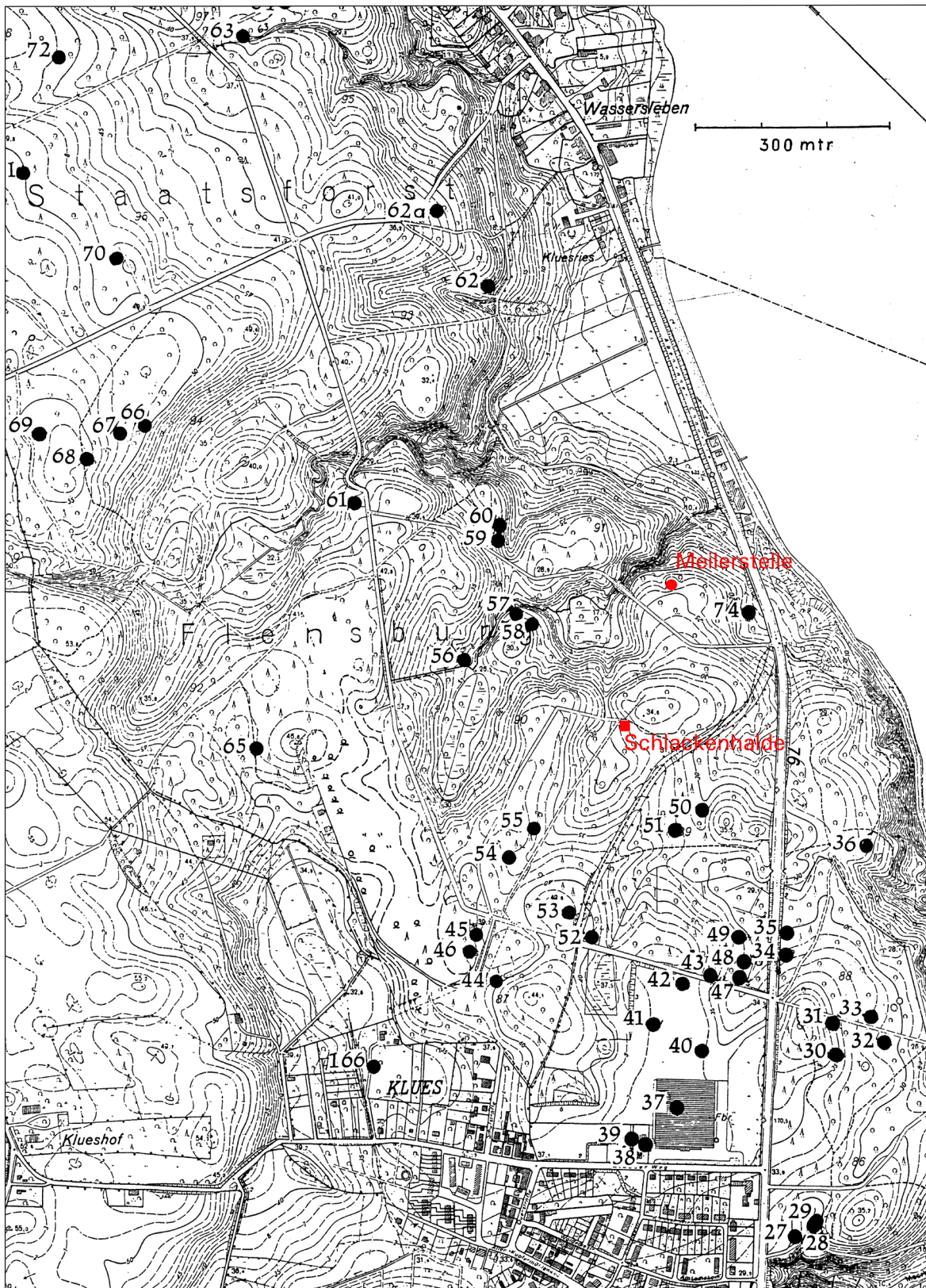


Abb. 69: Verbreitung der Eisenschlackenhalde im Eisenverhüttungsrevier Flensburg-Wassersleben nach HINGST 1969, Tafel 23. Die neu entdeckte Schlackenhalde ist als rotes Quadrat, die Meilerstelle als roter Kreis eingezeichnet.

6.6.3 Holzkohleanalyse und naturwissenschaftliche Datierung

Meilerstelle

Die zur Beprobung entnommene Holzkohle entstammt aus vier Einzelproben, welche sich über die noch erhaltene Meilerfläche gleichmäßig verteilen. An den ungestörten Bereichen des Plateaus konnte unter der Streuauflage in etwa 15-20 cm Tiefe ein schwarzer Horizont beobachtet werden, der viele kleine Holzkohlestücke enthielt und auf dem ein Holzkohleband mit deutlich größeren Stücken auflag. Viele der Kohlen sind runde Ast- oder Stockanschnitte mit 2-3 cm Durchmesser. Die Meilerstelle selbst lässt sich mit einem Durchmesser von etwa 6 m rekonstruieren. Auf den Hängen zu dem insgesamt etwa 15 m tief eingeschnittenen Bach befinden sich noch unzählige weitere Terrassen, auf denen jedoch keine Meilerstellen nachgewiesen werden konnten.

Aus der Meilerstelle wurden insgesamt 88 Holzkohlen zur Beprobung entnommen. Den größten Anteil des Holzartenspektrums nehmen schnell wachsende Lichtholzarten, vorrangig Weide und Pappel (*Salix/Populus* 53%) ein, weniger häufige Lichtholzarten sind Hasel (*Corylus* 2%) und Birke (*Betula* 6%). Die Buche (*Fagus* 31%) ist im Vergleich mit ihrer heutigen Verbreitung im Kluesries wenig vertreten, die Hainbuche (*Carpinus* 4%) und die Erle (*Alnus* 3%) kommen ebenfalls selten vor. Viele Holzkohlenstücke (34%) sind mit Rinde oder zumindest mit dem äußeren Jahrring erhalten, die meisten Kohlen lassen auf eine Holzentnahme bei 10 cm Stammdurchmesser schließen. Auffällig ist die große Einheitlichkeit im Holzdurchmesser, auf die bei der Beschickung des Meilers Wert gelegt wurde, über die Hälfte der Rindenstücke (17 von 31 Stück) lassen sich recht genau an den 10 cm Durchmesser einer Kreisschablone anlegen (Durchmesserklassen 5-10 cm und über 10 cm).

Bei 16% der analysierten Holzkohlen ist der letzte Jahrring voll ausgebildet, woraus auf eine Winterfällung geschlossen werden kann, bei 8% der Holzkohlen wurde das Kohlholz definitiv während der Vegetationsperiode entnommen.

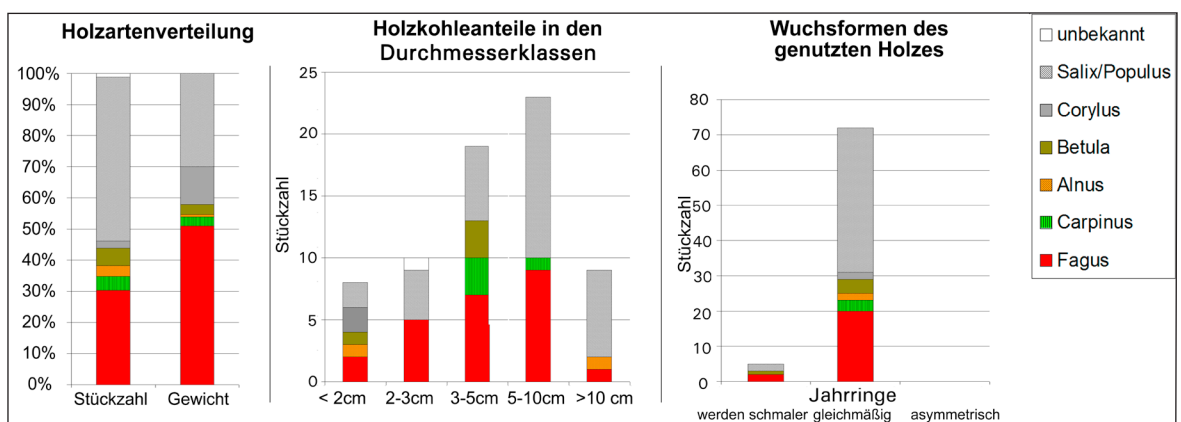


Abb. 70: Holzartenzusammensetzung, Durchmesserverteilung und Darstellung der Wuchsformen der Holzkohlen aus der Meilerstelle im Eisenverhüttungsrevier Flensburg-Wassersleben. N= 88, mD=4,7cm

Im Holz selbst sind wenige direkte Hinweise auf Niederwaldwirtschaft zu finden. Nur in wenigen Fällen liegt die Jahrringbreite bei 1 mm oder darüber, bei nur 4 Holzkohlestücken (5%) ist ein erhöhter Zuwachs in den jüngeren Jahren nachzuweisen, bei 30 Stücken (33%) hingegen ist der Zuwachs konstant.

Schlackehalde

Aus dem Bodenmaterial der Schlackehalde konnten nur 36 Holzkohlestücke von ausreichender Größe geborgen werden, um eine umfassende Holzkohleanalyse durchzuführen. Die Probenmasse ist somit nur bedingt als repräsentativ für den Befund zu sehen und muss mit der gegebenen Vorsicht interpretiert werden. Das Artenspektrum ist dem der Meilerstelle recht ähnlich, jedoch ist mit 47% die Buche (*Fagus*) mit Abstand die häufigste Holzart. Birke (*Betula* 17%) Weide oder Pappel (*Salix/Populus* 11%), Hainbuche (*Carpinus* 5%) Eiche (*Quercus* 3%) und Hasel (*Corylus* 3%) kommen deutlich seltener vor. 14% der Holzkohlen waren nicht eindeutig bestimmbar, jedoch handelt es sich zweifelsfrei um Laubholz. Die rekonstruierbaren Holzdurchmesser verteilen sich vorrangig auf die mittleren Durchmesserklassen von 2 bis 10 cm. Aufgrund der insgesamt geringen Stückgröße musste auf die Aufnahme der Wachstumsmerkmale verzichtet werden.

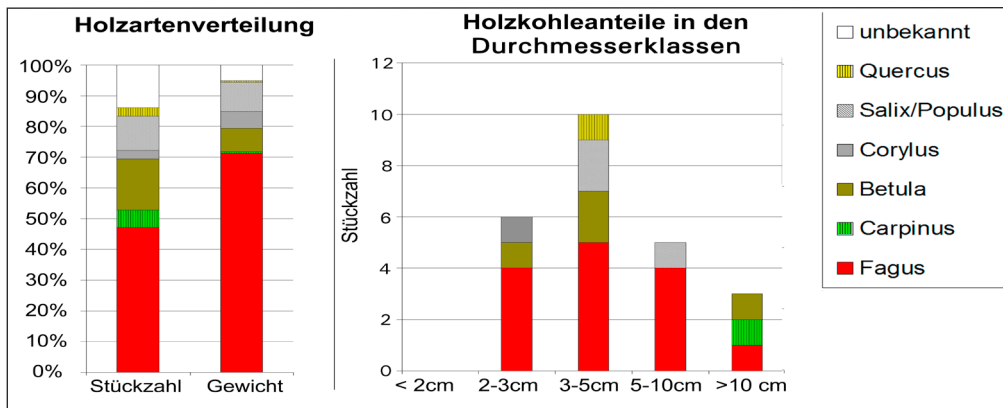


Abb. 71: Holzartenzusammensetzung und Durchmesserverteilung der Holzkohlen aus einer Schlackehalde im Eisenverhüttungsrevier Flensburg-Wassersleben. N= 36, mD= 3,8cm

Datierung

Anhand der im Zusammenhang mit den Eisenverhüttungsöfen geborgenen Keramik und des Ziegels im Klosterformat wurden die Eisenverhüttungsanlagen im Kluesries von HINGST (1969, 429-430) in das hohe Mittelalter datiert. Um sicher zu gehen, dass es sich bei der im Waldstück Kluesries gefundenen Meilerstelle um eine Holzkohleproduktionsstätte im Zusammenhang mit der Eisenverhüttung handelt, wurde von einem Stück Pappel- oder Weidenholzkohle mit Rinde eine C14- Probe (KIA 35502) angefertigt, um Gewissheit über die Datierung der Meilerstelle zu erhalten. Die Probe ergab ein Radiocarbonalter von 720±40 BP, was einen Nutzungszeitraum der Meilerstelle in der 2. Hälfte des 13. Jahrhunderts

am wahrscheinlichsten macht. Damit deckt sich die naturwissenschaftliche Datierung der Meilerstelle mit der typologischen Datierung des Keramikmaterials so weit, dass die anthrakologischen Ergebnisse der Holzkohleuntersuchung aus der Meilerstelle zur Bewertung der Eisenverhüttung im Eisenverhüttungsrevier Flensburg-Wassersleben mit herangezogen werden können.

6.6.4 Interpretation der Befunde

Der Kluesries muss allein aufgrund der bisher bekannten Ofen- und Schlackehaldenzahl als größtes bekanntes Eisenverhüttungsrevier des Mittelalters in Schleswig-Holstein gelten. Die 52 von HINGST (1969) dokumentierten Schlackehalden, ebenso wie einige neuere Hinweise auf die mittelalterliche Eisenverhüttung (im Archäologischen Landesamt Schleswig-Holstein einzusehende Kartierung, Stand 2007) befinden sich in einem Waldgebiet, welches schon im 17. Jahrhundert in seinen heutigen Grenzen bestand und eine Fläche von etwa 250 ha einnimmt (DANCKWERTH 1652), wobei sich die Relikte der Eisenverhüttung im südlichen Teil des Waldes auf ein Areal von etwa 180 ha beschränken.

Es ist unklar, wie lange die Eisenverhüttungsanlagen in Benutzung gewesen sind, jedoch deutet die hohe räumliche Dichte der Schlackenhalde nicht auf eine Verlegung aufgrund der Rohstoffsituation hin, so dass ein zeitgleicher oder zeitnaher Betrieb der Anlagen im Verlaufe des hohen bis späten Mittelalters anzunehmen ist. Die durch die Neuprospektionen des Kluesries lokalisierte Meilerstelle ist durch die erfolgte C14 Datierung in einen Zeitraum einzuordnen, der auch für die Eisenverhüttung angenommen werden muss. Es liegt somit nahe, in der Meilerstelle einen Platz zur Herstellung für die zur Eisenverhüttung benötigte Holzkohle zu sehen. Ein weiterer Hinweis auf die engeren Zusammenhänge zwischen Meilerstelle und Eisenverhüttung lassen sich in der Ähnlichkeit der Holzkohlespektren von Meilerstelle und Schlackenhalde erkennen. Sowohl die Holzkohlen der Schlackenhalde als auch die Holzkohlen aus der Meilerstelle lassen erkennen, dass ein für die Moränenlandschaft entlang der Fördeküsten typischer Buchenhochwaldbestand durch intensive Nutzung so weit aufgelichtet wurde, dass die Lichtholzarten Pappel und Weide deutliche Anteile im Holzartenspektrum einnehmen.

Die Meilerstelle hält mit ihren größeren und zahlreicheren Holzkohlestücken umfassendere Aussagemöglichkeiten für die Holzkohleanalyse bereit. So zeigt sich in der Probe aus der Meilerstelle, dass das Waldstück Kluesries im Umfeld der Meilerstelle so weit aufgelichtet wurde, dass im Einzugsbereich des Meilers vorrangig etwa armdicke Pappeln oder Weiden den Bestand bildeten.

Die Durchmesseranalyse und die Einordnung der Rindenstücke lassen den Schluss zu, dass ein Großteil der Bäume einen maximalen Durchmesser von 10 cm erreichte. Ein Drittel der Holzkohlen, bei denen die erhaltene Rinde auf den Fällzeitpunkt schließen lässt, zeigt, dass

die Bäume während der Vegetationsperiode geschlagen wurden, also ein Wiederausschlag kaum möglich war. Dementsprechend lassen sich nur in außergewöhnlich wenigen Fällen breite Jahrringe in den jungen Wachstumsjahren nachweisen, so dass keinerlei Hinweise auf eine planmäßig durchgeführte Niederwaldwirtschaft bestehen. Da in der Holzkohle ebenfalls Hinweise auf Buchenholznutzung in allen Durchmesserklassen vorhanden sind, kann angenommen werden, dass der an der Flensburger Förde natürlich vorkommende Buchenwald durch den Einfluss der Eisenverhüttung stark aufgelichtet war. Astholznutzung und größere Durchmesser von älteren Bäumen können nicht nachgewiesen werden. Auch in dem als gebüschartig zu rekonstruierenden Zustand wurde der Wald weiter genutzt, wobei über das ganze Jahr hinweg Holz eingeschlagen wurde, so dass sich der Bestand nicht im Sinne einer Niederwaldwirtschaft in der produktionsreichen Regenerationsphase halten konnte.

Der Zuwachs des rekonstruierten Waldes sollte nicht zu hoch eingeschätzt werden, da die geringen Jahrringbreiten vieler Holzkohlestücke nur einen geringen Zuwachs vermuten lassen. Der Holzdurchmesser zur Schlagzeit dividiert durch die mittlere Jahrringzahl pro Millimeter lässt darauf schließen, dass die Bäume bei 10 cm Durchmesser ein Alter von etwa 30 Jahren hatten. In Niederwaldwirtschaft gezogene Lichtgehölze wie Pappeln und Weiden erreichen bei vergleichbaren Bodenbedingungen entsprechende Durchmesser in fünf bis zehn Jahren (PAYSEN 2007b, 84). Die aufgeführten Indizien zusammengenommen muss davon ausgegangen werden, dass im Rahmen der Holzkohleherstellung zur Eisengewinnung eine deutliche Überbeanspruchung des Waldbestandes nicht nur zur Auflichtung des Bestandes, sondern auch zur Verarmung des Bodens führte, woraus sich die außergewöhnlich geringen Zuwächse der Lichtgehölze erklären.

Um den Holzbedarf der im Kluesries ansässigen Eisenverhüttung zu berechnen, kann auf die publizierten Daten von HINGST (1969, 429) zurückgegriffen werden. Von den 52 lokalisierten Schlackehügeln wurden sieben ausführlicher untersucht. Sie weisen ein Volumen zwischen 3,5 m³ und 12,5 m³ auf (im Mittel 6,8 m³). Unter der Voraussetzung, dass die anderen, nicht mehr auffindbaren Schlackehalden ähnlichen Umfang aufwiesen, kann mit einer während der Verhüttungszeit produzierten Schlackemenge von mindestens 350 m³ oder 390 t bis 640 t gerechnet werden (zu der Gewichtsumrechnung vergl. JOCKENHÖVEL und WILLMS 2005, 379). Die experimentellen und historischen Vergleiche ermöglichen es, aus dieser Schlackemenge in etwa Rückschlüsse auf das produzierte Eisen zu ziehen, jedoch mit weit größerer Genauigkeit auf den Brennstoffbedarf zu schließen. Wie aus der Diskussion der Äquivalenzen zu ermitteln ist (vergl. Kapitel 5.2.3.-5.2.5.), entspricht ein Kubikmeter Schlacke einem Kohlebedarf von etwa 1,9 t, so dass bei 350 m³ ein Holzkohlebedarf von mindestens 665 t anzunehmen ist. Diese Kohlemenge ist äquivalent zu 6650 rm oder knapp 4000 fm Holz. Zur Produktion dieser Kohlemenge mussten über 130 Meiler der im Kluesries rekonstruierten Größe gebrannt werden. Verglichen mit heutigen Waldbeständen mit Vorräten zwischen 300 und 400 fm/ha würde der Bedarf eine Rodung von mindestens 100 ha Hochwald bedeuten. Da keinerlei Hinweise bestehen, wie lange die Eisenverhüttungsanlagen in Nutzung standen und wie der

Waldbestand zu Beginn der Eisenverhüttung beschaffen war, ist es schwierig, eine mögliche Waldfläche für eine nachhaltige Bewirtschaftung anzugeben. Aus der Holzkohleanalyse der Meilerstelle geht jedoch eindeutig hervor, dass eine nachhaltige, auf Brennholzgewinnung optimierte Waldwirtschaft nicht durchgeführt wurde.

Wie viel Eisen während der Verhüttungszeit hergestellt wurde, lässt sich nur schwer aus den Befunden beziehungsweise aus den historischen, ethnographischen, archäologischen und experimentellen Vergleichen ermitteln. Legt man die Ergebnisse der experimentellen Eisenherstellung und die schriftliche Überlieferung zur Verhüttung von Raseneisenerz zu Grunde, kann von einem Verhältnis von 3-8 t Schlacke pro erzeugter Tonne Eisen ausgegangen werden. Demnach kann eine Eisenproduktion in der Größenordnung von 50-200 t rekonstruiert werden.

Unklar ist bislang, wie viele der ehemaligen Schlackenhalde bis heute bekannt geworden sind. Trotz der hohen Dichte von Schlackehalden muss davon ausgegangen werden, dass einige Fundstellen noch nicht entdeckt wurden oder durch Baumaßnahmen oder Erosion unwiederbringlich zerstört wurden, bevor sie dokumentiert werden konnten. Die Berechnungen zum Holzbedarf der Eisenverhüttung stellen also nur einen Minimalwert aufgrund der gegebenen Quellenbasis dar.

6.7 Glashütte im Holtdorfer Gehege (Kreis Rendsburg-Eckernförde)

6.7.1 Historische Überlieferungen und Flurnamen

Im Kreis Rendsburg-Eckernförde sind aus der Zeit vor dem 15. Jahrhundert keine Glashüttenstandorte historisch überliefert. Erst im 15. Jahrhundert werden erste Glashütten erwähnt (ROSENBOHM 1957, 104), jedoch nicht im Bereich des Holtdorfer Geheges. Der nahe des Holtdorfer Geheges liegende Ort Oldenhütten, auf der Mejerschen Karte (DANCKWERTH 1652) nur als *Hütten* verzeichnet, wird 1538 das erste Mal erwähnt (MARTENS 1978) und gilt (nach ROSENBOHM 1957, 107) als bisher älteste bekannte Glashütte im Amt Rendsburg. Die als spätmittelalterlich zu datierende Glashütte von Oldenhütten steht vermutlich nicht im Zusammenhang mit der hier untersuchten Glashütte, die etwa 200 Jahre älter datiert als die erste Nennung des Ortsnamens. Auch die im ausgehenden 16. Jahrhundert erwähnte Glashüttengründung im Bereich der Ortschaft Holtdorf (FRANZEN 1973, 122) kann so trotz der räumlichen Nähe zum Glashüttenstandort nicht mit der Fundstelle in Beziehung gesetzt werden. Möglicherweise ist ein weiterer Glashüttenstandort älterer Datierung im Osten des Holtdorfer Geheges anzunehmen, hier befinden sich auf der Flurkarte von 1724 des Ortes Bargstedt sowie auf den nachfolgenden Karten von 1781/82 und 1872 zwei Wiesen mit den Flurnamen *Alte Hüttenbachs-Born* und *Lutjen Hüttenbroock* (Karten bei ROHWER 1996).

Auch im 17. Jahrhundert muss im Kirchspiel Nortorf von mindestens einem Glashüttenstandort ausgegangen werden, da in den Jahren 1666 und 1669 der Glasmachermeister Johann Kunckel und 1667 der „*Jungen Gesellen Friedrich Kunckel von der Glashütten*“ im Nortorfer Kirchenbuch erwähnt wird (ROSENBOHM 1957, 107).

6.7.2 Archäologische Forschung

Etwa in der Mitte des Holtdorfer Geheges, nur etwa 100 m vom Köhlereikomplex der Meilerstellen BAR 5 bis BAR 12 entfernt (vergl. Kapitel 6.1.2), befinden sich direkt in der Ecke zwischen dem nördlichen Bachlauf und dem heutigen Hauptfahrweg eine Schlackenhalde sowie eine dünne lockere Streuung von Einzelschlacken im direkten Umkreis. Die Schlackenhalde reicht einige Meter in das Bachbett hinein und ist fast vollständig von Moos überwachsen. Die Schlacken der Halde sowie die Schlacken auf dem umliegenden Waldboden haben eine Größe zwischen wenigen Zentimetern und etwa 15 cm Kantenlänge und weisen eine deutliche Verglasung an der Oberfläche auf. Die Farbe des Glases spielt zwischen schwarz über blau, dunkel- und hellgrün bis fast klar. Andere Bereiche der Schlackebrocken weisen eine fayenceartige, milchig-weiße Versinterung auf. An die Schlacken sind Brocken von Quarzit und vermutlich Flintstein angeschmolzen. Aufgrund der Größe einzelner Schlacken muss nicht nur von Abfällen der Glasherstellung, sondern auch von Teilen einer abgebrochenen Ofenwandung ausgegangen werden. Eine mikroskopische

Untersuchung eines Schlackestückes ergab, dass es fast ausschließlich aus Quarzkristallen unterschiedlicher Größe besteht, jedoch durch ein nicht näher zu bestimmendes Material, eventuell Holzasche, zusammengesintert ist. Es handelt sich bei der untersuchten Schlacke demnach nicht um angeschmolzene Steine, sondern um künstlich hergestelltes und unter Hitzeeinwirkung versintertes Material.

Eine weitere Prospektion der Schlackehalde und der umliegenden Tiergänge im Bereich der lockeren Schlackenstreuung lieferte deutliche Hinweise auf eine ehemalige Glashütte: neben weiteren Schlacken fanden sich einzelne Glastropfen, Glasgalle und Glassplitter aus dunkelgrünem Waldglas. Außerdem wurden Holzkohlen und mehrere Hafbruchstücke gefunden, die in einem Fall einen Glashafen mit einem Bodendurchmesser von etwa 27 cm rekonstruieren lassen. Die Wände des Hafens laufen mit einem Winkel von etwa 120° nach außen und sind damit weniger steil als die Wände der ab dem späten 16. Jahrhundert in Schleswig-Holstein nachgewiesenen Hafformen (Vergleich mit dem unpublizierten Material der von Kruse gegrabenen Glashütten). Das Hafmaterial der Tiegelbruchstücke der Glashütte im Holtdorfer Gehege ist auffallend grobkörnig im Vergleich zu dem barocken Hafmaterial.

Ein auf der Schlackehalde geborgenes Stück versinterte Ofenwandung lässt deutlich eine etwa 5 cm durchmessende Öffnung erkennen. Da aufgrund der Größe eine Arbeitsöffnung zur Glasentnahme ausgeschlossen werden kann, diente die Öffnung möglicherweise für die Anbringung eines Blasebalges. Im Gegensatz zu den in Schleswig-Holstein häufiger vorkommenden barocken Glashütten fehlen die charakteristischen Glasabfälle von Flach- und Hohlglas, die rund um die ehemaligen Öfen sonst zu finden sind. Obwohl für das Gebiet um das Holtdorfer Gehege eine umfangreiche Eisenverhüttung im Hochmittelalter archäologisch und historisch nachgewiesen werden kann, ist eine in die gleiche Zeit datierende Glashütte bisher nicht bekannt gewesen.



Abb. 72: Auswahl des Fundinventars der Glashütte im Holtdorfer Gehege.

Obere Reihe: Hafbruchstücke, untere Reihe: Glastropfen, Glasgalle und Ofenwand mit Öffnung.
Das Flachglasstück stammt aller Wahrscheinlichkeit nicht von der Glashütte, sondern ist deutlich jünger.
Es wurde bei der Ausgrabung der naheliegenden Meilerstelle BAR 8 gefunden.

Im Anschluss an die Einordnung des Fundortes als Glashütte wurde das etwa 20 m mal 30 m messende, freiliegende Areal zwischen Bachlauf, Schlackehalde und Fahrweg geomagnetisch untersucht. Im Geomagnetikbild lassen sich zwei Befunde deutlich erkennen. Der nördliche Befund hat eine hufeisenförmige bis runde Form von ehemals etwa 10 m Durchmesser, und ist von Nordwest nach Südost ausgerichtet. Das nördlich der Glashütte gelegene Bachbett veränderte im Verlaufe der letzten Jahrhunderte mehrfach seinen Lauf, wodurch der nördliche Befund zum Teil erodiert ist. In den versumpften Randbereichen des Baches finden sich vielfach Schlackenbruchstücke und Glasgalle. Der südliche Befund hat eine gestreckte, längliche Form von 3 m mal 8 m (vergl. Abb. 66) und ist Nordost-Südwest ausgerichtet. Er ist, soweit die Geomagnetikbilder diese Aussage zulassen, ungestört.

Im Geomagnetikbild undeutlicher zu erkennen sind einzelne Befunde, die einen weiteren Ofen unter dem Knick parallel zum Fahrweg vermuten lassen, sowie Unregelmäßigkeiten entlang der beschriebenen Befunde, die möglicherweise flache Entwässerungsgräben darstellen.



Abb. 73: Fundort der Glashütte im Holtdorfer Gehege und die Lage nach der deutschen Grundkarte 1: 5000 (1985, 2007).

6.7.3 Holzkohleanalyse und naturwissenschaftliche Datierung

In der Schlackehalde und auf dem Hangstück daneben, welches eine lockere Schlackenstreuung aufweist, fanden sich sehr vereinzelt Holzkohlen. Die zu bergenden Stücke wurden auf Holzart, ehemaligen Durchmesser und andere Wachstumsmerkmale hin untersucht. Es sind ausschließlich Stücke von Buchenholzkohlen erhalten. Viele der Kohlen waren jedoch zu klein, um einen Durchmesser einwandfrei zu bestimmen. Andere Holzkohlen umfassen trotz der geringen Größe, die im Schnitt um 4 mm liegt, mehrere Jahrringe. Kein Holzkohlestück lies sich eindeutig einem Stockausschlag zuordnen, die Tatsache, dass auch geringe Holzdurchmesser einen äußerst engen Jahrringabstand aufweisen, legt die Verwendung von Astholz oder im Aufwuchs gehemmter Bäume nahe. Aufgrund der Durchmesserverteilung

dürfte der Großteil der Holzkohlen von Buchen mit größeren Durchmessern stammen, jedoch ist für eine genauere Aussage die Anzahl der geborgenen Holzkohlestücke mit nur 18 Stücken zu gering.

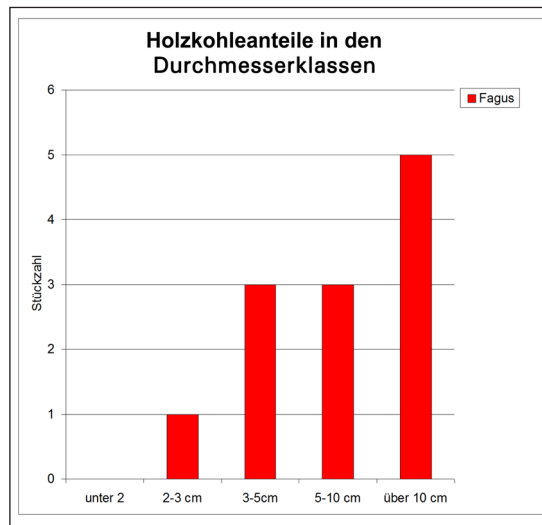


Abb. 74: Holzkohleanalyse der Holzkohlen aus der Schlackenhalde der Glashütte im Holtdorfer Gehege, 18 Stücke.

Zur zeitlichen Einordnung der Glashütte wurde ein Stück der aus dem Hang austretenden Holzkohle im Leibnizinstitut für Isotopenanalyse und Altersbestimmung in Kiel C-14 datiert (KIA 35503). Die Kohle weist ein C-14 Alter von 593 ± 35 Jahren auf, was nach Kalibrierung auf einen wahrscheinlichsten Nutzungszeitraum in der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts schließen lässt.

6.7.4 Interpretation der Befunde

Sowohl die C-14 Datierung als auch die allgemeine Befundsituation, zu nennen seien der Verwitterungs- und Qualitätszustand des Glases sowie die Befunde mehrerer Glasöfen, deuten darauf hin, dass die Glashütte im Holtdorfer Gehege der älteste bisher bekannte Glashüttenstandort in Schleswig-Holstein ist.

Älteste historische Belege für eine Glasherstellung in Schleswig-Holstein sind die Erwähnung eines *vitrifex* (lat.: Glasmacher) in Lübeck um 1250, sowie die etwa zeitgleiche Erwähnung zweier Glashütten bei Eutin (Kreis Plön) und Reinfeld (Kreis Stormarn) (ROSENBOHM 1957, 103).

Der nördliche Befund am Bachbett weist so, wie er sich im Geomagnetikbild darstellt, deutliche Parallelen zu anderen hoch- oder spätmittelalterlichen Glashütten wie der Glashütte an der Steimcke im Bramwald (STEPHAN 1989, 128) oder der Glashütte Volsbach I (LAPPE und MÖBES 1984) auf. Der südliche Befund hat mit seiner rechteckig-länglichen Form ebenfalls Parallelen zu den als Arbeits- oder Kühlöfen interpretierten Befunden der Glashütte Steimcke.

Die Tatsache, dass am Hauptofen keine Annexöfen zu erkennen sind, sondern mindestens zwei Öfen für die verschiedenen benötigten Temperaturbereiche zur Glashütte gehörten, zeigt, dass die im Spätmittelalter greifenden Neuerungen zu Brennstoff sparenden Öfen noch nicht verwendet wurden. Auch das Fundinventar aus der erodierten Uferböschung und der Schlackehalde deutet auf eine auf hochmittelalterlichem Standard arbeitende Glashütte hin. Material, Magerung und Größe der Glashafenfragmente weisen deutlich mehr Parallelen zu den Hafenfragmenten der hochmittelalterlichen Glashütte an der Steimcke im Bramwald auf als zu denen der frühbarocken Glashütten Schleswig-Holsteins. Außerdem ist mit der geringen Anzahl an Glasfunden innerhalb des Glashüttenbefundes ein weiterer Unterschied zu den späteren Anlagen gegeben, die sich durch deutlich mehr Glasbruch auszeichnen. Die Glasarmut von hochmittelalterlichen Glashüttenbefunden wurde auch von Wedepohl und Hartmann (STEPHAN u. a. 1992, 89) im Zusammenhang mit den Ausgrabungen an der Glashütte an der Steimcke angesprochen. Es steht zu vermuten, dass ein Großteil des Glases wieder eingeschmolzen wurde. In den nach 1500 datierenden Glashütten wurde auf das erneute Einschmelzen verzichtet, wodurch die Gefahr der unbeabsichtigten Verunreinigung der Glasschmelze verringert wurde.

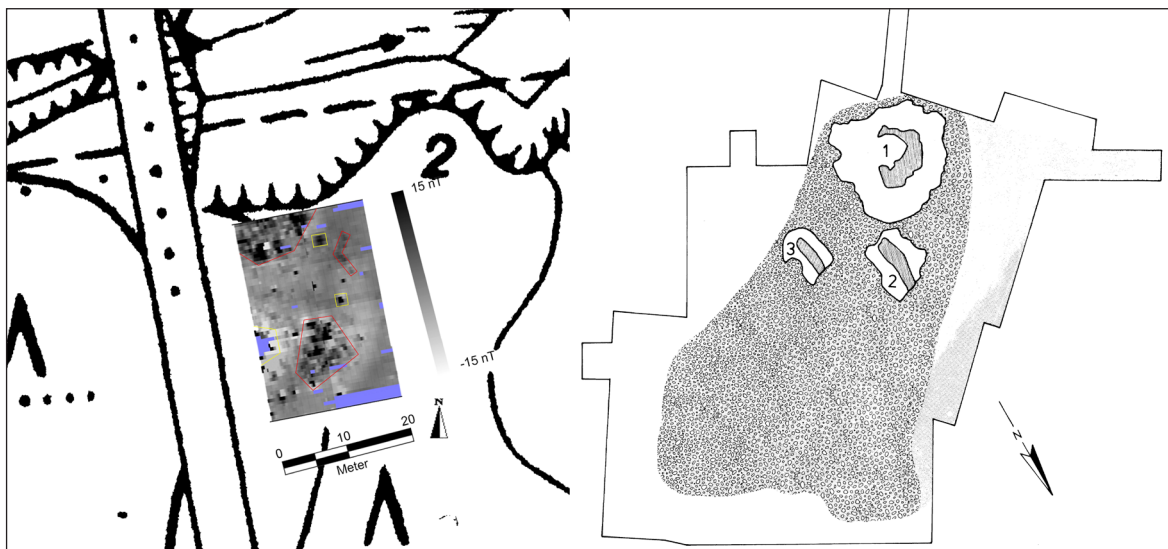


Abb. 75: Geomagnetikbild der Glashütte im Holtdorfer Gehege, projiziert auf die deutsche Grundkarte 1:5000. Im Vergleich dazu die Befundsituation der Glashütte an der Steimcke im Bramwald (STEPHAN 1989, 128).

Das ausschließliche Auftreten der Buche in der Holzkohleprobe zeigt, dass das Wissen über die zur Glasherstellung benötigten Brenn- und Ascheeigenschaften, wie sie sowohl von Theophilus (DODWELL 1961) als auch KUNCKEL (1679) beschrieben wurden, nicht nur für die Glashütten der Mittelgebirgsregionen Geltung hatten, sondern auch in Schleswig-Holstein zur Anwendung kamen. Die weitgehende Übereinstimmung in Befundsituation, Hafenformen und Brennstoffauswahl, sofern sie aus den archäologischen und historischen Quellen fassbar

ist, deutet auf einen weit reichenden Technologietransfer hin, der die mittelalterliche Glashütte im Holtdorfer Gehege mit denen des Mittelgebirgsraumes vergleichbar werden lässt.

Noch ist unklar, welche Produkte in der Glashütte im Holtdorfer Gehege hergestellt wurden. Während Glasabfälle (Pfeifenabschläge und Flachglas), die eine Weiterverarbeitung des Rohglases belegen würden fehlen, deutet das Vorhandensein eines zweiten Ofenbefundes auf mehr als nur eine Rohglasherstellung hin.

Über den Brennstoffverbrauch der Glashütte im Holtdorfer Gehege und über deren Einfluss auf den umgebenden Wald kann beim momentanen Stand der Forschung nur wenig ausgesagt werden. Fest steht allerdings, dass der Hieb von Buchenholz in den benötigten Mengen von 1500 fm bis 3500 fm die nachhaltige Nutzung eines Hoch- oder sogar Hudewaldbestandes weitgehend ausschließt. Für die nachhaltige Produktion dieser Holzmenge müsste ein auf der hohen Geest gelegener, vor Beweidung geschützter Hochwald mit einer Fläche von 300-700 ha in permanenter Nutzung stehen, jedes Jahr müssten, bei einem Holzvorrat von 300 fm/ha bis zu 12 ha Wald vollständig gerodet werden. Aufgrund der noch geteilten Anlage der Öfen ist mit einem noch höheren Holzverbrauch zu rechnen, zumal KUNCKEL (1679, 23) auch für spätere Zeiten einen ungewöhnlich hohen Holzverbrauch in Schleswig-Holsteinischen Glashütten beschreibt.

Dennoch scheint es gewiss, dass es nicht zur vollständigen Vernichtung der Waldflächen im direkten Umfeld der Glashütte kam, da das Gebiet des Holtdorfer Geheges weiterhin mit Bäumen bestanden war, im 16. Jahrhundert eingeforstet wurde und ab dem 15. Jahrhundert mitunter ein Altbestand von Buchen als Holzlieferant für die Köhlerei dienen konnte (vergl. Kapitel 6.1.4). Das Vorkommen von Niederwaldstrukturen, wie sie z. B. in der Meilerstelle BAR 8 eindeutig nachzuweisen sind, deutet jedoch darauf hin, dass das Holtdorfer Gehege im 16. Jahrhundert durch eine lang anhaltende, intensive Waldnutzung geprägt war.

6.8 Glashütte Bollhusen 2 beim Gut Schierensee

6.8.1 Historische Überlieferungen und Flurnamen

In der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts erging ein Aufruf durch den Gottorfer Herzog Adolf an hessische Glasmeister, Glashütten in Schleswig-Holstein zu gründen. Die frühesten Gründungen sind ab 1573 im Amt Gottorf, dem ehemaligen Kreis Rendsburg und dem östlichen Holstein belegt. Im Gebiet des Gutes Neuenhof (heute Deutsch Nienhof, Kreis Rendsburg-Eckernförde) befand sich ab Februar 1598 ebenfalls eine Glashütte, die durch den vermutlich hessischen Glasmachermeister Hans Papir (auch Poppir) betrieben wurde. Aufgrund von Zahlungsschwierigkeiten seitens des Glasmachers gegenüber dem Junker Gosche Rantzau, Erbherr zu Neuenhof, wurden im Juli 1599 die Betriebsumstände der Hütte

unter Zuhilfenahme mehrerer Zeugen notariell dokumentiert, die Originalakten befinden sich in Stadtarchiv Rendsburg (FRANZEN 1973, 122). Die Nennung der Ortsnamen Deutsch Nienhof, Grevenkrug, Blumenthal und Langwedel legt nahe, dass es sich bei der in der Untersuchung behandelten Glashütte um eine Hütte im Waldstück Bollhusen handelt.

Die dokumentierten Zeugenaussagen besagen, dass Papir eine bereits fertig eingerichtet Glashütte mit großem, zum Teil schon geschlagenem Holze übernommen habe. Glasmachergesellen wie Hütte machten einen guten Eindruck, nur hielt Papir seine Gesellen zu kurz und gebe ihnen keinen Lohn, so dass sie nach der Arbeit in den umliegenden Dörfern um Brot betteln gehen mussten. Der Pastor aus Nortorf, Magister Samuel Meier, bestätigte diese Aussage damit, dass die Gesellen in Nortorf selbst oft Glas gegen Brot im Tauschhandel anboten. Allgemein wird die Zahlungsunwilligkeit des Glasmeisters hervorgehoben, viele Fuhrleute erwarteten noch Bezahlung für ihre Holzlieferung, ebenso die Holz verkaufenden Bauern der umliegenden Ortschaften. Ein Zeuge berichtet, er hätte zu verschiedenen Zeitpunkten an die 100 Fuder Holz gespalten bei der Hütte liegen sehen, die Knechte waren in eifriger Arbeit. Papir hingegen begründete seine Zahlungsunfähigkeit mit dem Mangel an Brennholz sowie mit dem Umstand, dass die Hütte zum vereinbarten Betriebsbeginn nicht fertig gestellt war.

Der Notar Johannes Wriedt sah sich mit dem Junker und weiteren Zeugen an der Hütte um und schrieb: *„Ob man wohl angefangen ist dieselben (die Bäume) zu Zählen, so hat man doch wegen großer Menge dasselbe nicht vollenden können. Ich mache mir zwar keinen Zweifel, wenn solche Stämme richtig gezählet würden, es sollte mehr als zu wenig Holz geschlagen sein. Es mag einen Menschen erbarmen, der sieht, wie ein merklicher Schaden in der Hölzung geschehen ist.“*(nach FRANZEN 1973, 124)

Aus den Aussagen der Zeugen und der notariellen Beurteilung des Waldes bei der Hütte geht hervor, dass der Wald, obwohl das Einzugsgebiet über die Ortschaften Grevenkrug, Blumenthal und Langwedel weit ausgedehnt war, stark verwüstet war. Aufgrund der schlechten Betriebsführung wurde die Glashütte 1599 wieder eingestellt.

Im Bereich des Waldstückes Bollhusen weist der Flurname *Olehüttwiesen* auf den Standort einer älteren Glashütte hin - in der Mitte des 17. Jahrhunderts wurden weitere Glashütten im Waldstück Bollhusen und beim Gut Schierensee errichtet (FRANZEN 1973, 125).

6.8.2 Archäologische Forschung

Die Glashütte Bollhusen 2 bei Gut Schierensee wurde 1990-1991 von H. J. Kruse, Kreismuseum Plön, archäologisch untersucht. Die Ergebnisse der Grabung befinden sich noch in Publikation, so dass keine Aussagen über Größe, Fundmaterial und Konzeption der Anlage getroffen werden können. Das Fehlen jeglicher Glassiegelungen legt nahe, dass es sich um eine ältere Hütte handelt, deren Betriebszeitraum um 1600 als wahrscheinlich angenommen

werden kann. Aufgrund dieser Datierung steht zu vermuten, dass es sich bei der Glashütte um die Hütte des Hans Papir handelt.

Der Standort der Glashütte wurde im Frühjahr 2006 erneut begangen, um genauere Aussagen über den Standort der Glashütte treffen zu können und Holzkohle aus den Abraumhaufen zu entnehmen. Das Waldstück Bollhusen ist ein deutlich von Buchen dominierter Waldbestand, in dem je nach Feuchtigkeitsverhältnissen Hainbuchen, Erlen und Eichen eingesprengt sind. Dazwischen befinden sich immer wieder kleine Nadelholzschonungen oder einzelne Nadelbäume unterschiedlichen Alters.

Der Glashüttenstandort befindet sich in flacher Hanglage auf der Ostseite eines schmalen Bachtals, etwa 20 m vom Bachlauf entfernt. Auf den Abraumhaufen sowie auf dem Waldboden im näheren Umfeld weisen zahlreiche Glasscherben auf die ehemalige Flachglasproduktion hin. Das Glas ist deutlich grün gefärbt, in der Glasmasse sind häufig Lufteinschlüsse zu erkennen. Bruchstücke, die der Hohlglasproduktion zuzuordnen sind und verzierende Elemente sind deutlich seltener zu finden. Außer den Glasbruchstücken befinden sich Steine und zusammengebackene Ziegel rund um den Glashüttenstandort, vermutlich Reste des ehemaligen Glasofens. Auch Glasgalle und versinterte Schlacken sind zu finden.

6.8.3 Holzkohleanalyse

Aus den verschiedenen Abraumhaufen konnten insgesamt 24 Holzkohlen geborgen werden, bei denen eine Artbestimmung aufgrund der Größe noch möglich war. Alle Holzkohlen sind der Buche (*Fagus*) zuzuordnen. Die Durchmesseranalyse ergab einen deutlichen Schwerpunkt in der größten Durchmesserklasse über 10 cm. Auf eine Radiocarbonatierung wurde verzichtet, da aus den historischen Überlieferungen die Datierung der Glashütte als gesichert anzunehmen ist.

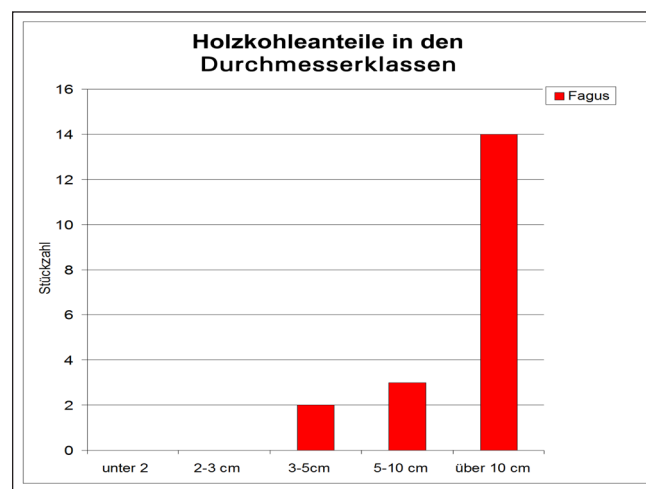


Abb. 76: Durchmesserverteilung der Holzkohlen aus der Glashütte Bollhusen 2. N= 24; 5 Holzkohlen konnten keiner Durchmesserklasse zugeordnet werden. mD= 10,0cm

6.8.4 Interpretation der Befunde

Die Glashütte Bollhusen 2 ist eine der ältesten Glashütten in der frühbarocken Glashüttentradition, die in Schleswig-Holstein über das gesamte 17. und beginnende 18. Jahrhundert nachzuweisen ist. Das Produktionsspektrum der Hütte umfasste vorrangig Flachglas, aber auch Hohlgläser, teilweise mit Verzierungen, wurden auf der Hütte gefertigt. Aus der schriftlichen Überlieferung geht nicht hervor, wie viele Glasöfen die Hütte umfasste, jedoch sind gekoppelte Öfen zum Ende des 16. Jahrhunderts allgemein verbreitet. Da die Aufnahme der archäologischen Befunde nicht zugänglich ist, muss sich die weiterführende Interpretation des Glashüttenstandortes auf die Holzkohleanalyse und die historische Überlieferung stützen.

Die Holzkohleanalyse zeigt deutlich die Bevorzugung von Buchenholz zur Glasherstellung und lässt den Schluss auf die Verwendung von Bäumen mit großen Durchmessern zu, aufgrund der geringen Stückgröße lässt sich jedoch wenig über die verwendeten Wuchsformen der Bäume sagen. Eine Niederwaldwirtschaft ist weitgehend auszuschließen, da die Buche nur geringes Ausschlagvermögen zeigt und somit für diese Waldwirtschaftsform wenig geeignet erscheint.

Die schriftliche Überlieferung vom Gut Schierensee zu den Glashütten des 17. Jahrhunderts lässt ebenfalls Schlüsse bezüglich des Waldbestandes und der Waldwirtschaft durch Glashütten zu. Die von einer anderen Glashütte im Bereich des Gutes Schierensee erhaltenen Vertragsbedingungen beschreiben die für den Glashüttenbetrieb relevante Qualität der 1642 verpachteten Waldflächen (PÖHLS 1956; SARNOW ohne Jahr 68, siehe Anhang 11.3.4). Wie bereits in Kapitel 5.3.5 beschrieben, kann bei der Annahme, es handele sich um einen lichten, ausschließlich mit Buchen bestandenen Hudewald, mit einem Holzverbrauch von minimal 1200 fm pro Jahr gerechnet werden. Hochrechnungen zum Holzbedarf einer Glashütte auf der Grundlage archäologischer und experimenteller Forschung kommen jedoch auf eine bis zu dreimal höhere Holzmasse. Aus diesem Grunde ist damit zu rechnen, dass der verpachtete Wald nicht nur einen reinen Buchenbestand aufwies, sondern außerdem andere Baumarten im Bestand vorhanden waren. Diese wurden ebenfalls verbrannt, zeichneten sich jedoch anders als die Buchen nicht durch besondere Eignung zur Glasherstellung aus. Aus dem zitierten Pachtvertrag geht eindeutig hervor, dass im 17. Jahrhundert keine nachhaltige Nutzung des verpachteten Waldstückes angestrebt wurde, sondern der Wald komplett gerodet werden sollte, um Ackerland zu schaffen.

Im Gegensatz zur Glashütte des Marx Kunckel scheint bei Anlage der Glashütte Bollhusen 2 eine vollständige Rodung des Waldstückes Bollhusen nicht beabsichtigt gewesen zu sein. Dafür spricht zum einen die Erwähnung des „merklichen Schaden in der Hölzung“ (nach FRANZEN 1973, 124). Diese Bemerkung des Notars wäre bei einer beabsichtigten Rodung hinfällig. Außerdem sind Holzlieferungen aus anderen Waldstücken belegbar, so dass sich das Einzugsgebiet der Glashütte nicht auf das Waldstück Bollhusen beschränkte. Bezüglich der praktizierten Waldwirtschaft ist auf Grundlage der zeitgenössischen Aussagen davon

auszugehen, dass trotz der Holzlieferungen umliegender Bauern das Waldstück um die Glashütte stark aufgelichtet, jedoch nicht vollständig gerodet wurde.

Es lässt sich weiterhin belegen, dass im Verlaufe des 17. und 18. Jahrhunderts die Waldfläche durch die Anlage von mindestens 3 Glashütten (bekannt sind Schierensee 1-3 oder Bollhusen 1 und 2 sowie die Glashütte Schierensee) deutlich verringert wurde und kleiner war als heute. Auf der Mejerschen Karte der Region, die 1649 aufgenommen wurde (gedruckt bei DANCKWERTH 1652) erstreckt sich das Waldstück Bollhusen noch von Deutsch Nienhof bis zum Gut Schierensee, hat also ähnliche Ausdehnungen wie heute. Auf der VARENDORFSCHEN Karte (1796) hingegen ist das Waldstück Bollhusen nicht in seiner heutigen Größe verzeichnet. Viele Bereiche des heutigen Waldes waren zum Ende des 18. Jahrhunderts vollständig gerodet, eingekoppelt und unter Ackernutzung, so dass von einer längerfristigen landwirtschaftlichen Nutzung dieser Gebiete ausgegangen werden muss.

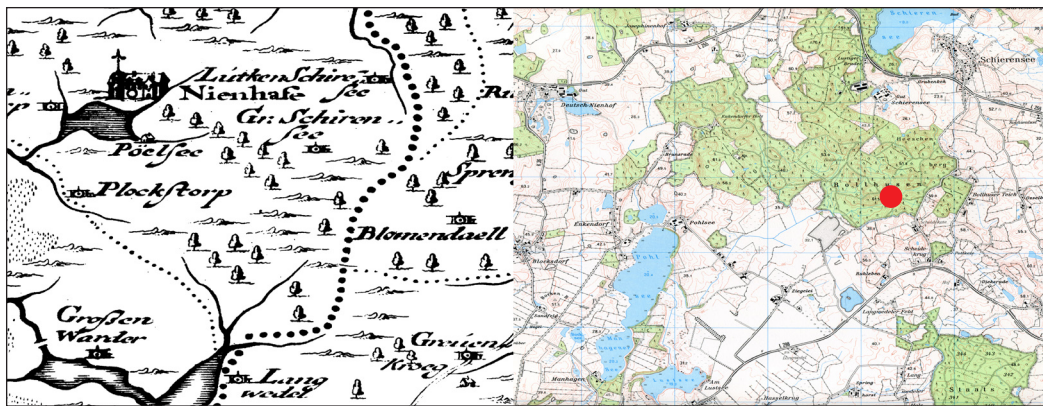


Abb. 77: Die Umgebung des Gutes Schierensee auf der Mejerschen Karte von 1652 (in DANCKWERTH 1652) und der Topographischen Karte 1: 25.000 (2003). Rot eingezeichnet die untersuchte Fundstelle.



Abb. 78: Das Waldstück Bollhusen auf der VARENDORFSCHEN Karte von 1796, rot eingezeichnet der untersuchte Glashüttenstandort.

Trotz dieser deutlich sichtbaren Eingriffe in den Waldbestand im Verlaufe des 17. und 18. Jahrhunderts befand sich der Standort der Glashütte Bollhusen 2 beständig unter Wald, was den Umstand der nicht vollständigen Rodung des Areals unterstreicht. Dennoch muss aus der verfügbaren schriftlichen Überlieferung unzweifelhaft der Schluss gezogen werden, dass beim Betrieb der Glashütte des Glasmeisters Papir wenig auf den sorgsamsten Umgang mit den Holzungen geachtet wurde, sondern dass allein durch das noch reichliche Vorkommen an Buchenholz und den vorzeitigen Abbruch der Glashütte aufgrund der Zahlungsunfähigkeit des Glasmeisters eine weitere Zerstörung des Waldbestandes verhindert wurde. Die Anlage weiterer Glashütten zeigt, dass von Seiten der Grundeigentümer der Schaden, ja sogar die Rodung des Waldes in Kauf genommen wurde, solange nur genug Gewinn abfiel.

6.9 Holzkohle aus dem Mauerwerk des Klosters Bordesholm

Im Jahre 1330 wurde das Augustiner-Chorherrenstift von Neumünster nach Bordesholm verlegt. Am Nordufer des Bordesholmer Sees wurden daher von 1309 bis 1332 auf einer durch Dämme mit dem Festland verbundenen Insel ein neues Stiftgebäude sowie eine Stiftskirche aus Ziegelsteinen und Kalkmörtel erbaut. Kirche und Stiftsgebäude wurden in den nachfolgenden Jahrhunderten mehrfach erweitert und umgebaut, so dass die heute erhaltene Bausubstanz aus einer Vielzahl verschiedener Zeitstellungen stammt. 1566 wurde das Kloster im Zuge der Reformation aufgelöst, danach dienten die Gebäude als Fürstenschule, Amtshaus, Landratsamt, Gauschule und Altersheim. Durch die fortwährenden Baumaßnahmen ist von der ursprünglichen Bebauung des 14. Jahrhunderts nur wenig Material erhalten (BAUCH 1998).

Auch wenn seit 1964 regelmäßig archäologischen Untersuchungen an der Klosteranlage durchgeführt werden, konnten bislang keine Hinweise auf den Ort der Ziegel- und Mörtelherstellung der ersten Bauphasen gefunden werden. Lediglich die erhaltene Bausubstanz selbst gibt Hinweise auf die Brennholznutzung bei der Ziegel- und Brandkalkherstellung. In Mörtel und Wandverputz sind häufig Holzkohlestücke eingeschlossen, die mit Sicherheit von der Herstellung des Brandkalkes herrühren. Die Holzkohlestücke sind zum Teil so groß, dass eine Artbestimmung vorgenommen werden kann.

Bei Abbruch des Westflügels des Altersheimes 1997/1998 wurde ein aus der Zeit der klösterlichen Nutzung stammender Kellerraum freigelegt, aus dessen Mauerresten zwei Mörtelproben verschiedener Bauphasen entnommen werden konnten. Probe A stammt aus einem vermauerten Portal des Kellerraumes und ist damit einer jüngeren Bauphase zuzuordnen. Der Mörtel ist fest, hellgrau und hat nur wenige Stein- oder Sandeinschlüsse. Probe B stammt aus einem Unterbogen des ursprünglicheren Mauerwerks desselben Gebäudeteils. Der Mörtel ist dunkelgrau, stärker mit Sand und Steinen versetzt und wesentlich bruchfester als der Mörtel der Probe A. Die beiden Mörtelproben wurden vorsichtig zerschlagen und die in ihnen befindliche Holzkohle wurde herauspräpariert und analysiert. Im Kalk der Mörtelprobe A sind Birken-, Erlen- und Haselkohlen enthalten, während in Mörtelprobe B Buchen-, Hainbuchen-, Hasel-, Eschen- und Birkenkohle nachgewiesen werden konnten.

Die Ergebnisse der Holzkohleanalyse zeigen, dass das verwendete Holzartenspektrum zum Brennen des Kalkes in den Proben deutlich unterschiedlich ist, auch wenn die untersuchte Holzkohlemenge keine repräsentative Quellenbasis bildet. Um die bevorzugten 100 Stücke pro Probe zu erhalten, hätten weitaus größere Mörtelproben zur Verfügung stehen müssen. Die geringen Stückgrößen machen eine Rekonstruktion der verwendeten Durchmesser und Wuchsformen unmöglich, somit müssen Aussagen über die Beschaffenheit des Waldbestandes rein spekulativ bleiben.

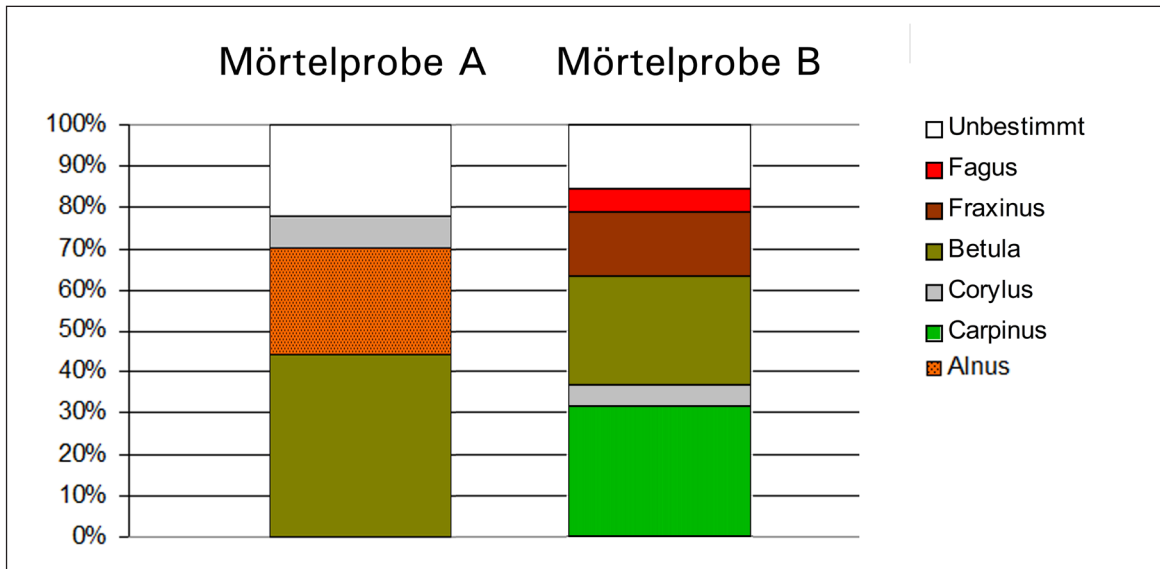


Abb. 79: Holzartenzusammensetzung der Mörtelproben A und B aus dem Kloster Bordesholm. Probe A aus einem zugemauerten Portal, N=27; Probe B aus dem ursprünglichen Mauerwerk, N=19.

Die Holzartenzusammensetzung der älteren Probe B aus dem Fundamentbogen der Mauer deutet auf die Nutzung eines bodenfeuchten Laubwaldes hin, wie er im Östlichen Hügelland Schleswig-Holsteins - auch in der Region um Bordesholm - häufig zu finden ist. In der Mörtelprobe A aus dem zugemauerten Portal dominieren hingegen Holzarten, welche auf die Nutzung eines lichten und feuchten Waldes oder eines Bruch- oder Auenbestandes hindeuten. Auenstandorte finden sich ebenso in der in der Nähe Bordesholms wie Brüche, Sümpfe und Moore, auf denen die nachgewiesenen Holzarten ihren natürlichen Standort hätten.

Da sich weder Einzugsbereich und Standort noch Produktionsumfang und Produktionsdauer der Ziegel- und Kalkbrennerei feststellen lassen, ist es quasi unmöglich, aus der Holzartenzusammensetzung eine Auffichtung des Waldbestandes abzuleiten, auch wenn im älteren Spektrum ein geschlossener, im jüngeren Spektrum ein aufgelichteter Waldbestand zu erkennen ist.

Aus Nordniedersachsen existieren schriftliche Überlieferungen, dass für städtische Ziegel- und Kalkbrennereien jedes Jahr andere Waldstücke zur Nutzung freigegeben wurden, welche im Laufe des Jahres vollständig gerodet wurden, um den Brennstoff für die Baustoffproduktion bereitzustellen (SANDER-BERKE 1995, 1996). Hierbei wurden zum Teil erhebliche Transportwege von den in Nutzung stehenden Waldstücken zur Ziegelei in Kauf genommen. Die Holzkohleanalyse aus den Mörtelproben des Klosters Bordesholm lässt sich auch dahin gehend interpretieren, dass eine ähnliche Praxis für die Ziegelei und Kalkbrennerei im schleswig-holsteinischen Raum verbreitet war.

NebenderFragestellungbezüglichderBrennholzversorgungzurZiegel-undMörtelherstellung bestand in diesem Fall außerdem die Überlegung, ob anhand der Holzkohlestücke in den Mörtelproben die Herkunft des Mörtels festgestellt werden kann. Auslöser dieser Frage war

der Hinweis, dass der Kalk für den Mörtel aus Gotland (Schweden) stammen soll (mündl. Mitt. des Ausgräbers W. Bauch).

Während die jüngeren, in Mörtelprobe A nachzuweisenden Holzarten grundsätzlich alle auf Gotland vorkommen, sind die in der älteren Probe B nachweisbaren Buchen- und Hainbuchen auf Gotland nicht heimisch (RUBNER 1953, 397 u. 431). Es ist demnach davon auszugehen, dass der Kalk, der zur Errichtung des Klosters verwendet wurde, erst in der Nähe des Klosters gebrannt wurde. Der Kalk der Mörtelprobe A kann sowohl auf Gotland als auch in der Nähe des Klosters gebrannt worden sein, denn ein Holzartenspektrum, wie es in der Probe A nachzuweisen ist, ist durchaus auch für weite Gebiete der Flussniederungen in Schleswig-Holstein anzunehmen.

7 Zusammenfassende Rückschlüsse auf die Nachhaltigkeit der Waldwirtschaft

Es ist [...] schon ausgeführt worden, daß die den Wald betreffenden unklaren Besitz- und Nutzungsrechte und ihre Wandlung im Laufe der Zeiten, die sich im wesentlichen zu Ungunsten der Bauern vollzog, den letzteren zu einer waldfeindlichen Stellungnahme veranlaßten. Davon angesehen liegt dem Bauern schon an und für sich eine gewisse Angriffslust gegen den Wald im Blut, die mit der Eigenart des landwirtschaftlichen Berufes in engem Zusammenhang steht. Das nötige Ackerland musste dem Walde abgerungen werden, und war es erschöpft oder wuchs die Bevölkerung, so mußte der Bauer an neue Rodungen denken.

Friedrich MAGER, Entwicklungsgeschichte der Kulturlandschaft des Herzogtums Schleswig in historischer Zeit. Band 1, 1930, 252.

Die einzelnen in dieser Arbeit behandelten Befunde und Befundkomplexe zeigen, dass in Schleswig-Holstein innerhalb des Mittelalters und der frühen Neuzeit unterschiedliche Waldnutzungspraktiken zur Anwendung kamen. Während in einigen Regionen aus der schriftlichen Überlieferung sowie aus den archäologischen Befunden durchaus nachhaltige Praktiken erkennbar sind, zeigen andere Regionen starke Anzeichen der Übernutzung oder sogar der Devastierung.

In der schriftlichen Überlieferung wird vorrangig den Bauern eine waldverwüstende Wirtschaftsweise vorgeworfen. Die archäologisch-anthrakologische Forschung hingegen zeigt, dass die maßgeblicheren und eindeutig im Raubbau geschehenen Eingriffe der landesherrlich initiierten, frühen Industrie zuzuschreiben sind. Die deutlichsten Hinweise auf eine industrielle Übernutzung finden sich im hochmittelalterlichen Eisenverhüttungsrevier Flensburg-Wassersleben. Sowohl in der untersuchten Meilerstelle als auch in den Holzkohlen der Schlackehalde zeigt sich eine überdurchschnittliche Auflichtung des auf der Endmoräne natürlich vorkommenden Buchenwaldes. In der Meilerstelle dominieren Holzkohlen, die auf ein von Lichtgehölzen geprägtes Buschland hindeuten. Neben der deutlich nachzuweisenden Auflichtung ist aus den Kohlen der Meilerstelle außerdem zu erkennen, dass die grundlegenden Techniken, die einen zügigen Wiederausschlag der Gehölze möglich machen würden, nicht beachtet wurden. Das Holz wurde geschlagen, wenn es benötigt wurde, eine produktive Niederwaldwirtschaft scheint nicht angestrebt gewesen zu sein. Es zeichnet sich ab, dass die Nutzung des immer weiter verbuschenden Bestandes im Umfeld der Meilerstelle so lange weiter betrieben wurde, bis der mangelnde Holzvorrat eine weitere industrielle Nutzung des Areals unmöglich machte. Auch wenn für die anderen Bereiche des Kluesries keine Holzkohleproben

vorliegen, deutet allein die Anzahl der nachgewiesenen Verhüttungsplätze auf eine intensive Nutzung des Waldbestandes hin. Inwiefern allerdings die Ergebnisse der Meileruntersuchung bezüglich der Waldzusammensetzung auf den gesamten Kluesries übertragbar sind, kann bei der gegebenen Quellenbasis nicht beantwortet werden. Zur räumlichen Ausweitung der Aussage sind Holzkohleproben aus weiteren Schlackehalden beziehungsweise Meilerstellen notwendig.

Die tief in die Moränenablagerungen eingeschnittenen Bachtäler, der sandreiche, gebleichte Oberboden und die erodierten Hangterrassen lassen vermuten, dass nach der Waldnutzung durch die Eisenindustrie starke Erosionsvorgänge einsetzten. Bekräftigt wird diese Annahme dadurch, dass keinerlei mit der Eisenverhüttung oder der Köhlerei im Zusammenhang stehende Funde von den Hangterrassen der Bachunterläufe bekannt sind, obwohl diese Standorte am Oberlauf der Bäche durchaus aufgesucht wurden und auch in anderen Eisenverhüttungsrevieren beliebte Standorte darstellen (siehe Abb. 60, vergl. JOCKENHÖVEL und WILLMS 2005). Möglicherweise sind die Hangterrassen erst nach der mittelalterlichen Eisenverhüttung durch Erosionsprozesse entstanden. Eine genauere Untersuchung der Hangterrassen sowie eine Beprobung der an der Mündung der Bäche befindlichen Kolluvien könnten die Annahme des starken Oberbodenverlustes im Hochmittelalter bestätigen.

Etwas weniger deutlich ist der übermäßige Holzverbrauch durch die hoch- und spätmittelalterlichen Glashütten nachzuweisen. In der schriftlichen Überlieferung bezüglich der Brennholzversorgung schleswig-holsteinischer Glashütten wird allein die Buche als tauglich erwähnt. Auch die Holzkohleproben belegen, dass nur Buchenholz von älteren Bäumen für den Glashüttenbetrieb zum Einsatz kam, jedoch keine Hölzer, die eine überdurchschnittliche Auflichtung des genutzten Waldareals anzeigen würden. Die Ursache für die vermutlich ausschließliche Nutzung der Buche liegt in den Alkalieigenschaften der Buchenasche sowie in der hohen Flammtemperatur begründet. Andere Holzarten waren oder galten augenscheinlich im ausgehenden Mittelalter als nicht tauglich zum Glasmachereihandwerk (vergleiche Theophilus Presbyter bei DODWELL 1961, 37). Es steht aufgrund des zu rekonstruierenden Holzverbrauches, des anzunehmenden Einzugesgebietes und der nachweisbaren Holz Auswahl zu vermuten, dass vorrangig der Altbestand an Buchen übernutzt wurde, die übrigen Holzarten jedoch überhaupt nicht zum Glashüttenbetrieb herangezogen wurden. Aus diesem Grunde blieben die Wälder um die untersuchten Glashüttenstandorte im Großen und Ganzen erhalten und konnten (wie im Holtdorfer Gehege nachzuweisen) von anderen Großverbrauchern weiter genutzt werden. Anders stellt sich anhand der historischen Quellenlage der Glashüttenbetrieb nach 1600 dar. KUNCKEL (1679, 347) beschreibt in der *Ars vitraria experimentalis* den Gebrauch anderer Holzaschen zur Pottascheherstellung sowie den Gebrauch von leichten Hölzern zum Befeuern der Öfen. Auch aus dem Pachtvertrag von 1642 geht hervor, dass das gesamte Waldareal komplett gerodet werden musste und nur eine Mindestzahl von Buchen zugesichert werden konnte. Die selektive Nutzung älterer Buchen scheint einer Komplettrodung zu weichen. Ob

sich diese Vorgehensweise durch die anthrakologischen Untersuchung jüngerer Glashütten bestätigen lässt, ist noch zu überprüfen.

Eine deutliche Übernutzung beziehungsweise eine die natürliche Verjüngung hemmende Nutzung der Wälder lässt sich auch im Zusammenhang mit der Köhlerei des 17. und 18. Jahrhunderts in den Bereichen des Kisdorfer Wohldes und des Schönberger Zuschlages nachweisen. Die durch die Anthrakologie nachweisbare Verwendung von jungen Stammhölzern lässt sich zum einen dahingehend interpretieren, dass aus Bequemlichkeit vorrangig der Jungwuchs genutzt wurde, zum anderen kann auch eine langfristige Übernutzung des Altbestandes angenommen werden, so dass zum Betriebszeitraum der Meilerstellen nur noch jung nachgewachsene Hölzer zur Verfügung standen. In beiden Fällen jedoch kann die praktizierte Waldwirtschaft als nicht sonderlich nachhaltig bezeichnet werden, da eine natürliche Verjüngung oder Regeneration des Waldes durch die intensive Nutzung von Jungholz weitgehend unterbunden wird. Die Möglichkeit, dass sich in den Holzkohleproben die nachhaltige Nutzung eines Niederwaldes widerspiegelt, in dem zur Erzielung geeigneter Kohlholzsortimente die ausschlagfähigen Arten regelmäßig auf den Stock gesetzt wurden, ist aufgrund der fehlenden Wachstumsmerkmale weitgehend auszuschließen. Vielmehr ist davon auszugehen, dass in den Holzkohleproben das vom Jungwuchs dominierte Waldbild zu erkennen ist, welches in den Holzschätzungen nach den Kriegen des 17. Jahrhunderts und den Berichten über die übermäßige Köhlerei des 18. Jahrhunderts im Kirchspiel Kaltenkirchen beschrieben wird (vergl. Anonymus 1795, Kröger 1990). Grund für die Proteste gegen die Köhlerei war interessanterweise nicht allein der Umstand, dass die Wälder nicht nachhaltig genug bewirtschaftet wurden, sondern vielmehr, dass die Bauern durch den Wohlstand, den ihnen die Köhlerei einbrachte, zum Alkoholismus neigten und die Bürger belästigten.

Von bäuerlicher Seite stellt sich die Nutzung des Kisdorfer Wohldes so dar, dass sie weiterhin ihre Nutzungsrechte durchsetzten, die ihnen durch die jeweils geltenden Forstordnungen im 17. und 18. Jahrhundert entzogen wurden, als der Kisdorfer Wohld zur Forstung wurde. Letztendlich stellt sich die Auflichtung und weitgehende Rodung des Kisdorfer Wohldes als ein mehrere Jahrhunderte währender Prozess heraus. Die letzten großen Rodungen fanden in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts statt, so dass heute nur noch kleinere, unzusammenhängende Waldstücke existent sind (BRÜNING u. a. 1960, 106). Dass die Bauern während der lang andauernden Köhlereinsatzung des Kisdorfer Wohldes und der angrenzenden Gebiete durchaus an der Produktivität des Waldes interessiert waren, zeigt sich durch den Umstand, dass trotz der intensiven Jungholznutzung keinerlei Hinweise auf Waldweide oder übermäßige Auflichtung in den Holzkohleproben des Kisdorfer Wohldes und des Schönberger Zuschlages zu finden sind.

Eine deutlich intensivere landwirtschaftliche Nutzung, die den Nachwuchs des Waldes weit mehr beeinflusst haben dürfte als die intensive Köhlereinsatzung, lässt sich durch die

Holzkohleproben aus den neuzeitlichen Meilerstellen im Riesewohld belegen. Das durch Waldweidezeiger und Lichtgehölze geprägte Holzartenspektrum sowie die noch heute im Riesewohld vorhandenen kopfgeschneitelten Altbäume lassen den Schluss zu, dass der Wald über mehrer Jahrhunderte hinweg beweidet wurde und ältere Bäume im Kopfschneitelbetrieb zur Brenn- und Kohlholzproduktion genutzt wurden. Die Analyse der Jahrringstruktur der Holzkohlen aus der Meilerstelle auf der Flurstelle Kahlbüth bestätigt durch den hohen Anteil an breiten Jahrringen in jungen Wachstumsjahren den regelmäßigen Rückschnitt von Hainbuchen und Haseln. Im Gegensatz zu allen anderen untersuchten Wäldern scheint im Riesewohld die in den Holzordnungen bemängelte Wirtschaftsweise mit Waldweide, Brennholz- und Kohlholzeinschlag auf der gleichen Fläche tatsächlich stattgefunden zu haben. Dennoch lassen sich in den beiden Flurstücken Unterschiede feststellen. Während die Köhler an der Flurstelle *Höll* vorrangig einen vom Weidevieh weitgehend gemiedenen Erlenbruch nutzen konnten, waren die Köhler auf der Flurstelle Kahlbüth allein auf die Verwendung des Hudewaldbestandes angewiesen. Die Verfügbarkeit von Kohlholz bestimmte mit Sicherheit die Produktivität der Köhlereien, die Köhlerei auf dem Flurstück *Höll* weist deutlich größere Meilerstellen und mächtigere Löschebänder auf. Bei beiden Befundgruppen kann eine längerfristige Nutzung ausgeschlossen werden. Die Nutzung der Köhlerstellen dürfte sich nach den physikalischen und archäologischen Datierungsmöglichkeiten auf das ausgehende 18. Jahrhundert beschränken. Eine nachhaltige, auf Kohlholzgewinnung ausgelegte Waldnutzung ist aufgrund der hohen Anteile an Lichtgehölzen und Waldweidezeigern in den Holzkohleproben nicht anzunehmen. Die Nutzung von „unbequemen“ Holzarten wie Schlehe oder Weißdorn deutet auf eine akute Mangelsituation hin, in der jede Form von Holz genutzt wurde. Da beide Köhlereien in den gleichen Zeitraum datieren, muss von einem Mangel an Holzkohle zum Ende des 18. Jahrhunderts ausgegangen werden, der im Bereich des Riesewohldes durch die Neuanlage von Köhlereien, aber auch durch das Aufkommen der Torfköhlerei um 1800 kompensiert wurde. Trotz der auf den Wald einwirkenden Belastung durch Köhlerei und Waldweide ist der Riesewohld stets als Wald erhalten geblieben und wurde nie vollständig gerodet. Bis heute bildet er in vielen Bereichen die Grundlage privater bäuerlicher Waldwirtschaft (Brüning 1960, 72; mündl. Mitteilung. V. Arnold, Juli 2008).

Zwei eindrucksvolle Beispiele intensiver, aber dennoch auf Nachhaltigkeit bedachter Waldnutzung finden sich im Holtdorfer Gehege und in den Wäldern um das Kloster Ahrensböck.

Das im fürstlichen, später zum Großteil im staatlichen Besitz stehende Holtdorfer Gehege diente vom 15. bis zum beginnenden 20. Jahrhundert durchgehend zur Kohlholzgewinnung, wobei nach der Quellenlage ein deutlicher Schwerpunkt im ausgehenden 16. Jahrhundert zu verzeichnen ist. Der aus dieser Zeit schriftlich überlieferte Umfang der Holzkohlelieferungen sowie der durch die archäologische Forschung nachgewiesene Umfang der Köhlerei in dieser Zeit setzt eine maximale Ausnutzung der auf den historischen Karten verzeichneten

Waldbestände voraus. Der Waldbestand setzte sich aus verschiedenen Waldformen zusammen, es lassen sich niederwaldähnliche Nutzungspraktiken ebenso nachweisen wie die Verwendung von alten Buchen und Erlenbeständen. Die Einfriedung des Köhlereiareals sowie die Lage zwischen zwei dauernd wasserführenden Bächen lassen den Schluss zu, dass es sich um eine durch die Landesherrschaft initiierte Anlage handelte, die im Sinne der im 17. Jahrhundert geltenden Forstordnungen so angelegt war, dass sie *an solche Örter gesetzt ... alwo sie denen Hölzungen keinen Schaden thun* (MAGER 1930, 189). Es scheint, als ob das Wachstumsverhalten der genutzten Holzarten gut bekannt war, wurden doch die ausschlagfähigen Hölzer häufig im Niederwaldumtrieb genutzt, die Buchen hingegen erst beim Erreichen größerer Stammdurchmesser gefällt.

Ab dem 18. Jahrhundert sind auf den Flurkarten des Ortes Bargstedt nur wenige Köhlerstellen verzeichnet, so dass von einer deutlich geringeren Holzkohleproduktion im Holtdorfer Gehege ausgegangen werden muss. Wie bei den älteren Meilerstellen im Inneren des Waldes lässt sich auch bei den Meilerstellen des 18. und 19. Jahrhunderts (BAR 1 bis BAR 3, vergl. Ehlers 2006; Kartenmaterial bei Rohwer 1996) eine deutliche Übereinstimmung mit der Platzierung der Meilerstellen und den geltenden Gesetzen feststellen. Die Verlagerung der Meilerstellen an den Waldrand entspricht den Anweisungen in der *Allgemeinen neuen Forst- und Jagdverordnung von 1784*.

Zusammengenommen deuten die hier vorgestellten Hinweise auf eine planvolle, den jeweils geltenden Gesetzen entsprechende Waldnutzung hin, wodurch schon im 16. Jahrhundert trotz intensiver Nutzung einer Übernutzung entgegengewirkt, also eine nachhaltige Waldnutzung angestrebt wurde. Dieses Vorgehen wurde auch in den nachfolgenden Jahrhunderten beibehalten. Tatsächlich zeichnete sich das Holtdorfer Gehege bis zu seiner Teilrodung und Wiederaufforstung nach dem 2. Weltkrieg durch einen reichen Bestand an alten Buchen und Eichen aus (mündl. Mitteilung v. Wenczowski †, Förster des Reviers Mörel, Oktober 2007).

In den Waldungen um Ahrensböck kann nicht nur aufgrund der Holzkohleanalyse, sondern auch aufgrund der zur Verfügung stehenden Schriftquellen ein besonders umsichtiger und nachhaltiger Umgang mit den Holzressourcen im 15. und 16. Jahrhundert nachgewiesen werden. Augenscheinlich griffen die bäuerliche Köhlereiwirtschaft und die klösterliche Verwaltung der Kohlholzschläge gut ineinander, so dass der Wert der Holzungen erhalten blieb. Aus einigen Quellen lässt sich erkennen, dass die Verträge einvernehmlich zwischen Bauern und Kloostervorstehern abgeschlossen wurden, nach Möglichkeit wurden zum Beispiel Nutzungszeiträume verlängert beziehungsweise minderwertige Holzungen im Nachhinein vergünstigt abgegeben (z. B. SHRU 10, 1989, Q 1260, S. 317). Auch wurden erfahrene Köhler als Bürgen für Neuanfänger eingesetzt und von der Klosterverwaltung akzeptiert. Dieses Vorgehen spricht deutlich für ein gegenseitiges Vertrauensverhältnis.

Die nachhaltige und vor allem einvernehmliche Bewirtschaftung der Wälder entspricht in besonderer Weise dem Grundsatz der Ordensregeln der Kartäuser, die handwerklichen und

religiösen Aufgaben im Kosterbesitz entsprechend selbst gewählter Veranlagung personell aufzuteilen. Dabei herrscht die Überzeugung, dass jeder in der Gemeinschaft sein Bestes zu einem gemeinsamen Ganzen beiträgt (Ordensregeln einzusehen auf der Internetseite des Karthäuserordens unter www.chartreux.org, 03.10. 2009).

Die intensive Waldnutzung hatte mit einiger Sicherheit eine Beeinflussung des Baumbestandes und eine Umformung der ursprünglichen Waldformen in Niederwälder zur Folge. Aus den Verträgen ist ersichtlich, dass oftmals einzelne ältere Buchenstämme verkauft wurden, die periodisch genutzten Niederwälder jedoch schlagweise verpachtet wurden und vorrangig mit Erlen- und Hainbuchen bestanden waren.

Da immer wieder die gleichen Personen und Familiennamen in den Verträgen vorkommen, ist davon auszugehen, dass sich eine gewisse Spezialisierung auf den nachhaltigen Niederwaldbetrieb durchsetzte. Die Vertragsbedingungen fanden grundsätzlich Beachtung, sonst wären die Berechtigungen nicht immer wieder an die gleichen Personen vergeben worden. Einzelne Familien betrieben sogar mehrere Holzschläge zur gleichen Zeit, hier muss schon von einem professionalisierten Köhlereigewerbe ausgegangen werden.

Die analysierten Holzkohlen aus der Meilerstelle im Waldstück Köhlen bestätigen auch auf archäologisch-anthrakologischem Weg die schriftliche Überlieferung bezüglich des Köhlereiwesens im Raum Ahrensböök um 1500. Das fast vollständige Fehlen von Buchenholz und die deutliche Dominanz der Hainbuche sprechen für eine langfristige Niederwaldnutzung und dadurch bedingter Ausbreitung der Ausschlaghölzer.

Leider ist aus den historischen Landkarten nicht zu ersehen, wo sich die alten Holzschläge befanden, schon auf den Mejerschen Karten ist die Waldausbreitung sehr ähnlich der heutigen. Vermutlich wurden die Schläge nach der Auflösung des Klosters zum Teil gerodet und in Ackerland überführt. Bis ins beginnende 20. Jahrhundert waren in Ostholstein jedoch noch hainbuchendominierte Niederwälder in Bewirtschaftung (CLAUSEN 1974).

Die Unterschiedlichkeit der vorgestellten Befunde in Zeitstellung, Lage, politischer Zuständigkeit und Holzartenzusammensetzung macht es schwierig, übergreifende Ergebnisse bezüglich der Nachhaltigkeit der Waldnutzung in Mittelalter und früher Neuzeit zu formulieren, jedoch zeichnen sich in allen Befunden Parallelen ab. Auffälligste Parallele ist das fast vollständige Fehlen von Eichenholz in den Holzkohleproben. Obwohl Eichenholz eine gute Kohle gibt, die durchaus in der Eisenverhüttung Verwendung fand (vergl. GLEITSMANN 1881 und DÖRFLER 2000) ist sie in Schleswig-Holstein augenscheinlich kaum zur Holzkohleproduktion verwendet worden. Das gleiche Phänomen konnte SCHIRREN (2007, 248) in seinen Untersuchungen zur Köhlerei in Mecklenburg-Vorpommern nachweisen. Grund hierfür sind sicherlich die Holzeigenschaften der Eiche, die sie als Nutzholz für Schiff- und Hausbau unverzichtbar machte, aber auch die Funktion der Eiche als bedeutendster Fruchtbaum für die Schweinemast. Augenscheinlich wurde die Eiche trotz der noch nicht vorhandenen gesetzlichen Reglementierung in Schleswig-Holstein vom Holztrieb zur

Brennholzbeschaffung verschont. Weniger dauerhafte, aber dennoch harte Hölzer, vorrangig Hainbuche und Buche, aber auch Birke, Erle und Hasel dienten aufgrund ihrer geringeren Nutzwerte eher als Brenn- und Kohlholz. Es scheint demnach eine gezielte Holzauswahl, der erste Schritt zu einer angepassten oder in Ansätzen nachhaltig gedachten Waldwirtschaft, allgemein verbreitet gewesen zu sein.

Eine weitere auffällige Parallele ist, mit Ausnahme des Riesewohldes, das Fehlen von Waldweidezeigern innerhalb der Kohl- und Brennholzsortimente. Der in den frühen Holzordnungen formulierte Vorwurf, die Bauern würden das Holz verhauen und ihre Tiere zur Weide hineintreiben, muss demnach dahingehend differenziert werden, dass eine kombinierte Niederwaldnutzung mit Waldweide in vielen Regionen nicht stattfand, sondern Holzproduktion und Viehweide voneinander getrennt wurden.

Bezüglich des Holzverbrauches zeigt sich, dass in dem Moment, in dem die Nutzung von Waldarealen an einzelne Industriebetriebe vergeben wurde, in den seltensten Fällen eine nachhaltige Nutzung etabliert oder fortgeführt wurde. In wenigen Jahren wurde der zu Verfügung stehende Bestand gerodet bis, wie bei der Glashütte Bollhusen 2, die Obrigkeit einschritt oder, wie bei der Eisenverhüttung in Flensburg Wassersleben, der Holzvorrat vollkommen erschöpft war.

Weitaus langsamer verlief die Rodung von Waldgebieten durch eine intensive landwirtschaftliche Nutzung. Die Rodung des Kisdorfer Wohldes stellt sich als schleichender Prozess heraus, der mehrere Jahrhunderte andauert. Der Unterschied im Umgang mit den Waldungen mag sich durch die grundlegend unterschiedliche Betriebsorganisation von bäuerlichen und frühindustriellen Betrieben erklären. Da die Bauern an ihre Hofstelle lokal gebunden blieben, waren sie auf eine langfristig ausgelegte Brennholzversorgung angewiesen. Auch wenn der Handel mit Holz und das Brennen von Holzkohle kurzfristige Gewinne versprachen, lag es doch in der Natur der Sache, an das Brennholz für den nächsten Winter zu denken. Nicht aus Zufall etablierten sich der Niederwald und der Mittelwald zunächst als bäuerliche Waldnutzungsformen. Anders sieht es in der Versorgungslage frühindustrieller Betriebe aus. Von der Landesherrschaft geduldet oder initiiert wurden für sie vorratsreiche Wälder zur Verfügung gestellt, die binnen einer gesetzten Frist zur Brennstoffversorgung gerodet wurden. Die Nutzungsdauer lag meist bei wenigen Jahren, dann wurde der Betrieb in eine andere Waldung verlegt. Aus dem Pachtvertrag für die Glashütte des Marx Kunckel geht hervor, dass im 17. Jahrhundert vollkommen gerodete Flächen zurückblieben, an der Glashütte Bollhusen 2 sind schwere Flurschäden entstanden, ohne dass der erwirtschaftete Gewinn den Eingriff in den Holzvorrat gerechtfertigt hätte. In beiden Fällen wurden Buchen von hohem Alter in großer Menge verbrannt, so dass eine nachhaltige Nutzung der vorhandenen Bestände unmöglich erscheint. Aus diesem Grund ist auch für die frühen Glashütten, an denen mit einiger Sicherheit keine komplette Rodung der umgebenden Wälder stattgefunden hat, demnach ein starker Eingriff in den Buchenaltbestand anzunehmen.

8 Schlussbetrachtung, Ausblick

*Der wallt hat sich entlawbet
Gen diesem winter kallt,
Meiner freud pin ich werawbet,
Gedencken machen mich allt,
Das ich so lang musz meyden
Dy mir gfallen ist,
Daß schafft der kaffer neyde
Dar zu ir arger list*

*Jr angesicht ausz stetem mut
Erfrewt das hercze mein
Vnd möchte mir widerfaren gut,
so wollt ich frölich sein.
O swarcz vnd grabe varbe,
dar zu stet mir mein syn,
do pey sy mein gedencken sol
wenn ich nicht bey ir bin.*

Locheimer Liederbuch, ca. 1450

Der Untersuchungszeitraum der vorliegenden Arbeit, das späte Mittelalter sowie die frühe Neuzeit, bietet die Möglichkeit, sich der Kernfragestellung zur Nachhaltigkeit der Waldwirtschaft im betreffenden Zeitraum auf unterschiedlichste Weise zu nähern, da auf eine breite Quellenbasis zurückgegriffen werden kann. So finden die überlieferten Schriftquellen zur Waldwirtschaft, seien es Forstordnungen, Pachtverträge oder Verzeichnisse von Holz- oder Holzkohlelieferungen ebenso Beachtung wie die archäologischen Befunde mittelalterlicher und frühneuzeitlicher Waldgewerke. Erst durch die umfassende Durchsicht der schriftlichen Überlieferung und die archäologisch-anthrakologische Untersuchung der im Wald erhaltenen Überreste holzverbrauchender Gewerke kann eine realistische forstgeschichtliche Einschätzung der untersuchten Standorte erfolgen, da beide Quellengattungen vollkommen andere Aspekte der Waldwirtschaft darstellen. Während die Schriftquellen vorrangig Einblick in die von der Landes- oder Grundherrschaft betriebenen Wald- und Forstpolitik zulassen, seltener jedoch den Holzverbrauch eines historischen Gewerbes umreißen, zeigen die anthrakologisch-archäologischen Untersuchungen, welches Artenspektrum und welche Holzdurchmesser des vorhandenen Waldes genutzt wurden. Als dritte Quellengattung stehen historische Landkarten zur Verfügung, die unabhängig von den subjektiven oder politisch motivierten Waldbewertungen die vorhandene Waldfläche darstellen. Werden die drei Aussagen zu einer Synthese zusammengeführt, ist es möglich, Idee und Ausführung, Theorie und Praxis der erfolgten Waldnutzung zu erfassen und gegebenenfalls zu relativieren. Eine alleinige Untersuchung einer Quellengattung würde zu einem weitaus unausgewogeneren Bild führen, wie es sich in dem einleitenden Zitat von Kapitel 7. darstellt.

Um die Aussagemöglichkeiten anthrakologischer Untersuchungen eingrenzen zu können, ist die experimentelle Verkohlung von Holz und nachfolgende Analyse der verbliebenen Holzkohle ein wichtiger Forschungsaspekt, der dringend weiter verfolgt werden muss. Vom real existierenden Waldbild bis hin zur etwa 100 Stücke umfassenden Holzkohleprobe ist der Untersuchungsgegenstand Holz oder Holzkohle mehreren Selektionsprozessen unterzogen, die

auf rein theoretischem Wege nicht verfolgt werden können. Mindestens ebenso wichtig wie die formulierbaren Aussagen sind die Erkenntnisse bezüglich des erfolgten Informationsverlustes im Laufe der Holzkohleherstellung und Weiterverbrennung, um die Methode nicht über Aussagemöglichkeiten hinaus zu beanspruchen. Der experimentelle Verbrauch von Holz und Holzkohle in archäologisch und historisch belegbaren Produktionsverfahren ist außerdem in der Lage, sich der Frage bezüglich des Brennstoffverbrauchs außerhalb der schriftlichen Überlieferung zu nähern. Mit der im Versuch nachvollziehbaren Erforschung der Überlieferungsmöglichkeit verschiedener Produktionstechniken und -praktiken und der Ermittlung einer Größenordnung bezüglich des Einsatzes verschiedener Verbrauchsstoffe ist ein wichtiges Forschungsfeld der experimentellen Archäologie umrissen.

Bislang steht die Forschung bezüglich der Waldbeeinflussung durch Großverbraucher in Schleswig-Holstein noch so weit am Anfang, dass es nur für den Einzelbefund möglich ist, unter Verwendung von anthrakologischen Untersuchungen, historischen Beschreibungen, Auswertung von historischem Kartenmaterial und experimentalarchäologisch gestützten Verbrauchsmodellierungen den lokalen und temporären Einfluss auf den Wald darzustellen; alle weiter reichenden Interpretationen bewegen sich im spekulativen Bereich. Eine umfassendere Darstellung der Waldwirtschaft zur Brennstoffversorgung kann nur durch die Weiterführung der historisch-archäologischen-anthrakologischen Forschung erreicht werden.

Neben den präziseren Aussagemöglichkeiten bezüglich des einzelnen Befundes bietet die interdisziplinäre Forschung mit verschiedenen historischen Quellenmaterialien außerdem die Möglichkeit, bislang unbekannte Standorte der frühen Industrie zu erschließen. Während historische Erwähnungen einzelner Gewerke oder spezifische Flurnamen das Prospektionsgebiet in groben Zügen eingrenzen, kann innerhalb der in Frage kommenden Regionen durch den Vergleich historischer Landkarten die archäologische Überlieferungsmöglichkeit festgestellt werden. Die so noch in Frage kommenden Gebiete sind zur Prospektion geeignet, wobei Erfahrungen in der handwerklichen Praxis historischer Gewerke ein Weiteres dazu beitragen, günstige Standorte im Gelände oder in der Karte vorab zu erkennen und gezielt aufzusuchen. Die Fundorte können je nach Erhaltung und Gewerbe deutlich verschiedene Aussagemöglichkeiten bieten. Während für anthrakologische Untersuchungen aufgrund des hohen Holzkohlevorkommens und der großen Stückgröße aus Meilerstellen fast immer aussagekräftige Holzkohleproben genommen werden können, ist die durch Beprobung verfügbare Menge an Holzkohlen aus Schlackehalden und Glashüttenbefunden sehr gering, so dass Aussagen über die Brennholzwirtschaft zum Betrieb dieser Anlagen nur weit schwieriger getroffen werden können. Aufgrund der bislang nicht bekannten oder untersuchten Fundorte sind die Aussagemöglichkeiten zur Ziegel- und Kalkherstellung noch geringer.

Zur Verbreiterung der Datenbasis bezüglich der Brenn- und Kohlholzwirtschaft wäre es hilfreich, wenn die archäologische Forschung die Aussagemöglichkeit der Holzkohleanalyse weiter nutzt und entsprechende Probenmengen aus den Grabungen zur Bearbeitung bereitstellt. Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, dass der damit verbundene Aufwand durch

den Erkenntnisgewinn durchaus gerechtfertigt ist. Auf lange Sicht wird es bei ausreichender Funddichte möglich sein, die durch die Brennholzwirtschaft verursachte Waldbeeinflussung auch überregional im chronologischen Kontext zu beschreiben.

Auch für die Zeiten vor Einsetzen der schriftlichen Überlieferungen können durch das in dieser Arbeit dargestellte Vorgehen Aussagen zur Waldwirtschaft getroffen werden. Da die Wuchsreaktionen und die Standortansprüche der genutzten Holzarten nicht von den heutigen oder denen des Mittelalters abweichen dürften, sind die Ergebnisse einer reinen Holzkohleanalyse ohne den Abgleich mit schriftlichen Überlieferungen durchaus interpretierbar, jedoch fehlt die Relativierung durch andere Quellengattungen. Dieser Umstand sollte bei der Interpretation stets bedacht werden, um innerhalb der durch die Methode der Anthrakologie begrenzten Aussagemöglichkeiten zu bleiben.

Die Forschungsergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Nutzung von Wäldern und Forsten in Mittelalter und früher Neuzeit regional sehr großen Unterschieden unterworfen war. Neben planvollen und nachhaltig organisierten Waldwirtschaftsformen existierten parallel Wirtschaftsweisen, bei denen wenig Rücksicht auf einen andauernden Waldbestand gelegt wurde. Ein nachhaltiges Handeln mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen scheint nur gegeben gewesen zu sein, wenn ein langfristiges Wirtschaften auf der gleichen Fläche von Nöten war. Hierbei war es nicht nur die Gesetzgebung, die zum nachhaltigen Umgang anhielt, sondern vielmehr der direkte und spürbare Nutzen für den Wirtschaftstreibenden, wie er in den Zinsregistern des Klosters Ahrensböök deutlich wird.

Neben der archäologischen und historischen Aussage dieser Arbeit entsteht mit dem Wissen um historische Forsttechniken und Waldwirtschaftspraktiken ein starker Bezug zur Gegenwart. Unzählige Gehölze, die ähnlich der Niederwaldwirtschaft regelmäßig geschnitten werden – zu nennen seien die Knicks in Schleswig-Holstein, unzählige lärmdämmende Pflanzungen entlang der Hauptverkehrsstraßen und der Buschbesatz vieler Park- und Grünanlagen – werden als weitgehend nährstofffreie Holzschnitzel wieder auf die Beete gebracht, während sie ungehäckselt zur Herstellung qualitativ hochwertiger Holzkohle ein äußerst brauchbares Kohlholz darstellen würden. Anlagen, die Holzhäksel ohne übermäßigen Transport- und Verarbeitungsaufwand zur Energiegewinnung nutzen, sind bis heute eine Seltenheit (eine Anlage existiert in Rixdorf, Kreis Plön).

Bei einer Verkohlungs von anfallenden Hölzern sind die bei der thermischen Zersetzung entstehenden Gase vergleichsweise einfach in der chemischen Industrie weiterverwertbar; Teer, Essigsäure, Terpentin, Acetylen, Wasserstoff und Methylalkohol sind nur einige wenige Stoffe, die schon seit etwa zwei Jahrhunderten als Nebenprodukte der Köhlerei genutzt werden. Es bestehen sogar aktuelle Konzepte, den Grünschnitt von verschiedenen Park- und Landschaftsflächen zu verkohlen, um das entstehende Holzgas zu Wasserstoff zu synthetisieren, um Brennstoffzellen zu betreiben (www.bio-wasserstoff.de, 03.10.2009).

Eine Zusammenarbeit zwischen Stadtverwaltungen, Garten- und Landschaftsbauern und ansässigen Handwerkern könnte so, ähnlich wie es im Kloster Ahrensböök vor 500 Jahren vorgelebt wurde, zur größten Zufriedenheit aller ein Schritt zu einer nachhaltigen, regionalen Energieversorgung sein.

9 Zusammenfassung - Summary

Der Wald diente bis ins 19. Jahrhundert hinein nicht nur als Holzlieferant, sondern auch als Vieh- und Schweineweide. Außerdem wurden vom Mittelalter bis zur industriellen Revolution allein die Wälder zur Energieversorgung der frühen Industrieanlagen genutzt. Der durch ethnographische, historische und experimentelle Untersuchungen zu rekonstruierende Holzbedarf muss so zu einer massiven Umformung des natürlichen Baumbestandes geführt haben. Durch archäologische Untersuchungen an Meilerstellen, Eisenverhüttungsanlagen und Glashütten des Spätmittelalters und der frühen Neuzeit konnten Holzkohlen aus den Befunden geborgen werden, die Aufschluss über Artenzusammensetzung, Holzdurchmesser und Nutzungsform des genutzten Waldes geben. Durch die gleichzeitige Einbeziehung der schriftlichen Überlieferung bezüglich der frühen Industrieanlagen in Schleswig-Holstein wird es möglich, die verschiedenen Waldnutzungsstrategien zu beschreiben.

Für die oft im bäuerlichen Nebengewerbe durchgeführte Köhlerei ist in vielen Waldgebieten eine hainbuchendominierte Niederwaldwirtschaft nachzuweisen, auch feuchte Waldgebiete mit im Umtrieb bewirtschafteten Erlen- und Birkenbeständen wurden genutzt. Die Buche hingegen wurde selten im Umtrieb bewirtschaftet. Eine merkliche Waldaufflichtung, wie sie durch das vermehrte Auftreten von Lichtgehölzen nachweisbar wäre, fand augenscheinlich in den meisten Fällen nicht statt. Nachhaltig bewirtschaftete Mittel- und Niederwälder bilden den Schwerpunkt der bäuerlichen Waldwirtschaft. In nur einem Fall lässt sich belegen, dass Kohlholzproduktion und die den Baumnachwuchs hemmende Viehweide in ein und demselben Gebiet durchgeführt wurden.

Anders sieht es hingegen in den Waldgebieten aus, die unter landesherrschaftlich initizierter industrieller Nutzung standen. Die archäologischen Untersuchungen der hoch- und spätmittelalterlichen Glashütten belegen, dass ausschließlich Buchenholz von Altbeständen zur Glasherstellung genutzt wurde; die schriftliche Überlieferung bestätigt dieses Ergebnis. Bei dem für die Glashütten anzunehmenden Holzbedarf schließt sich eine nachhaltige Nutzung der Waldbestände aus, ab dem 17. Jahrhundert war meist eine Komplettrodung des genutzten Waldes die Folge.

Bei den hochmittelalterlichen Eisenverhüttungsanlagen im Kluesries ist aufgrund der bislang untersuchten Proben ebenfalls eine nicht nachhaltige Nutzung anzunehmen. Die ermittelten Holzkohlespektren deuten auf einen langsam wachsenden, verbuschten Pappel- und Weidenbestand hin, der nicht im Umtrieb bewirtschaftet wurde.

Die Ergebnisse der archäologischen Untersuchungen widersprechen insofern der schriftlichen Überlieferung, als dass in der historischen Forschung meist von einem waldschädigendem Verhalten der Bauern ausgegangen wurde, während sich die Landesherrschaft für den Schutz der Wälder einsetzte.

Summary

Until the 19th century woods and forests were not only used for the support of wood, but also as pasture for cattle and pigs. The early industry also used the woods for energy support, before the use of fossil coal got common. As shown in ethnographical, historical and experimental research, the massive use of fuel transformed the natural woods in different ways. During archaeological research at mediaeval kiln sites, ironworks and glassworks several samples of charcoal were taken for getting information about the used woods species, diameters and the practise of wood management. Simultaneously the historical research on the early industry of Schleswig-Holstein gives more possibilities to describe the influence of the early industry on the forest development.

Charcoal kilns were often used by the local farmers for selling charcoal to towns and early industry sites. In many kiln sites the use of hornbeam coppice-woods can be shown by the historical and archaeological research. Also alder- and birch swamps were in use. Beachwood was not produced in coppice-woods but rather in high-forests. Light-woods as willows and poplar can not be found dominant in any site. Altogether the use of the woods by peasants seems to be intensive but sustainable. The use of fast growing coppice-woods were a common technique. In only one site the production of charcoal besides the wood damaging pasture of animals can be shown in the same area.

The use of woods and forests was completely different, when the industry was entitled by the principals to use the woods. The archaeological and historical research on late mediaeval glassworks shows a massive use of old beaches, which was not sustainable at all. From the 17th century on the woods near the glassworks were often completely cleared.

Also the ironworks had great influence on the forest development. The charcoal from the mediaeval ironworks near Flensburg shows the use of a poplar and willow dominated wood with a small growing rate and small diameters. The techniques of a sustainable coppice-wood usage were not practised in this place. Presumably the ironworks closed down because of the lack of wood.

The results of the archaeological-anthracological investigation are different to the results of the older historical investigation. Most of the historical material describes the non sustainable forest management by the peasants, while the principals try to establish the sustainable forest management during the late middle-ages.

10 Literatur

- Achterberg 1988: H. Achterberg, Holzverkohlungsverfahren: Analyse und Vergleich, Leistung und Kosten. Unpublizierte Diplomarbeit an der Universität Freiburg (Freiburg 1988).
- Adam ohne Jahr: W. Adam, Schwarzes Gold vom Kohlplatz, Mit der trockenen Destillation wird dem Holz Wasser, Holzgeist und –teer entzogen. Badische Zeitung (Freiburg ohne Jahr).
- Af Uhr 1820: C. D. af Uhr: Verkohlung des Holzes (Gießen 1820).
- Agricola 1556: G. Agricola, De re metallica libri XII, zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen, Übertragung der lateinischen Ausgabe von 1556 (Wiesbaden 2006).
- Agricola 1557: G. Agricola, Vom Bergkwerck xii Bücher darin alle Empter/Instrument/ Bezeuge/ unnd alles zu diesem handel/ mitt schönen figuren vorbildert und klärllich beschrieben seindt/ erstlich in Lateinische sprach/ durch den Hochgelerten und Weitberühmpten Herrn Georgium Agricolam/ Doctorn unnd Bürgermeistern der Churfürstlichen statt Kempnitz/ jetzundt aber verteüsch/ durch den Achtparen und Hochgelerten Herrn Philipum Bechium/ Philosophen/ Artzet und in der Loblichen Universitet zu Basel Professorn (Basel 1557).
- Andresen 1797: A. P. Andresen: Berichtigung zu der Nachricht vom Verbrauch der Brennmaterialien in Flensburg. Schleswig-Holsteinische Provinzialberichte 15, Band 2 Heft 6, 1797, 157-158.
- Anonymus 1795: Der gutmeinende Holsteiner, Wahrscheinliche Ursache den geäußerten Volksunruhen in dem Kirchspiel Kaltenkirchen, und unvorgreiflicher Vorschlag, diese tiefliegende Ursache zu heben. Schleswig-Holsteinische Provinzialberichte 9, Band 1, 1795, 279-290.
- Anonymus 1797: Anonymus, Der Statthalter Heinrich Rantzau im sechzehnten Jahrhundert, ein Beförderer der Waldkultur und Urheber der breitenburgischen Nadelholzungen. Schleswig-Holsteinische Provinzialberichte 12, Band 2 Heft 5 1797, 43-50.
- Anonymus 1820: Anonymus, Ueber die Abnahme der Hegebuche in unseren Hölzungen und ihre Ursachen. In: A. Niemann (Hrsg.), Vaterländische Waldberichte nebst Blicken in die allgemeine Wälderkunde und in die Geschichte der Forstwirtschaft, Band 1,2, 1820, 163- 166.
- Anonymus 1821: Anonymus, Uebersicht der in den Herzgthümern Schleswig, Holstein und Lauenburg und in den angränzenden fremden Gebiethen üblichen Fadenmaasse. In: August Niemann (Hrsg.): Vaterländische Waldberichte nebst Blicken in die allgemeine Wälderkunde und in die Geschichte der Forstwirtschaft Band 2,2, 1821, 195- 197
- Arnold 2006: V. Arnold, Alles verkohlt, historische Holzkohleherstellung in Befund und Experiment (Wanderausstellung Albersdorf 2006).
- Asmussen 1912: G. Asmussen, Unsere Knicks. Die Heimat 22,5, 1912, 127-130.
- Averdiek 1957: F. R. Averdiek, Zur Geschichte der Moore und Wälder Holsteins. Ein Beitrag zur Frage der Rekurvenzflächen. Nova Acta Leopoldina N. F. 19, 130, Leipzig 1957.
- Avery und Schmidt 1979: D. H. Avery und P. Schmidt, A Metallurgical Study of the Iron Bloomery, particulary as practiced in Buhaya. Journal of Metals 31, 10, 1979, 17-20.
- Bauch 1998: W. Bauch, Grabungen am ehemaligen Augustiner-Chorherrenstift in Bordsesholm. DenkMal!, Zeitschrift für Denkmalpflege in Schleswig- Holstein 5, 1998, 35-38.
- Behre 1969: K. E. Behre, Der Wert von Holzartenbestimmungen aus vorgeschichtlichen Siedlungen (dargestellt an Beispielen aus Norddeutschland). Neue Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen 4, 1969, 348-358.
- Berg 1830: C. H. E. Freiherr von Berg, Anleitung zum Verkohlen des Holzes: Ein Handbuch für Forstmänner, Hüttenbeamte, Technologen & Cam. (Darmstadt 1830).

- Berg 1860: C. H. E. Freiherr von Berg, Anleitung zum Verkohlen des Holzes: Ein Handbuch für Forstmänner, Hüttenbeamte, Technologen & Cameralisten (Darmstadt 1860).
- Bernhardt 1867: Bernhard (Vorname unbekannt), Die Haubergwirtschaft im Kreise Siegen (Münster 1867).
- Bezborodov 1975: A. Bezborodov, Technologie des mittelalterlichen Glases (Mainz 1975).
- Biringuccio 1540: V. Biringuccio, De la Pirotechnia. A. Carugo (Hrsg.), Reprint der Ausgabe Venedig 1540 (Milano 1977).
- Biringuccio 1540: V. Biringuccio, De la Pirotechnia. Übersetzt und erläutert von O. Johannsen (Braunschweig 1925).
- Böckel 1559: P. Böckel, Beschreibung vom landt zu Dithmars nach aller gelegentz wies koningliche Mn. zu Denemark sampt die Herrn von Holste erübert haben. Anno 1559. Östereichische Nationalbibliothek, Wien.
- Boelter 2001a: A. Boelter, Artikel Bargstedt. In: Schleswig-Holstein Topographie, Städte und Dörfer des Landes Bd. 1 (Flensburg 2001) 195-197.
- Boelter 2001b: A. Boelter, Artikel Brammer. In: Schleswig-Holstein Topographie, Städte und Dörfer des Landes Bd. 2 (Flensburg 2001) 69-71.
- Bracker 1989: J. Bracker (Hrsg.), Die Hanse, Lebenswirklichkeit und Mythos (Hamburg 1989).
- Brämer 2001: U. Brämer, Geschichte und Geschichten vom Kisdorfer-Wohld (Kaltenkirchen 2001).
- Braun und Konold 1998: B. Braun und W. Konhold, Kopfweiden, Kulturgeschichte und Bedeutung der Kopfweiden in Südwestdeutschland. Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg (Karlsruhe 1998).
- Breinl 1998: L. Breinl, eine Vorrichtung zur Pechgewinnung im Kohlenmeiler aus Wackersdorf, Lkr. Schwandorf. Beiträge zur Archäologie in der Oberpfalz 2, 1998, 469-474.
- Brockhaus 1987: Brockhaus Enzyklopädie. Band 3, Bed - Brn, Stichwort „Brennwert“ 19. Auflage (Mannheim 1987) 667.
- Brockhaus 1990: Brockhaus Enzyklopädie. Band 12, Kir-Lag, Stichwort „Klafter“ 19. Auflage (Mannheim 1990) 41.
- Brocksiepe 1976.: H. G. Brocksiepe, Holzverkohlung (Ohne Ort 1976).
- Brüning u. a. 1960: K. Brüning, A. Kühn und W. Witt, Deutscher Planungsatlas Band 3, Planungsatlas Schleswig-Holstein (Bremen 1960).
- Buchin u. Erdmann 1986: K. Buchin und W. Erdmann, Keramiktechnologie und Brennofen. Untersuchungen und Rekonstruktionen zur Töpferei des 13. Jahrhunderts am Koberg zu Lübeck. Lübecker Schriften zur Archäologie und Kulturgeschichte 12, 1986, 41-66.
- Bünting 1693: J. P. Bünting, Sylva Subterranea oder: Vortreffliche Nutzbarkeit des unterirdischen Waldes der Stein-Kohlen/ Wie dieselben von Gott denen Menschen zu gut/ an denenjenigen Orthen/ wo nicht viel Holz wächst/ aus Gnaden verliehen und mit getheilet worden/ auff hoher Patronen Befehl und Curiosität entworfen und zum Druck befördert von Johann Philipp Büntingen (Halle 1693).
- Bunzel-Drücke u. a. 2008: M. Bunzel-Drücke, C. Böhm, P. Finck, G. Kämmer, R. Luick, E. Reisinger, U. Riecken, J. Riedl, M. Scharf und O. Zimball, „Wilde Weiden“, Praxisleitfaden für Ganzjahresbeweidung in Naturschutz und Landschaftsentwicklung (Bad Sassendorf-Lohne 2008).
- Burrichter und Pott 1983: E. Burrichter und R. Pott, Verbreitung und Geschichte der Schneitelwirtschaft mit ihren Zeugnissen in Nordwestdeutschland. Tuexenia 3, 1983, 443-453.
- Burschel und Huss 1987, P. Burschel und J. Huss, Grundriß des Waldbaus (Hamburg, Berlin 1987).
- Carlowitz 1713: H. C. v. Carlowitz, Silvicultura oeconomica ,Anweisung zur wilden Baum-Zucht (Leipzig 1713). Neu hrsg. K. Irmeler und A. Kießling (Freiberg 2000).

- Černa 1996: E. Černa, Die hochmittelalterliche Glaserzeugung im östlichen Teil des Erzgebirges. In: A. Jockenhövel (Hrsg.), Bergbau, Verhüttung und Waldnutzung im Mittelalter: Auswirkungen auf Mensch und Umwelt; Ergebnisse eines internationalen Workshops (Dillenburg 11.-15.-Mai 1994, Wirtschaftshistorischen Museum „Villa Grün“. Vierteljahresschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, Beihefte 121, 1996, 173-180.
- Clausen 1952: O. Clausen, Flurnamen Schleswig-Holsteins (Rendsburg 1952).
- Clausen 1974: W. Clausen, Zur Geschichte und Vegetation ostholsteinischer Stockausschlagwälder. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg 24, 1974.
- Christensen und Rasmussen 1991: K. Christensen und P. Rasmussen, Styning af træer. In: Historisk-Arcæologisk Forsøgscener Lejre (Hrsg.): Eksperimentel Arcæologi Studier i teknologi og kultur Nr. 1, 1991, 23-30.
- Christiansen 1912: A. Christiansen, vom Schleswig-Holsteinischen Kratt und seiner Pflanzenwelt. Die Heimat 22,7, 1912, 173-178.
- Cleere 1971: H. Cleere, Iron Smelting experiments in a reconstructed Roman furnace. Britannia: A Journal of Romano-British and Kindered Studies 2, 1971, 203-217.
- Craddock 1995: P. T. Craddock, Scientific studies in early mining and extractive metallurgy (London 1995).
- Crew 1991: The experimental production of prehistoric bar iron. Journal of the Historical Metallurgy Society 25,1, 1991, 21-36.
- Crew und Salter 1991: P. Crew und C. J. Salter, Comparative Data from Iron Smelting and Smithing Experiments. In: E. Nosek, From Bloom to Knife. Proceedings of the symposium of the UISPP Comité pour la Sidérurgie Ancienne 1991.
- Danckwerth 1652: C. Danckwerth, neue Landesbeschreibung der zwey Herzogthümer Schleswich und Holstein, zusambt vielen dabey gehörigen neuen Landcarten, die von dero Kgl. Maytt. Bestalltem Mathematico Johannes Mejero chorographice elaborirt, durch Casparum Danckwerth zusammen getragen und verfertigt (Husum 1652).
- Danckwerth 1652: C. Danckwerth, neue Landesbeschreibung der zwey Herzogthümer Schleswich und Holstein, zusambt vielen dabey gehörigen neuen Landcarten, die von dero Kgl. Maytt. Bestalltem Mathematico Johannes Mejero chorographice elaborirt, durch Casparum Danckwerth zusammen getragen und verfertigt (Husum 1652). Karten neu hrsg. K. Domeier und M. Haack (Hamburg 1963).
- Dau 1829: J. H. C. Dau, Neues Handbuch über den Torf und dessen Natur, Entstehung und Wiederzeugung (Leipzig 1829).
- Deforce und Haneca 2008: K. Deforce und K. Haneca, Treering analysis of archaeological Charcoal: A tool to identify past woodland management? In: F. Damblon und M. Court-Picon, 4th International Meeting of Anthracology, Programme and Abstracts. Geological Survey of Belgium Professional Papers 303, 2008/1.
- Dengler 1935: A. Dengler, Waldbau auf ökologischer Grundlage. 2. Aufl. (Berlin 1935).
- Denz 1910: F. Denz, Die Holzverkohlung und der Köhlereibetrieb (Wien 1910).
- Deutsche Grundkarte 1960, 2006: Deutsche Grundkarte 1:5000, Blatt Wassersleben. Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein (Kiel 1960, Nachträge 2006).
- Deutsche Grundkarte 1967, 2006: Deutsche Grundkarte 1:5000, Blatt Riesewohld. Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein (Kiel 1967, Nachträge 2006).
- Deutsche Grundkarte 1968, 2004: Deutsche Grundkarte 1:5000, Blätter Köhlen und Dunkelsdorf. Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein (Kiel 1968, Nachträge 2004).
- Deutsche Grundkarte 1985, 2007: Deutsche Grundkarte 1:5000, Blatt Bargstedt-Forsthaus. Landesvermessungsamt, Schleswig-Holstein (Kiel 1985, Nachträge 2007).

- Deutsche Grundkarte 1989, 2005: Deutsche Grundkarte 1:5000, Blatt Wentorf. Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein (Kiel 1989, Nachträge 2005).
- Deutscher Wetterdienst 1967: Deutscher Wetterdienst, Klima- Atlas von Schleswig-Holstein, Hamburg und Bremen (Offenbach/Main 1967).
- Dodwell 1961: C. R. Dodwell, Theophilus, De deuersis Artibus, The Various Arts. Translated from Latin with Introduction and Notes (Edinburgh, Paris, Melbourne, Toronto, New-York 1961).
- Dörfler 1988: W. Dörfler, Einige Aspekte zur Anwendung der Pollenanalyse in der Ur- und Frühgeschichtsforschung. Archäologische Informationen. Mitteilungen zur Ur- und Frühgeschichte 11,1, 1988, 32-38.
- Dörfler 2000: W. Dörfler, Palynologische Untersuchungen zur Vegetations- und Landschaftsentwicklung von Joldelund, Kr. Nordfriesland. In: A. Haffner, H. Jöns und J. Reichstein (Hrsg.): Frühe Eisengewinnung in Joldelund, Kr. Nordfriesland. Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 59, (Bonn 2000) 217-262.
- Dörfler und Wiethold 2000: W. Dörfler und J. Wiethold, Holzkohlen aus den Herdgruben von Rennfeueröfen und Siedlungsbefunden des spätkaiserzeitlichen Eisengewinnungs- und Siedlungsplatzes am Kammberg bei Joldelund, Kr. Nordfriesland. In: A. Haffner, H. Jöns und J. Reichstein (Hrsg.), Frühe Eisengewinnung in Joldelund, Kr. Nordfriesland, ein Beitrag zur Siedlungs- und Technikgeschichte Schleswig-Holsteins. Teil 2, Naturwissenschaftliche Untersuchungen zur Metallurgie- und Vegetationsgeschichte. In: Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 59 (Bonn 2000) 217-262.
- Dornbusch 1990: R. Dornbusch, Chronik Melsdorf, von einer Ortschaft im Gutsbezirk Quarnbek zur selbständigen Gemeinde (Melsdorf 1990).
- DuHamel du Monceau 1762: H. L. DuHamel du Monceau, Die Kunst des Kohlenbrennens oder die Art und Weise, aus Holz Kohlen zu machen (Berlin, Stettin, Leipzig 1762).
- DuHamel du Monceau 1766: H. L. DuHamel du Monceau, Von Fällung der Wälder und gehörige Anwendung des gefällten Holzes (Nürnberg 1766/67).
- Du Plath 1804-1805: H. du Plath, Karte des Herzogthums Schleswig in XIV Blätter im Jahre 1804 u. 1805 von H. du Plath, Pr. Lieutenant im Cron Pritzen Regiment zusammengetragen und gezeichnet mit Hülfe der Lieutenants Ferd. Bauditz, Fr. Wilster und Tauenzien. Neu aufgelegt in acht Teilkarten im Maßstab 1:100.000, herausgegeben vom Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein (Kiel 1983).
- Ehlers 2006: Y Ehlers, Ermittlung der historischen Waldzusammensetzung des Barloher Forstes bei Bargstedt mittels Holzkohleanalyse. Unpublizierte Forschungsarbeit am Ökologiezentrum der CAU Kiel unter Betreuung von O. Nelle (Kiel 2006).
- Ellenberg 1996: H. Ellenberg, Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen, 5. Aufl. (Stuttgart 1996).
- Emrich 1985: W. Emrich: Handbook of Charcoal Making (Dordrecht, Boston, Lancaster 1985).
- Endres 1888: Die Waldbenutzung vom 13. bis Ende des 18. Jahrhunderts (Tübingen 1888).
- Englert 1997: A. Englert, Das neuzeitliche Wrack aus dem Hedwigskoog, Kr. Dithmarschen (Bonn 1997).
- Englund 1991: L. E. Englund, Early Ironmaking in Kind. Materialy Archeologiczne 26, 1991, 35-40.
- Erdmann 1986: W. Erdmann: Die Christopherus-Scheibe aus der Kloake der Fronerei auf dem Schrangeng und spätmittelalterliche Hausverglasungen in Lübeck. Lübecker Schriften zur Archäologie und Kulturgeschichte 12, 1986, 205-228.
- Ernst 1966: F. J. Ernst, Die Vorgeschichtliche Eisengewinnung. Mitteilungen des Bezirksfach-ausschusses für Ur- und Frühgeschichte (Neubrandenburg) 14, 1966.
- Florinus 1705: F. P. Florinus: Francisci Philippi Florini prudens et legalis oder: Allgemeiner klug- und Rechtsverständiger grosser Herren Stands und Adelicher Haus-Vatter/ mit rechtlichen Anmerkungen versehen durch Johan Christoph Donauern (Nürnberg, Frankfurt, Leipzig 1705).

- Franzen 1973: M. Franzen, Werden und Vergehen einer Glashütte auf Deutsch-Nienhofer Gebiet im 16. Jahrhundert. Rendsburger Jahrbuch 23, 1973, 122-125.
- Forstamt des Stadtwaldes Lübeck 2004: Forstamt des Stadtwaldes Lübeck (Hrsg.), Naturnahe Waldnutzung des Stadtwaldes Lübeck (Lübeck 2004).
- Freise 1908: F. Freise, Geschichte der Bergbau- und Hüttentechnik (Berlin 1908).
- Freese 1576: D. Freese, Abriß des streitigen Ortes Sirksfelde (Lüneburg 1576) Schleswig-Holsteinisches Landesarchiv Schleswig.
- Freese 1577: D. Freese, Karte der Duvenseer Feldmark (Lüneburg 1577) Schleswig-Holsteinisches Landesarchiv Schleswig.
- Freese 1588: D. Freese, Pinneberger Landtafel 1588, Schloss Bückeberg.
- Freese 1602: D. Freese, Karte der Grafschaft Schowenborch (Lüneburg? 1602). Staatsarchiv Hamburg.
- Fritz 1952: Zur Entstehung des Niederwaldes. Holzkohleuntersuchung der Le Tène-Zeit aus dem Giebelwald. Blätter des Siegerländer Heimatvereins 29,3, 1952, 78-80.
- Frommer und Kottmann 2004: S. Frommer und A. Kottmann, Die Glashütte Glaswasen im Schönbruch. Tübinger Forschungen zur historischen Archäologie (Büchenbach 2004).
- Garbers 1990: H. V. Garbers, Experimentelle Eisenverhüttung oder der Versuch, den alten Schmelzern auf die Schliche zu kommen. Experimentelle Archäologie Bilanz Beiheft 4, 1990, Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, 1990, 394-404.
- Gayer 1919: K. Gayer, Die Forstbenutzung (Berlin 1919).
- Geertz 1850: Karte vom Kriegsschauplatz in Schleswig. Vier Blätter (Rendsburg 1850) Reprint vom Landesvermessungsamt Schleswig Holstein (Kiel 1978-1981).
- Geilmann 1955: W. Geilmann, Die chemische Zusammensetzung einiger alter Gläser, insbesondere deutscher Gläser des 10. bis 18. Jahrhunderts. Glastechnische Berichte 4, 1955, 146.
- Gilles 1957: J. W. Gilles, Versuchsschmelze in einem vorgeschichtlichen Rennofen. In: Unser Werk, Werkszeitschrift der Hüttenwerke Siegerland AG 12, 1957, 278-281.
- Gilles 1958a: J. W. Gilles, Vorgeschichtliche Eisengewinnung. Siegerland 35, 1958, 1, 1-4.
- Gilles 1958b: J. W. Gilles, Versuchsschmelze in einem vorgeschichtlichen Rennofen. Stahl und Eisen 78, 1958, 1650-1655.
- Gläser 1988: M. Gläser, Die Lübecker Backsteinchronologie. Lübecker Schriften zur Archäologie und Kulturgeschichte 17, 1988, 210-212.
- Gleitsmann 1981: R. J. Gleitsmann, Aspekte der Ressourcenproblematik aus historischer Sicht. Scripta Mercaturae 2/1981, 33-90.
- Gleitsmann 1982: R. J. Gleitsmann, Die Haubergwirtschaft des Siegerlandes als Beispiel für ressourcenschonende Kreislaufwirtschaft. Scripta Mercaturae 1/1982, 21-54.
- GTZ-SEP o. J.: Special Energy Programme Kenya (ohne Ort, ohne Jahr).
- Günther 1798, S. Günther, Über die Beförderung des Anbaus der Akazie (*Robinia pseudo-acacia* L.) im nördlichen Deutschland. Schleswig-Holsteinische Provinzialberichte 12, 1798, Band 1 Heft 2, 161-171.
- Haffner u. a. 2000: A. Haffner, H. Jöns, J. Reichstein (Hrsg.), frühe Eisengewinnung in Joldelund, Kr. Nordfriesland. Ein Beitrag zur Siedlungs- und Technikgeschichte Schleswig-Holsteins Teil 2. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 59 (Bonn 2000).
- Hamm 1896: J. Hamm, der Ausschlagwald (Berlin 1896).
- Hammersley 1973: G. Hammersley, The Charcoal Iron Industry and its Fuel, 1540-1750. Economic History Review 26, 593-613.
- Härdtle 1995: W. Härdtle, Vegetation und Standort der Laubwaldgesellschaften (*Quercus Fageta*) im nördlichen Schleswig-Holstein (Kiel 1995).

- Hase 1953: W. Hase, Waldeigentum und Forstaufsicht in Schleswig-Holstein. Mitteilungen der Bundesanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (Reinbek bei Hamburg 31, 1953).
- Hase 1997: W. Hase, Wald- und Forstgeschichte Schleswig-Holsteins (Eutin 1997).
- Heering 1906: W. Heering, Bäume und Wälder Schleswig-Holsteins: ein Beitrag zur Natur- und Kulturgeschichte der Provinz. Schriften des naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein 13 (Kiel 1906).
- Henkes 1994: H. Henkes, Glas zonder glanz. Vijf eeuwen gebruiksglas uit de bodem von de Lage Landen 1300-1800. Rotterdam Papers 9, 1994, 157-161.
- Hillebrecht 1982: M.-L. Hillebrecht, Die Relikte der Holzkohlewirtschaft als Indikatoren für Waldnutzung und Waldentwicklung. Göttinger geographische Abhandlungen 79 (Göttingen 1982).
- Hillmer 1999: R. Hillmer, Köhler in der Lüneburger Heide. Beiträge zur Kulturgeschichte der Lüneburger Heide 2 (Suderburg 1999).
- Hingst 1951/1952: H. Hingst, Siedlung und Eisengewinnung auf dem Neumünsteraner Sander in vorgeschichtlicher Zeit. Hammaburg 3, Heft 7-8, 1951-1952, 191-205.
- Hingst 1952: H. Hingst, Die vorgeschichtliche Eisengewinnung in Schleswig-Holstein. Offa 11, 1952, 28-37.
- Hingst 1969: H. Hingst, ein Eisenverhüttungsrevier im Staatsforst Flensburg. In: H. H. Otto und J. Hermann (Ed.), Siedlung, Burg und Stadt, Festschrift für P. Grimm, Berlin 1969, 423-437.
- Hingst 1971: H. Hingst, Ein mittelalterliches Eisenverhüttungsgebiet in Mittelholstein. Offa 28, 1971, 137-138.
- Hingst 1974: H. Hingst, Mittelalterliche Eisenverhüttungsanlagen aus dem Handewitt, Kr. Schleswig-Flensburg. Offa 31, 1974, 152-153.
- Hingst 1976: H. Hingst, Vor- und frühgeschichtliche Eisenverhüttung in Schleswig-Holstein. Die Heimat 83, Heft 4-5, 1976, 117-121.
- Hingst 1991: H. Hingst, Siedlung und Eisenverhüttungsanlagen im Bereich der Autobahn bei Handewitt, Kreis Schleswig-Flensburg. Offa 48, 1991, 75-100.
- Hirsch 1904: F. Hirsch, Geschichte der St. Petri Ziegelei in Lübeck. Zeitschrift des Vereins für Lübecker Geschichte und Altertumskunde 9,1, 1904, 20-34.
- Hobe 1805: J. H. von Hobe, Freymüthige Gedanken über verschiedene Fehler bey dem Forsthaushalt, insbesondere über die Viehude in den Holzungen, deren Abstellung und Einschränkung (Thal-Ehrenbreitstein 1805).
- Hohberg 1682: W. H. von Hohberg, Georgica curiosa (Nürnberg 1682).
- Hölk 1908: E. Hölk, Die Bewaldung Schleswig-Holsteins einst und jetzt. Vereinsblatt des Heidekulturvereins für Schleswig-Holsteins 36, 1908, 4-9.
- Holsten u. a. 1991: H. Holsten, M. Lund, A. Moser und F. Nikulka, Holzkohlegewinnung im Experiment, Experimentelle Archäologie Bilanz 1991, Beiheft 6, Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland 1991, 365-391.
- Holsten und Nikulka 1990: H. Holsten und F. Nikulka, Eisenerzverhüttung als Forschungsprojekt: Planung, Durchführung, Auswertung. Experimentelle Archäologie Bilanz 1990, Beiheft 5, Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland 1990, 379-404.
- Hoops 1905: J. Hoops, Waldbäume und Kulturpflanzen im germanischen Altertum (Straßburg 1905).
- Horne 1982a: L. Horne, Fuel for the Metalworker. Expedition: the magazine of archaeology and anthropology (Philadelphia 1982).
- Horne 1982b: L. Horne, The Demand for Fuel: Ecological Implications of Socioeconomic Change. In: B. Spooner und H. S. Mann (Hrsg.), Desertification and Development (London 1982).
- HUG 2007: HUG-Seviceleistungen, Technische Tabellen, Ausländische und alte Maßeinheiten. Einsehbar unter: www.hug-technik.com/inhalt/ta/sondereinheiten.htm, 28.06.2007.

- Jankuhn 1955: H. Jankuhn, Methoden und Probleme siedlungsarchäologischer Forschung. *Archaeologica Geographica* 4, 1955, 73-84.
- Jockenhövel 1996a: A. Jockenhövel, Untersuchungen zur mittelalterlichen Eisengewinnung an Lahn und Dill: Das Diezhölzetal-Projekt. In: A. Jockenhövel (Hrsg.), *Bergbau, Verhüttung und Waldnutzung im Mittelalter, Auswirkungen auf Mensch und Umwelt; Ergebnisse eines internationalen Workshops Dillenburg 11.-15- Mai 1994, Wirtschaftshistorischen Museum „Villa Grün“*. Vierteljahresschrift zur Sozial- und Wirtschaftsgeschichte Beihefte 121, 1996, 12-29.
- Jockenhövel 1996b: A. Jockenhövel (Hrsg.), *Bergbau, Verhüttung und Waldnutzung im Mittelalter, Auswirkungen auf Mensch und Umwelt; Ergebnisse eines internationalen Workshops (Dillenburg 11.-15- Mai 1994, Wirtschaftshistorischen Museum „Villa Grün“*. Vierteljahresschrift zur Sozial- und Wirtschaftsgeschichte Beihefte 121, 1996.
- Jockenhövel und Willms 1993: Auf den Spuren alter Eisenhüttenleute an der oberen Dill. *Archäologische Denkmäler in Hessen* 112, 1993, 100-127.
- Jockenhövel und Willms 2005. A. Jockenhövel and Ch. Willms, Das Diezhölzetal-Projekt. *Münstersche Beiträge zur ur- und frühgeschichtlichen Archäologie* 1 (Leidorf 2005).
- Johannsen 1941: O. Johannsen, *Peder Manssons Schriften über technische Chemie und Hüttenwesen: eine Quelle zur Geschichte der Technik des Mittelalters*. Übersetzt und Herausgegeben von O. Johannsen (Berlin 1941).
- Johannsen 1953, O. Johannsen, *Geschichte des Eisens* (Düsseldorf 1953).
- Jöns 1992-1993: H. Jöns, Zur Eisenverhüttung in Schleswig-Holstein in Vor- und frühgeschichtlicher Zeit. *Offa* 49/50, 1992-1993, 41-53.
- Jöns 1997: H. Jöns, Frühe Eisengewinnung in Joldelund, Kr. Nordfriesland. Ein Beitrag zur Siedlungs- und Technikgeschichte Schleswig-Holsteins. Teil 1, Einführung, Naturraum, Prospektionsmethoden und archäologische Untersuchungen. *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie* 40 (Bonn 1997).
- Jordanus 1559: M. Jordanus, *Ein kunstlick Calendarium up alle thokumpstige Jahre denstlick./ Darinne alle Festdage./ Der Sünnen gradt und Gülden tall etc. vortekent*. Karte des Marcus Jordanus über die Herzogtümer Schleswig und Holstein aus dem Jahre 1559. Reprint Herausgegeben vom Landesvermessungsamt Schleswig Holstein mit einem Begleitheft von K. Reumann (Kiel 1988).
- Juleff 1996: G. Juleff, An ancient wind powered iron smelting technology in Sri Lanka. 60-62.
- Kamphausen 1983: A. Kamphausen, *Das Schleswig-Holsteinische Freilichtmuseum, Häuser und Hausgeschichten* (Neumünster 1983). *Nature* 379, 1996,
- Karsten 1832: C. J. B. Bernhard, *System der Metallurgie, Band III* (Berlin 1832).
- Kirn 1831. H. Kirn, Über die Flammenfeuerung bei Anwendung von Holz zu den Glasöfen. *Archiv für Mineralogie* 3, 1831, 203-209.
- Kleinschmied 2007: H. Kleinschmidt, *Menschen im Wald. Waldnutzungen vom Mittelalter bis heute in Bildern* (Husum 2007).
- Klein 1836: F. Klein, *Ueber Verkohlung des Holzes in stehenden Meilern* (Gotha 1836).
- Klemm u. a. 2007: S. Klemm, O. Nelle, M. Grabner, D. Geihofer und E. Schnepf: *Interdisziplinäre Untersuchungen von Kohlstätten aus Mittelalter und Neuzeit in der Eisenerzer Ramsau, Steiermark*. *Archaeologia Austriaca* 89, 2005, 269–329.
- Kluge 1999: F. Kluge, *Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache*, 23. Aufl. (Berlin 1999).
- Kramer 1988: H. Kramer, *Waldwachstumslehre* (Berlin 1988).

- Kröger 1990: E. Kröger, Die Köhlerei als Existenzgrundlage der Hufner und Insten im Kirchspiel Kaltenkirchen. Heimatkundlichen Jahrbuch für den Kreis Segeberg 1990, 49-71.
- Krasa 1931: O. Krasa, Frühgeschichtliche und mittelalterliche Eisenschmelzen im Siegerland. Siegerland 13, 1931, 49-55.
- Krause 1976: A. Krause, Artenbestimmung an Holzkohlen aus dem Stahlhainer Grund (Hintertaunus). Natur und Museum 106, 1976, 45-47.
- Krimm 1982: S. Krimm, Die mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Glashütten im Spessart. Studien zur Geschichte des Spessarts 1, 1982.
- Kruse 1992: H.-J. Kruse, Holsteinische Glassiegel. Plöner Glasforschungen 1, Plön 1992.
- Küster 1996: H. J. Küster, Sieben Phasen der Nutzung mitteleuropäischer Wälder. Alt Thüringen 30, 1996, 55-68.
- Kunckel 1679: J. Kunckel von Löwenstein, *Ars vitraria experimentalis* oder hervorragende Glasmacherkunst (Leipzig 1679).
- Kurzmann 2003: P. Kurzmann, Technologie des mittelalterlichen Glases, Archäologie-Schriftquellen-Archäochemie-Experimente. Dissertation an der Universität Tübingen, (Tübingen 2003).
- Labes und Sommer 1995: S. Labes und U. Sommer, Wald und Mensch Bützow 1995.
- Lammers 1996: D. Lammers, Überlegungen zur Kapazität mittelalterlicher Verhüttung im Dill/Diezhölze-Revier am Beispiel des Rennofenstabdortes B88. In: A. Jockenhövel (Hrsg.) Verhüttung und Waldnutzung im Mittelalter: Auswirkungen auf Mensch und Umwelt; Ergebnisse eines internationalen Workshops, Dillenburg 11.-15. Mai 1994, Wirtschaftshistorischen Museum „Villa Grün“. Vierteljahresschrift zur Sozial- und Wirtschaftsgeschichte 121, 1996, 51-57.
- Lang 1984: W. Lang, Spätmittelalterliche Glasproduktion im Nassachtal, Gemeinde Uhingen, Kreis Göppingen. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1984, 259-262.
- Lang 1985: W. Lang, Spätmittelalterliche Glashütte im Nassachtal, Gemeinde Uhingen, Kreis Göppingen. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1985, 264- 267.
- Lang 2001: W. Lang, Spätmittelalterliche Glasproduktion im Nassachtal, Uhingen, Kreis Göttingen. Materialhefte zur Archäologie in Baden-Württemberg 59, (Stuttgart 2001).
- Lappe und Möbes 1984: U. Lappe und G. Möbes, Glashütten im Eichsfeld. Alt Thüringen 20, 1984, 207-232.
- Laur 1992: W. Laur, Historisches Ortsnamenlexikon von Schleswig-Holstein. 2. Auflage (Neumünster 1992).
- Lauro 1797, C. P. Lauro, Ueber den Verbrauch des Brennmaterials der Stadt Flensburg. Schleswig-Holsteinische Provinzialberichte 15, Band 2 Heft 5, 1797, 23-28.
- Leiber 1983: C. Leiber: Eine hoch- bis spätmittelalterliche Glashütte bei Grünenplan, Landkreis Holzminden, Vorbericht über die Grabungen 1978, 1879 und 1983. Jahrbuch für den Landkreis Holzminden 1, 1983, 37-46.
- Leibundgut 1982: H. Leibundgut, Europäische Urwälder der Bergstufe (Bern, Stuttgart 1982).
- Lipsdorf 2000, J. Lipsdorf, Köhler über der Kohle. Ausgrabungen von Holzkohlemeilern am Tagebau Jänschwalde. Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlerevier 2000, 213-224.
- Locheimer Liederbuch ca. 1450: Friedrich Wilhelm Arnold (Hrsg.), Das Locheimer Liederbuch nebst der ars organdi von Paumann Conrad (Leipzig 1926).
- Loibl 1996: W. Loibl, Asche zu Glas, Die Flußmittel Asche, Potasche [sic] und Soda in fränkischen Glashütten vom 17. bis zum 19. Jahrhundert (Lohr am Rhein 1996).
- Loibl 2003: W. Loibl, Zur Glastechnologie in Mittelalter. In: P. Steppuhn (Hrsg.), Glashütten im Gespräch, Berichte und Materialien vom 2. Internationalen Symposium zur archäologischen Erforschung mittelalterlicher und frühneuzeitlicher Glashütten Europas (Lübeck 2003).

- Looft 1968: K.-H. Looft, Die siedlungsgeographische Entwicklung zwischen Eider und Schwentine von der mittelalterlichen Kolonisation bis zur Verkoppelung unter besonderer Berücksichtigung der Wüstungen. Dissertation an der Universität Kiel (Kiel 1968).
- Lorenzen-Schmidt 1990, K. J. Lorenzen-Schmidt, Kleines Lexikon alter schleswig-holsteinischer Maße und Währungseinheiten (Neumünster 1990).
- Lorichs 1568: M. Lorichs, „Elbkarte“ 1568, Staatsarchiv Hamburg.
- Ludemann 1995: T. Ludemann, zwei Kohlplätze im Mittleren Schwarzwald. Mitteilungen des badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz 16, 2, 1995, 319-334.
- Ludemann 1996: Th. Ludemann, Die Wälder im Sulzbachtal und ihre Nutzung durch Bergbau und Köhlerei. Mitteilungen des Vereins für forstliche Standortkunde und Forstpflanzenzüchtung 38, 1996, 87-118.
- Ludemann 2001: T. Ludemann, Eintrag „Meiler“. In: H. Beck, D. Geuenich und H. Steuer (Hrsg.), Reallexikon der Germanischen Altertumskunde 19, (Berlin 2001), 507-508.
- Ludemann 2008: T. Ludemann, Kiln Site Anthracology and Fuel Wood Ecology in Central Europe. In: F. Damblon und M. Court-Picon, 4th International Meeting of Anthracology, Programme and Abstracts. Geological Survey of Belgium Professional Papers 303, 2008/1, 87-88.
- Ludemann und Nelle 2002: T. Ludemann und O. Nelle, Die Wälder am Schauinsland und ihre Nutzung durch Bergbau und Köhlerei. Freiburger Forstliche Forschung 15, 2002, 1-139.
- Lund und Jouttijärvi 2000: J. Lund und A. Jouttijärvi, Eisenverhüttungsversuche am Museum Moesgård, Dänemark. Experimentelle Archäologie, Bilanz 2000, 53-70.
- Lyngstrøm 1999: H. Lyngstrøm, From Bloom to bar - Experiments at the Historical-Archaeological Experimental Centre, Lejre Denmark. In: P. und S. Crew (Hrsg.), Early Ironworking in Europe. Vol. 2, Experimental and technical Studies. Snowdonia National Park 1999.
- Mager 1930: F. Mager, Entwicklungsgeschichte der Kulturlandschaft des Herzogtums Schleswig in historischer Zeit. Veröffentlichungen der Schleswig-Holsteinischen Universitätsgesellschaft 25,1 (Kiel 1930).
- Malinowsky 1984: J. R. Malinowsky, V Cruso de Atualizacao Sobre Sistemas de Exploracao e Transporte Florestal (Curitiba 1984).
- Mantel 1980: K. Mantel, Forstgeschichte des 16. Jahrhunderts unter Einfluß der Forstordnungen und Noe Meurers (Hamburg und Berlin 1980).
- Mantel 1990: K. Mantel, Wald und Forst in der Geschichte (Alfeld-Hannover 1990).
- Martens 1978: A. Martens, Dorfbuch der Gemeinde Bargstedt in Holstein (Hohenwestedt 1978).
- Meyer 1997: O. Meyer, Köhlerei im Fichtelgebirge, Frankenwald und Bayrischem Wald (Göttingen 1997).
- Mischka u. a. 2007: D. Mischka, W. Dörfler, P. Grootes, D. Heinrich, J. Müller und O. Nelle, Die neolithische Feuchtbodensiedlung Bad Oldesloe-Wolkenwehe LA 154. Vorbericht zu den Untersuchungen 2006. Offa 61/62, 2004-2005 25-64.
- Mitscherlich 1963: G. Mitscherlich, Zustand, Wachstum und Nutzung des Waldes im Wandel der Zeit. Freiburger Rektorratsrede am 11. Mai 1963 (Freiburg 1963).
- Müller 2000: U. Müller (Hrsg.), Handwerk - Stadt - Hanse, Ergebnisse der Archäologie zum mittelalterlichen Handwerk im südlichen Ostseeraum. Greifswalder Mitteilungen, Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte und Mittelalterarchäologie 4 (Frankfurt a. M. Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Wien, 2000).
- Müller 2007: A. Müller, Jahrringanalytische Untersuchungen zum Informationsgehalt von Holzkohle-Rückständen der historischen Meilerköhlerei. Online veröffentlichte Dissertation der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg (Freiburg 2007).

- Müller-Stoll: W. R. Müller Stoll, Untersuchungen urgeschichtlicher Holzreste nebst Anleitung zu ihrer Bestimmung. *Prähistorische Zeitschrift* 7, 1936, 3-57.
- Nelle 2002: O. Nelle, Zur holozänen Vegetations- und Waldnutzungsgeschichte des vorderen bayrischen Waldes anhand von Pollen- und Holzkohleanalysen. *HOPPEA* 36, 2002, 161-361.
- Nelle 2003: O. Nelle: Woodland history of the last 500 years revealed by anthracological studies of charcoal kiln sites in the Bavarian Forest, Germany. *Phytocoenologia* 33, 4, 2003, 667-682.
- Nelle und Bankus 2002: O. Nelle und M. Bankus: Verkohlt?! Möglichkeiten und Grenzen der Anthrakologie am Beispiel des Freisinger Dombergs. *Archäologie im Landkreis Freising* 8, 2002, 103-128.
- Nelle und Dörfler 2008: O. Nelle und W. Dörfler, A summary of the late- and post-glacial vegetation history of Schleswig-Holstein. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg* 65, 2008, 45-68.
- Nelle und Kwasinowski 2001: O. Nelle und J. Kwasinowski, Untersuchungen an Kohlenmeilerplätzen im NSG Eldena (Vorpommern) – Ein Beitrag zur Erforschung der jüngeren Nutzungsgeschichte. *Greifswalder Geographische Arbeiten* 23 2001, 209-225.
- Neuschäffer 1986: H. Neuschäffer, *Geschichte von Wald und Forst in Schleswig-Holstein* (Rendsburg 1986).
- Neuweiler 1928: E. Neuweiler, Die Holzkohlenreste aus der Kulturschicht C. In: L. Zotz, *Die paläolithische Besiedlung der Teufelsküchen am Ölberg beim Kuckucksbad*. *Prähistorische Zeitschrift* 19, 1928, 1-53.
- Niemann 1809: A. Niemann, *Forststatistik der dänischen Staaten* (Altona 1809).
- Nikulka 1990: F. Nikulka, Eisenerzverhüttung im Experiment. *Experimentelle Archäologie Bilanz* 1990, Beiheft 5, *Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland* 1990, 377-379.
- Olaus Magnus 1539: Olaus Magnus, *Carta Marina. Historia de gentibus septentrionalibus* (Venedig 1539). Neu hg. P. Frode, *Description of the Northern Peoples* (London 1996).
- Ortelius 1572: A. Ortelius, *Theatrum Orbis Terrarum*, Nürnberg 1576. Neu hg. Wissenschaftliche Buchgesellschaft (Darmstadt 2006).
- Osann 1973: B. Osann, Die Technologie der mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Eisengewinnung in der Wietzeniederung. *Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen* 8, 113-116.
- Paradis und Dufraisse 2008: S. Paradis und A. Dufraisse, Wood Radius Curvature Measurement and Wood Diameter: Comparison of Different Image Analysis Techniques. In: F. Damblon und M. Court-Picon, 4th International Meeting of Anthracology, Programme and Abstracts. *Geological Survey of Belgium Professional Papers* 303, 2008/1, 107-108.
- Paysen 2007a: A. Paysen, Meilergrabung Bargstedt, 4.-19. Oktober 2007. Starigard, Jahresbericht des Fördervereins des Instituts für Ur- und Frühgeschichte der Christian-Albrechts-Universität Kiel 8, 2007, 96-104.
- Paysen 2007b: A. Paysen, Anlage eines Niederwaldes, ein Experiment zur Wuchsleistung historischer Waldnutzungsformen. *Schleswig-Holsteinisches Freilichtmuseum, Berichte* 44, 2007, 79-94.
- Paysen 2008: A. Paysen, Forest-Economy During the Late Middle-Ages in Northern Germany. An anthracological investigation on early industry sites In: F. Damblon und M. Court-Picon, 4th International Meeting of Anthracology, Programme and Abstracts. *Geological Survey of Belgium Professional Papers* 303, 2008/1, 109.
- Paysen 2009: A. Paysen, Forest-economy during the late Middle-Ages in Northern Germany. An anthracological investigation on early industry sites. Eingereicht bei *British Archaeological Records* 2009, 10 Seiten.
- Penack 2003: J.-J. Penack, Langzeitversuche an Laubfutterbäumen- ein Beitrag zur Geschichte der Landwirtschaft. *Experimentelle Archäologie in Europa, Bilanz* 2003, Heft 2, 81-86.

- Percy 1962: J. Percy, die Metallurgie. Gewinnung und Verarbeitung der Metalle und ihrer Legierungen. (Braunschweig 1832).
- Piaskowski 1983: J. Piaskowski, Metallographische Untersuchungen zur Eisen- und Stahltechnologie in Haithabu. Beichte über die Ausgrabungen in Haithabu 18, 1983, 45-62.
- Pleiner 1969: R. Pleiner, Experimental smelting of steel in early medieval furnaces. *Pamatky Archeologicke* 60,2, 1969, 458-487.
- Pleiner 1991: R. Pleiner, Bemerkungen zu einigen Schmelzversuchen in frühmittelalterlichen Rennöfen in der Tschechoslowakei. *Experimentelle Archäologie Bilanz* 1991, 323-329.
- Pleiner 2000: R. Pleiner, *Iron in Archaeology, The European Bloomery Smelters*. Praha 2000.
- Plinius nat. hist. lib.: C. Plinius Secundus, *naturalis historiae libri XXXVII*. Hrsg. und übers. von R. König und J. Hopp (Darmstadt 1991).
- Pöhls 1956: H. Pöhls, eine alte Glashütte. *Die Heimat* 63, 1956, 200- 201.
- Pöhls 1968: H. Pöhls, Köhlerei, ein ausgestorbenes Handwerk. *Heimatkundliches Jahrbuch für den Kreis Segeberg*, Band 14, 1968, 196-200.
- Pott 1981: R. Pott, Der Einfluss der Niederholzwirtschaft auf die Physiognomie und die floristisch-soziologische Struktur von Kalkbuchenwäldern. *Tuexenia* 1, 1982, 233-242.
- Pott 1985: R. Pott, Vegetationsgeschichtliche und pflanzensoziologische Untersuchungen zur Niederwaldwirtschaft in Westfalen. *Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde* 47, Heft 4, 1985.
- Pott und Hüppe 1991: R. Pott und J. Hüppe, Die Hudewaldgesellschaften Nordwestdeutschlands. *Abhandlungen aus dem westfälischen Museum für Naturkunde* 53, Heft 1/2 (Münster 1991).
- Pott und Speier 1993: R. Pott und M. Speier, Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen zur Waldentwicklung und Landnutzung im Siegerland und Lahn-Dill-Gebiet. In: H. Steuer und U. Zimmermann (Hrsg.): *Archäologie und Geschichte. Freiburger Forschungen zum ersten Jahrtausend in Südwestdeutschland Bd. 4 (Montanarchäologie in Europa) (Sigmaringen 1993)* 531-550.
- Pretsch 2002: H. Pretsch, *Grundlagen der Waldwachstumsforschung* (Berlin 2002).
- Pries 1989: M. Pries, Die Entwicklung der Ziegeleien in Schleswig-Holstein, ein Beitrag zur Industriearchäologie unter geographischen Aspekten. *Hamburger geographische Studien* 45, 1989.
- Radkau und Schäfer 1987: J. Radkau und I. Schäfer, Holz, ein Naturstoff in der Technikgeschichte (Reinbek bei Hamburg 1987).
- Reepen und Drexler 2004: B. Reepen und H.-J. Drexler, Rennofenversuche am Sachsenhof in Greven – ein Erfahrungsbericht. *Experimentelle Archäologie in Europa Bilanz* 2004, Heft 3, 159- 166.
- Reiner u. a. 2004: L. Reiner, W. Steger und H. Schopf, *Arbeitswelt der Waldglashütten; über 280 Berufe, Hüttensprache, Gesundheit* (Riedlhütte 2004).
- Reiß u. a. 2006: S. Reiß, V. Arnold, H.-R. Bork, *Landschaftsgeschichte Dithmarschens* (Kiel 2006).
- Rickert 2005: B.-H. Rickert, Alte Waldstandorte in Schleswig-Holstein - Forschungsstand und Vorstellung landschaftsgeschichtlicher Untersuchungen an Kleinstmooren als Methode zur Ermittlung der Bestockungskontinuität von Wäldern. *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung* 4, Heft 3, 2005, 3-25.
- Ring 2003: E. Ring (Hrsg.), *Glaskultur in Niedersachsen. Tafelgeschirr und Haushaltsglas vom Mittelalter bis zur frühen Neuzeit. Archäologie und Bauforschung in Lüneburg* 5 (Husum 2003).
- Rohwer 1996: H. Rohwer, *Chronik des Walddorfes Bargstedt im Kirchspiel Nortorf von 1540 bis 1800* (Esslingen 1996).
- Rosenbohm 1957: R. Rosenbohm, Die Glashütten im Kreise Rendsburg. *Rendsburger Jahrbuch* 7, 1957, 103-115.

- Rösler 2008: Köhlerei für das Eisenhüttenwerk Peitz in Brandenburg. *Archäologie in Deutschland* 2008, 3, 36-37.
- Rubner 1955: K. Rubner, Neudammer forstliches Lehrbuch: ein Handbuch für Unterricht und Praxis (Radebeul 1955).
- Rüther und Nelle 2006: C. Rüther und O. Nelle, Waldgeschichte, Waldnutzungen und Waldvegetation des Vorderen Bayerischen Waldes - ein multimethodischer Ansatz zum regionalen und lokalen Landschaftswandel seit der letzten Eiszeit. *Deggendorfer Geschichtsblätter* 28, 2006, 43-78.
- Sach 1896: A. Sach, Das Herzogtum Schleswig in seiner ethnologischen und nationalen Entwicklung Band 1 (Halle/Saale 1896).
- Salie 2001: S. Salie, Artikel Oldenhütten. *Schleswig-Holstein Topographie, Städte und Dörfer des Landes Bd. 6 (Flensburg 2001)* 254-256.
- Sander-Berke 1995: A. Sander-Berke, Baustoffversorgung spätmittelalterlicher Städte Norddeutschlands (Köln, Weimar und Wien 1995).
- Sander-Berke 1996: A. Sander-Berke, spätmittelalterliche Holznutzung für den Baustoffbedarf am Beispiel norddeutscher Städte. In: A. Jockenhövel (Hrsg.) *Verhüttung und Waldnutzung im Mittelalter: Auswirkungen auf Mensch und Umwelt; Ergebnisse eines internationalen Workshops, Dillenburg 11.-15. Mai 1994, Wirtschaftshistorischen Museum „Villa Grün“*. *Vierteljahresschrift zur Sozial- und Wirtschaftsgeschichte* 121, (Stuttgart 1996) 189-203.
- Sarnow ohne Jahr: W. Sarnow: Schierensee, Chronik eines Dorfes (Neumünster ohne Jahr).
- Schirren 2007: C. M. Schirren, Holzkohlenmeiler: Bodendenkmale und Quellen zur Wald- und Wirtschaftsgeschichte. *Bodendenkmalpflege in Mecklenburg-Vorpommern, Jahrbuch* 55, 2007, 235-250.
- Schirren 2008: C. M. Schirren, Wo die Meiler rauchten... *Archäologie in Deutschland* 1, 2008, 46.
- Schläpfer und Brown 1948: P. Schläpfer und C. Brown, Über die Struktur der Holzkohlen. *EMPA-Bericht (Eidgenossenschaftliche Materialprüfungs- und Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe)* 153, 1948.
- Schmitz 1986: A. Schmitz, Die Orts- und Gewässernamen des Kreises Plön (Neumünster 1986).
- Schniek 2003: R. Schniek, Archäologische Studien zur nachslavisches Besiedlung zwischen Limes Saxoniae und Warnow. *Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie* 103 (Bonn 2003).
- Schober 1987: R. Schober (Hrsg.) *Ertragstabellen wichtiger Baumarten*. 3. erweiterte Auflage (Frankfurt a. M. 1987).
- Schröder 1982: G. und E. Schröder, Spätmittelalterliche und frühneuzeitliche Glas- und Eisenhütten in Niemetal. *Göttinger Jahrbuch* 30, 1982, 133-144.
- Schröder und Biernatzki 1856: J. v. Schröder und H. Biernatzki, *Topographie der Herzogthümer Holstein und Lauenburg, des Fürstenthumes Lübeck und des Gebietes der freien und Hansestädte Hamburg und Lübeck* (Leipzig 1856).
- Schulz 1972: G. Schulz, Die Kartierung mittelalterlicher und frühneuzeitlicher Eisenschmelzplätze und Meiler in der Wietzeau bei Isernhagen, Kreis Burgdorf. *Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen* 7, 1972, 308-333.
- Schulz 1973: G. Schulz, Ausgrabung eines Eisenschmelzplatzes (12.-15. Jh.) in der Wietzeniederung. *Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen* 8, 91-112.
- Schwabenicky 2009: W. Schwabenicky, Der mittelalterliche Silberbergbau im Erzgebirgsvorland und im westlichen Erzgebirge. (Chemnitz 2009)
- Schweingruber 1983: F. H. Schweingruber, *Der Jahrring. Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie*. (Bern 1983).
- Schweingruber 1990a: F. H. Schweingruber, *Anatomie europäischer Hölzer: Ein Atlas zur Bestimmung europäischer Baum-Strauch- und Zwergstrauchhölzer, mit einem Beitrag von P. Baas* (Bern 1990).

- Schweingruber 1990b : F. H. Schweingruber, Mikroskopische Holzanatomie 3. Aufl. (Teufen 1990.)
- Schweingruber und Schoch 1992: F. H. Schweingruber und W. Schoch, Holz, Jahrringe und Weltgeschehen (Bern 1992).
- Seibel 1998: F. Seibel, Technologie und Fertigungstechniken römischer Glashütten am Beispiel der Ausgrabungen im Hambacher Forst (Berlin 1998).
- Sellmeier 2001: A. Sellmeier, Verkohltes Quercus-Holz aus dem bronzezeitlichen Schlackenwall von Bernstorf, Landkreis Freising, Bayern. Documenta Naturae 134, 2001, 41-56.
- Seyfert 1980: I. Seyfert, 236 Jahre Glasmacherleben, Nachruf auf die Regenhütte. Schöner Bayerischer Wald 56, 1980, 24-26.
- Seymour 1984: J. Seymour, Vergessene Künste (London 1984).
- SHRU 1, 1886: Schleswig-Holstein-Lauenburgische Regesten und Urkunden Band 1 (786-1250), Bearbeitet und Herausgegeben vom P. Hasse (Hamburg und Leipzig 1886).
- SHRU 2, 1886: Schleswig-Holstein-Lauenburgische Regesten und Urkunden Band 2 (1250-1300), Bearbeitet und Herausgegeben vom P. Hasse (Hamburg und Leipzig 1886).
- SHRU 3, 1889: Schleswig-Holstein-Lauenburgische Regesten und Urkunden Band 3 (1301-1340), Bearbeitet und Herausgegeben von P. Hasse (Hamburg und Leipzig 1889).
- SHRU 4, 1921: Schleswig-Holstein-Lauenburgische Regesten und Urkunden Band 4 (1341-1375), Herausgegeben von V. Pauls (Hamburg und Leipzig 1921).
- SHRU 6,1, 1962-1972: Schleswig-Holsteinische Regesten und Urkunden Band 6,1 (1376-1388), bearbeitet von W. Carstens (Neumünster 1962-1971).
- SHRU 10 1989: Schleswig-Holsteinische Regesten und Urkunden, Bd. 10. Kloster Ahrensböök 1328-1565, bearb. v. W. Prange, Veröffentlichungen des Schleswig-Holsteinischen Landesarchivs 23, Nr. 1527 (Neumünster 1989).
- Sieferle 1982: R. P. Sieferle, Der unterirdische Wald. Energiekrise und industrielle Revolution (München 1982).
- Siegl 1957-1958: W. Siegl, Die Glashütte von Großroppershausen. Hessische Heimat 3, 1957-1958, 21-24.
- Sievers 1959: H. Sievers, Über das Köhlereiwesen in Schleswig-Holstein. Die Heimat 66, 1959, 66-69.
- Six 1976: H. Six, Spätmittelalterliche Glashütten im Hils bei Grünplan mit Farbglasproduktion. In: T. E. Havernick und A. v. Saldern (Hrsg.), Festschrift für Waldemar Haberey (Mainz 1976.)
- Souchopova und Stransy 1983: V. Souchopova und K. Stransky, Poznatky z experimentálních taveb želena v rekonstrukcích nadzemních šachtových pecí z Blanenska - Erkenntnisse aus den Versuchsschmelzen in Wiederherstellungen von Schachtofen aus der Umgebung von Blansko. Památky Archeologicke 74, 2, 1983, 527-544.
- Souchopova und Stransy 1991: Versuchsschmelzen in Rekonstruktionen von Rennöfen aus der Umgebung von Blansko. Arcéologie experimentale – Le feu: le metal, la céramique, Edition Errance 1991, 149-155.
- Speck 1821: H. Speck, Holzverkohlung in den Aemtern Flensburg und Gottorf. Zusatz zu dem in der Forststatistik S. 421-430 enthaltenen Bericht über die Köhlerei in den Herzogthümern. A. Niemann (Hrsg.), Vaterländische Waldberichte nebst Blicken in die allgemeine Wälderkunde und in die Geschichte der Forstwirthschaft, Band 2,1, 1821, 17-23.
- Speier 1994: M. Speier, Vegetationskundliche und paläoökologische Untersuchungen zur Rekonstruktion prähistorischer und historischer Landnutzung im südlichen Rothargebirge. Abhandlungen des westfälischen Museums für Naturkunde 53, 3/4 (Münster 1994).
- Sperl 1988: G. Sperl, Metallurgische Beurteilung der Schlackefunde aus der Eisenverhüttungsanlage Loitzendorf. Archaeologia Austriaca 72, 1988, 153-157.

- Sprengel 1822: K. Sprengel, *Theophrast's Naturgeschichte der Gewächse*. Übersetzt und erläutert von K. Sprengel (Altona 1822).
- Spurck 1996: M. Spurck, *Waldnutzung in der Umgebung des mittelalterlichen Konstanz*. *Alt Thüringen* 30, 1996, 209-216.
- Steenstrup 1841: J. J. S. Steenstrup, *Geognostisk-geologisk Undersøgelse af Skovmoserne Vidnesdam- og Lillelose i det nordlige Sjælland, ledsaget af sammenligende Bemærkninger, hentede fra Danmarks Skov- Kjær- og Lyngmoser Ialmindelighet* (Copenhagen 1841).
- Stephan 1988-1989: H.-G. Stephan, *Archäologische Ausgrabungen im Bereich einer hochmittelalterlichen Waldglashütte im Bramwald, Gemeinde Niemetal, Kreis Göttingen, Teil 1, Einführung und Befunde*. *Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters* 16/17, 1988-1989, 123-154.
- Stephan 1997-1998, H.-G. Stephan, *die Glasschmelzgefäße der hochmittelalterlichen Waldglashütte Steimcke im Bramwald, Gemeinde Niemetal, Kreis Göttingen*. *Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters* 25/26, 1997/1998, 107-140.
- Stephan u. a. 1992: H.-G. Stephan, K. H. Wedepohl und G. Hartmann, *Die Gläser der hochmittelalterlichen Waldglashütte Steimcke, Berichte über die Ausgrabungen Teil 2, Chemische und Formenkundliche Analyse*. *Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters* 20, 1992, 89-123.
- Steppun 1998: *Die Glasfunde von Haithabu. Berichte über die Ausgrabungen in Haithabu* 32 (Neumünster 1998).
- Steppuhn 2003: P. Steppuhn (Hrsg.) *Glashütten im Gespräch, Berichte und Materialien vom 2. Internationalen Symposium zur archäologischen Erforschung mittelalterlicher und frühneuzeitlicher Glashütten Europas* (Lübeck 2003).
- Steppuhn und Berg 2006: P. Steppuhn und I. Berg, *Waldglashütten im Taunus, Geschichte, Archäologie, Produkte*. *Schriftenreihe des Freilichtmuseums Hessenpark* 13, 2006.
- Steppuhn und Radis 2000: P. Steppuhn und U. Radis, *Sakrale Glaspracht – Profane Nutzung*. *Archäologie in Deutschland* 2000,3, 47-48.
- Stewig 1978: R. Stewig, *Landeskunde Schleswig-Holstein*. *Geokolleg* 5 (Kiel 1978).
- Sugita 2007a: S. Sugita, *Theory of Quantitative Reconstruction of Vegetation. I: Pollen from large Lakes REVALS regional vegetation composition*. *The Holocene* 17, 229-241.
- Sugita 2007b: S. Sugita, *Theory of Quantitative Reconstruction of Vegetation. II: All you need is LOVE*. *The Holocene* 17, 243-257.
- Thommes 1997: P. Thommes, *Wald und Metall - eine Methode zur Rekonstruktion der Waldschädigung durch ur- und frühgeschichtliche Meiler- und Verhüttungstechnologie*, *Dissertation Universität Freiburg i. Br.* (Freiburg 1997).
- Thomsen 1971: R. Thomsen, *Essestein und Ausheizschlacken aus Haithabu. Zur Technik des wikingerzeitlichen Schmiedens*. *Berichte über die Ausgrabungen in Haithabu* 5, 1971 100-109.
- Tomann 1988: R. Tomann (Hrsg.), *Das hohe Mittelalter, Besichtigung einer fernen Zeit* (Köln 1988).
- Topographische Karte von Schleswig-Holstein 1: 25.000, Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein (Kiel 1967).
- Topographische Karte 2003: *Topographische Karte von Schleswig-Holstein und Hamburg 1: 25.000, Blätter Westensee und Bargstedt*. Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein (Kiel 2003).
- Topographische Karte 2004: *Topographische Karte von Schleswig-Holstein und Hamburg 1: 25.000, Blätter Curau, Pronsdorf, Stuenborn und Trittau*. Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein (Kiel 2004).
- Topographische Karte 2005: *Digitale Topographische Karte von Schleswig-Holstein und Hamburg 1: 25.000*, Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein (Kiel 2005).
- Topographische Karte 2006: *Topographische Karte von Schleswig-Holstein und Hamburg 1: 25.000, Blätter Flensburg Nord und Flensburg Süd*. Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein (Kiel 2006).

- Trendelenburg und Mayer-Wegelin 1955: R. Trendelenburg und H. Mayer-Wegelin, *Das Holz als Rohstoff* (München 1955).
- Tylecote 1962: R. F. Tylecote, *Metallurgy in Archaeology* (London 1962).
- Tylecote und Adams 1991: R. F. Tylecote und R. Adams, *Experiments on iron smelting. Archaeologie expérimentale – Le feu: le métal, la céramique*, Edition Errance 1991, 123-128.
- UBSL 2,2, 1858: *Urkunden-Buch der Stadt Lübeck, 2. Theil 2. Hälfte*. Herausgegeben von dem Vereine für Lübeckische Geschichte und Alterthumskunde, Lübeck 1858
- UBSL 4, 1873: *Urkunden-Buch der Stadt Lübeck, 4. Theil*. Herausgegeben von dem Vereine für Lübeckische Geschichte und Alterthumskunde, Lübeck 1873.
- Vaupell 1863: C. Vaupell, *De danske Skove* (Kopenhagen 1863).
- Unger 1846: D. F. Unger, *Pflanzengeschichtliche Bemerkungen über den Kaiserwald bei Grätz*. *Botanische Zeitung* 7/17, 1846, 313-321.
- Varendorf 1796: G. A. v. Varendorf, *Topographisch Militaerische Charte des Herzogthumes Holstein in 68 Blättern, aufgenommen in den Jahren 1789-1796 unter Direktion des Majors Gustav Adolf von Varendorf*. Neu hrsg. Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein (Kiel 1996).
- Vera 2002: F. W. M. Vera, *Grazing Ecology and Forest History* (Oxon und New York, 2. Auflage 2002).
- Voss 1905: N. Voss, *Chronik der Kirchengemeinde Ostenfeld*. *Mitteilungen des nordfriesischen Vereines zur Heimatkunde etc.* 2, 1905.
- Voss 1993: O. Voss, Snorup. *Et jernudvindingsområde i Sydvestjylland*. *Fra Nationalmusets Arbejdsmark* 1993, 27-111.
- Wagner 1875: A. Wagner, *Die Holzungen und Moore Schleswig-Holsteins* (Hannover 1875).
- Wedepohl 1998: K. H. Wedepohl, *Mittelalterliches Glas in Mitteleuropa, Zusammensetzung, Herstellung, Rohstoffe*. *Nachrichten der Akademie der Wissenschaften in Göttingen, mathematisch-physikalische Klasse* 1998.
- Wedepohl 2003a: K. H. Wedepohl, *Die chemische Charakterisierung mittelalterlicher Gläser und der Handel mit ihren Rohstoffen*. *Beiträge zur Mittelalterarchäologie in Österreich* 19, 2003, 211-218.
- Wedepohl 2003b: K. H. Wedepohl, *Glas in Antike und Mittelalter, Geschichte eines Werkstoffs* (Stuttgart 2003).
- Wegener 1956: C. Wegener, *ein Kapitel von alter Köhlerei*. *Die Heimat* 63, 1956, 227-228.
- Wiethold 1997: J. Wiethold, *Studien zur postglazialen Vegetations- und Siedlungsgeschichte im östlichen Schleswig-Holstein*. *Dissertation an der Universität Kiel* (Kiel 1997).
- Willerding 1971: U. Willerding, *Methodische Probleme bei der Untersuchung und Auswertung von Pflanzenfunden in vor- und frühgeschichtlichen Siedlungen*. *Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte* 40, 1971, 154-157.
- Willms 1996: C. Willms, *Struktur und Organisation der Verhüttung im Dill/Diezhölze-Revier*. In: A. Jockenhövel (Hrsg.), *Bergbau, Verhüttung und Waldnutzung im Mittelalter, Auswirkungen auf Mensch und Umwelt; Ergebnisse eines internationalen Workshops, Dillenburg 11.-15. Mai 1994, Wirtschaftshistorischen Museum „Villa Grün“*. *Vierteljahresschrift zur Sozial- und Wirtschaftsgeschichte Beihefte* 121, 1996, 30-50.
- Wingen 1982: H. Wingen, *Energie aus dem Hauberg* (Siegen 1982).
- Witt 1982: R. Witt, *Die Anfänge der Topographie Schleswig-Holsteins 1475-1652* (Heide in Holstein 1982).
- www.chartreux.org: Internetseite des Karthäuserordens. Eingesehen am 03.10. 2009.
- www.bio-wasserstoff.de: Internetseite zur Herstellung von Wasserstoff aus nachwachsenden Rohstoffen. Eingesehen am 03.10.2009.
- Wynne und Tylecote 1958: E. Wynne und R.-F. Tylecote, *An experimental investigation into primitive iron smelting techniques*. *The Journal of Iron and Steel Institute* 190, 1958, 339-348.

Zanger 1773: A. I. Zanger, Waldämtlich- gepriest- bestätigt und in nachfolgende Ordnung gesetzte Beschreibung des Anton Ignatz Zanger, Mitglied der kaiserlich- königlich- nieder österreichisch ökonomischen Gesellschaft über die Kohlungsart in liegenden Werken, insgemein Werkkohlung genannt, welche allerseits bey der Innerbergischen Haupteisengewerkschaft so, wie in Kammerngut Vordernberg des Eisenärztz nutzbar bestehet (Steyr 1773).

Zedler 1734: J. H. Zedler, Großes vollständiges Universallexikon (Halle und Leipzig 1734).

Zeidler 1972: H. Zeidler , Holzkohlefunde von Meilern und Eisenschmelzplätzen in der Wietzeau bei Isernhagen, Kreis Burgdorf. Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen 7, 1972, 334-337.

11 Anhang

11.1 Glossar

Viele der in dieser Arbeit genutzten Begriffe stammen aus den vergangenen Jahrhunderten und werden im heutigen Sprachgebrauch nicht mehr verwendet. Hierzu gehören ebenso das Fachvokabular der alten Gewerke wie auch die Bezeichnungen alter Maßeinheiten. Zum Verständnis der wissenschaftlichen Ausführung und des verwendeten Quellenmaterials werden wenig geläufige Worte an dieser Stelle kurz erläutert.

Asche: bezeichnet in der Glasherstellung Holzasche, meist von Buchen. Der Begriff wird im Barock synonym für durch Lösung und Eindampfen gewonnene Pottasche verwendet.

Bruch: in den historischen Schriftquellen ist eine mit Weichholz, meist Erlen und Birken bestandene Fläche gemeint, die sich auf sumpfigem Boden befindet. Die lateinische Entsprechung in den Quellen ist *palus* (Sumpf).

Brücke, auch Rost oder Gebrück: Horizontale Holzlage am Grund eines stehenden Meilers, wirkt dem Einsinken des Meilers entgegen und sorgt für eine gleichmäßige Belüftung.

Busch, Holz: Bezeichnet die durch kurze Umtriebszeiten entstandenen Niederwälder, meist in bäuerlicher Nutzung, im dänischsprachigen Raum auch Bondehölzer (Bonde=dän. Bauer) genannt.

Faden (ähnlich dem Klafter): Streng genommen ein Längenmaß, welches dem Abstand der ausgestreckten Arme entspricht, auch als Raummaß für Spalt- und Knüppelholz (1x1 Faden, Scheitlänge 2 Fuß), in SH zwischen 1,18 rm und 4,7 rm.

Festmeter: Metrisches Holzmaß, 1m³ feste Holzmasse.

Forst: Nicht bewirtschaftetes Land ohne festgelegten Besitzer, später übertragen auf Wald in landesherrlichem Besitz.

Fuder: Eine Wagenladung. Es wird z. T. zwischen zwei- und vierspännigen Wagen differenziert, je nach Ladung kann das Gewicht und das Volumen eines Fuders stark variieren.

Hippe: Der Machete ähnliches Haumesser zur Knick- und Niederwaldpflege.

Klafter (ähnlich dem Faden): Streng genommen ein Längenmaß, welches dem Abstand der ausgestreckten Arme entspricht, gilt meist 6 oder 10 Fuß. Auch verwendet als Raummaß für Spalt- und Knüppelholz (1x1 Klafter, Scheitlänge 2 Fuß), je nach Region zwischen 1,9 rm und 3,888 rm.

Knick: Feldbegrenzung aus Erdwall mit einem dichten Bestand aus Stockausschlägen. In einigen historischen Quellen auch *lebende Zäune* oder *Hecke* genannt. Knicks wurden ab dem 16. Jahrhundert angelegt, ab Ende des 18. Jahrhunderts regelhaft zur Feldeinfriedung verwendet. Ein durch Knicks begrenztes Feld wird *Koppel*, ein von Knicks gesäumter Weg *Redder* genannt.

Knüppel: nicht näher spezifiziertes, ungespaltenes Stück Holz.

Kohlplatte: die eingeebnete Köhlerstelle, z. T. auch Bratte oder Pratte (vom lat. *pratium*, Wiese, Aue, im dichterischen Zusammenhang auch Fläche) genannt.

Kratt: spezielle Niederwaldform/Hudewaldform aus dünn und krüppelig gewachsenen Eichen in Schleswig-Holstein und Dänemark.

Lassreiser, Überhälter: Bäume, die im Nieder- oder Mittelwaldbetrieb nicht gehauen werden, um durch die natürliche Aussat eine Verjüngung des Unterholzbestandes zu erreichen.

Last: Frachtmaß für Schiffe, als Hohlmaß etwa 2 Fuder oder 3298 Liter (Hamburg) bzw. 1669 Liter (Dänemark). Auch 4000 hamburgsche Pfund, etwa 2 metr. Tonnen.

Luppe: ein bei der Eisenverhüttung entstehender, schwammartiger Klumpen Eisen, bei AGRICOLA (1556) auch Massel genannt.

Quandel: Kaminartiger Schacht in der Mitte eines stehenden Meilers. Über den Quandel wird der Meiler von oben oder unten entzündet.

Raummeter: Metrisches Holzmaß, 1m³ gespaltenes, aufgeschichtetes Brennholz, entspricht ca 0,6-0,7 fm.

Rute: Längenmaß zur Landvermessung, ca. 2 Klafter, etwa 4 m.

Sack: Raummaß, ein Sack voll, ca. 120 Liter.

Scheit: gespaltenes Stück Holz.

Schragen: Raummaß für Holzkohlemeiler in Sachsen, entspricht 3 (Raum)Klaftern.

Stock: Wird entweder als kurze Fom für *Stockausschlag* verwendet oder bezeichnet dünne Brennholzsortimente, die von Stockausschlägen gewonnen werden.

Tonne: Landmaß, gemessen am Ertrag von 8 Scheffeln Getreide. Auch als Raummaß verwendet: ein Fass voll (ca. 160 Liter).

Wald: Bewirtschafteter Baumbestand ohne eingeschränkte Nutzungsrechte, oft als Viehweide genutzt.

11.2 Umrechnungstabellen für Holz- und Gewichtsmaße

11.2.1 Alte Holzmaße und die Entsprechung in modernen Holzmaßen

Altes Maß	Beschreibung	Modernes Maß	Entsprechung in Raummeter Holz	Entsprechung in Festmeter Holz	Literaturangabe
Last	Frachtmaß für Schiffe, als Hohlmaß etwa 2 Fuder oder 3298 Liter (Hamburg) bzw. 1669 Liter (Dänemark). Auch 4000 hamburgsche Pfund.	1933,64 kg - 2400 kg, in Deutschland meist 2000 kg, in Hamburg und Bremen 3000 kg.	abhängig von der Holzdichte 4,444 rm bis 6,445 rm	abhängig von der Holzdichte 2,666 fm bis 3,867 fm	Rohwer 1996,147; Englert 1997, 60; Lorenzen-Schmidt 1990, 32-34, 58; HUG 2007
Fuder	Eine Wagenladung	2-5 m ³ , etwa 600-700 kg Holzkohle	nach Abbildungen bis zu 8 rm Knüppelholz	bis zu 4,7 fm	Kleinschmied 2007; Kröger 1990
Wispel					
Tonne	Landmaß, gemessen am Ertrag, 8 Scheffel	0,715 ha			
Tonne	ein Fass voll	ca. 160 Liter	keine Entsprechung	keine Entsprechung	Pöhls 1968
Sack	ein Sack voll	ca. 120-160 Liter	keine Entsprechung	keine Entsprechung	Pöhls 1968
Schragen	Raummaß für Holzkohlemeiler in Sachsen, entspricht 3 (Raum)Klaftern				Carlowitz 1713
Klafter	Längenmaß, entspricht 6 oder 10 Fuß	zwischen 1,71 m und 1,88 m, in der Schweiz ca. 3 m	keine Entsprechung	keine Entsprechung	Englert 11997, 60; Lorenzen-Schmidt 1990, 19-21, 30, Brockhaus 1990, 41; HUG 2007
Klafter	Raummaß für Spalt- und Knüppelholz		Zwischen 1,9 rm und 3,888 rm	1,14 fm- 2,333 fm	Brockhaus 1990, 41; HUG 2007.
Faden	Längenmaß z. B. für Hecken	in SH 1,72 m	keine Entsprechung	keine Entsprechung	Mager 1930, 222.
Faden	Raummaß für Spalt- und Knüppelholz	in S-H Regional unterschiedlich	in SH zwischen 1,18 rm und 4,7 rm, sonst zwischen 1,74 rm bis 4,07 rm	in SH 0,71 fm bis 2,82f m	Anonymus 1821, 195- 197; HUG 2007.
Fuß	Längenmaß, 12 Zoll	in S-H 0,287 m vor 1768	keine Entsprechung	keine Entsprechung	Englert 1997, 59; Lorenzen-Schmidt 1990, 23-35; HUG 2007.

11.2.2 Alte Holzkohlenmaße und die Entsprechung in modernen Gewichtsmaßen sowie die benötigte Holzmenge in Raum- und Festmeter

Holzkohle Gewichtsmaß	Holzkohle Raummaß	Entsprechung in Raummeter Holz (0,6 fm) vor dem Kohlenbrennen	Entsprechung in Festmeter Holz (Dichte: 0,5-0,9 kg/ dm ³) vor dem Kohlenbrennen	Literaturangabe
Last, 1933,64 kg- 2400 kg		19,34 rm–24 rm	11,60 fm–14,4 fm	Thommes 1997; Paysen 2009
Metr. Tonne, 1000 kg		10 rm	6 fm	Thommes 1997; Paysen 2009
Fuder	2-5 rm entspr. 520 kg-1300 kg	5,2 rm-13 rm	3,12 fm-7,8 fm	Kröger 1990
Fuder	entspr. 12 Tonnen, ca. 500 kg	4,8 rm	2,88 fm	Kröger 1990
Tonne	Ca.160l entspr. 41,6 kg	0,4 rm	0,24 fm	Pöhls 1968
Sack	Ca. 120l entspr. 31,2 kg	0,3 rm	0,18 fm	Pöhls 1968

11.3 Schriftquellen

11.3.1 Glücksburger Hochfürstliche Holzverordnung vom 25. 6. 1681

Universitätsbibliothek Kiel, Cod. Ms. S. H. 512A Verord. f. d. Herzogt. Glücksburg Bd. 1, zitiert nach F. MAGER, Entwicklungsgeschichte der Kulturlandschaft des Herzogtums Schleswig in historischer Zeit. Veröffentlichungen der Schleswig-Holsteinischen Universitätsgesellschaft 25,1 (Kiel 1930) 189.

[...] 40.) wenn zu unserer Hofstatt Kohlen müssen gebrannt werden, so soll zu solchen kein anderes als untaugbares, insbesondere aber weiches Holz von ellern, imgl. Alte und ausgegangene hohle Eich-Bäume, Äste und dergl. genommen werden.

41.) Die Meiler sollen jedes Mal von denen Kohlbrennern an solche Örter gesetzt und gebrennet werden, alwo sie denen Hölzungen keinen Schaden thun können, und sollen bei selbigen die Kohlenbrenner so Tages und Nachts verbleiben, bis sie ausgebrannt sein.

42.) Keiner Unserer Unterthanen soll ohne Unsere Gndgste Erlaubnis Kohlen brennen, damit hierunter alle besorgende Gefehrde abgewandt werde.

11.3.2 Fürstlich Schleswig-Holsteinische Holzordnung von 1695

St. A. Kiel: A XX, 912 (zitiert nach F. MAGER, Entwicklungsgeschichte der Kulturlandschaft des Herzogtums Schleswig in historischer Zeit. Veröffentlichungen der Schleswig-Holsteinischen Universitätsgesellschaft 25,1 (Kiel 1930) 250-251)

Erstlich ordnen und wollen wir, daß niemand Eichen, Büchen oder andere fruchtbahre Bäume kreintzen noch Borcken klopfen, abschelen oder sonsten in andere Wege versehen soll, bey unabdinglicher Strafe.

2. Gleichermaßen soll keiner Feuer an die Bäume machen und dieselben dadurch verderben [...]

3. Es soll auch niemand unter den Bäumen Plaggen hauen, damit dadurch den Wurtzeln kein Schade geschehen und die Bäume unversohret bleiben mögen.

4. Maßen auch die Erfahrung darleget, daß, wenn die Heiden angesteckt, das Feuer unauslöschlich serpiret und fortbricht und oftmals ganze Holzungen zu unwiderbringlicher Verderblichkeit schädlich in die Asche geleget werden. Also befehlen wir gnädigst und wollen, daß niemand, er sei auch wer er wolle, um keinerlei Ursachen willen die Heiden anstecken und verbrennen soll, er zeige es denn zuvor den Beamten des Ortes an, damit erforderter Maßen sie mit den Leuten darbei kommen und verhüten mögen, daß solches Feuer nicht in die Hölzer oder Torfmoore komme bei willkürlicher Strafe, so oft darwider gehandelt wird [...]

7. Wir wollen und gebieten auch, daß unsere Beamten oder Schau-Reiter und Holtz-Voigte sich hinführo zur Abwendung imgleichen Verdachtes und des an etzlichen Ohrten eine Zeitlang hero in unterschiedene Wege gehabten Mißbrauches ebenso wenig des windt- fälligen als topff- und Poll-Holtzes anmaßen, sondern beides Windbrecken, Fall-, Topff- und Poll-Holtz zu unser eigen Nothdurfft zu gebrauchen, oder auch Eichenborck zu verkaufften und uns gebühlich zu berechnen [...]

8. Die Beamten, Schaureiter und Holtzvoigte sollen auch mit keinem Bau- und Brenn- holtz und was demselben anhängig, wie auch Brettern und Kohlen handeln.

9. Allermassen an den Orten, allwo es bißhero noch nicht geschehen, die zu jeder Dorffschaft gehörige Holtzung unter den ganzen und halben Hufenern des Dorffs der-gestalt eingetheilet werden soll, daß ein jeder Mann seinen District oder Anteil im Holtz wissen und selbige gebührend in acht nehmen könne.

10. Was nun ohne Ausweisung gehauen wird, dazu soll ein jeder, in dessen district oder Antheil es geschehen, den Thäter zu verschaffen schuldig seyn oder auch selbsten die Brüche davor erlegen [...]

20. Es soll durchaus nicht gestattet sein, daß einige Ziegen bey und in den Holtzungen gehalten oder gelitten werden [...]

25. Die Ausweisung des Holtzes sol in denen Ohrten geschehen, woselbsten es der Holtzung zum wenigsten schaden kan, vor allen Dingen aber dahin gesehen werden, daß die Capital-Bäume verschonet und auch kein fruchttragender Baum, wann Sohr-Holtz vorhanden, ausgewiesen werde[...]

30. Was die Hauung des Busches zu den Zäunen betrifft, so soll zwar den Unterthanen solcher Busch hinkünftig abgefolget werden, es soll aber unser Amptmann und Beamten [...] dahin sehen, daß derselbe an den örtern gehauen werde, wo es der Holtzung [...] zum wenigsten schädlich [...]

11.3.3 Allgemeine neue Forst- und Jagdverordnung vom 2. 7. 1784

(Zitiert nach F. MAGER, Entwicklungsgeschichte der Kulturlandschaft des Herzogtums Schleswig in historischer Zeit. Veröffentlichungen der Schleswig-Holsteinischen Universitäts-gesellschaft 25,1 (Kiel 1930), 188; § 99 die Köhlerei betreffend)

§ 99: In Unseren so wenig als in Kirchen- Hospitals- und Pfarr-Hölzungen werden Kohlenbrennereyen geduldet bey 10 Rthlr. Strafe. Wenn aber jemand aus Unseren Hölzungen Wurzel-Holtz und Stubben erhalten haben sollte, die er zu Kohlen zu brennen wünscht, so muß er, wenn er dazu auf seinen eigenen Gründen keine Gelegenheit hat, solches beym Amtmann und Jägermeister anzeigen, damit ersterer ihm durch den Hausvogt einen unschädlichen Platz außerhalb der Hölzung anweisen lasse, letzterer aber den Forstbedienten, wegen der beym Kohlenbrennen zu führenden Aufsicht, das nötige aufgeben könne [...]

11.3.4 Pachtvertrag zur Errichtung einer Glashütte durch Marx Kunckel, 1642

L.A.A XVII, 1594, zitiert nach H. Pöhls, eine alte Glashütte. Die Heimat 63, 1956, 200-201

1642 trat Marx Kunckel, der anscheinend anderswo eine Hütte gepachtet hatte an das Amt Bordesholm mit der Bitte heran, ihm für 6 Jahre auf der Feldmark des Dorfes Schierensee, nahe des gleichnamigen Gutes, ein Waldstück zur Errichtung einer Glashütte zu überlassen. Die Erlaubnis wurde unter folgenden Bedingungen erteilt:

1. Dem Glasermeister wurden rund 90 Hektar Wald mit 2000 fruchttragenden Buchen für die üblichen 6 Jahre überlassen. Wenn wir das Wort „Wald“ hören dürfen wir nicht an unseren denken. Zu der Zeit musste er häufig als „Hutewald“ Rindern und Pferden Nahrung geben. Dass es sich hier um diese Waldform gehandelt haben wird, geht aus der Tatsache hervor, dass die Bewohner des Dorfes Schierensee einige Jahre Später gegen die Rodung eines anderen Gehölzes Einspruch erhoben, „...das so viel Weide ihrem Viehe entzogen...“
2. Kunckel bekam Brennholz für seinen Haushalt
3. Schweine, die er selbst großgezogen hatte, konnte er frei zur „Mast“ in die Wälder treiben
4. Zum Hausbau erhielt er Holz und 5000 Ziegelsteine

Dagegen verpflichtete er sich:

1. im 1. bis 3. Jahr gab er je 1000 Reichstaler pacht (1630/46- 1 to Weizen 3 Reichtaler, 1000 Steine 5 Reichtaler).
2. im 4. bis 6. Jahr gab er, was der Wald durchschnittlich an Mastgeld gebracht hatte - je 20 Reichstaler.
3. Er musste nicht nur die Bäume schlagen, sondern auch die Stubben roden lassen- ob das auch geschah, muss bezweifelt werden.

Es ist auffällig, dass im 4. bis 6. Jahr nur wenig Pacht bezahlt wurde. Kunckel gibt den Grund an: „...*daß er so viel Acker und Wischlandt nicht erlangen könnte alß ein Hufener im Amte gebrauchete...*“

11.3.5 Schriftquellen zu Waldflächen zwischen 786 und 1250

Aus den Schleswig-Holstein-Lauenburgische Regesten und Urkunden Band 1 (786-1250), Bearbeitet und Herausgegeben vom P. Hasse (Hamburg und Leipzig 1886).

9.6.1200 Schenkung eines an der Trave gelegenen Waldes von Adolf von Wagrien an die Kapelle St. Johannis des Evangelisten in Lübeck. Bestätigt durch Dietrich, Bischof von Lübeck. SHRU 1, 1886, Q 219 s. 114.

11.6.1200 Es werden freie Verfügung und Gerichtsbarkeit über die oben geschenkte Fläche zugesichert.

Adolf Graf von Wagrien verleiht Heinrich, dem Provisor der Kapelle des heil. Johannes einen Wald an der Trave, ihm und seinen Nachfolgern zu freiem Besitz, befreit die sich dort ansiedelnden vom Burgwerk, von der Rossstellung, der exacito violenta und precaria, nicht jedoch von der Landwehr, beschränkt sein Vogteirecht auf Kapitalverbrechen, gestattet sonstiges eigenes Gericht uns Ersatz der Leibesstrafe durch Geldbußen und bestimmt die Grenzen dieser Schenkung. SHRU 1, 1886, Q 226, s.118.

1216 Albert, Graf von Holstein verleiht Hamburg u.a. das Recht des freien Holzhiebes für Bau und Brennholz, sowie die freie Holzfracht entlang der Elbe zum Eigengebrauch.

Albert Graf zu Holstein bestätigt der Stadt Hamburg die Privilegien Herzog heinrichs und Graf Adolfs, Freiheit vom Zoll und Ungeld zu Boizenburg, Geesthacht, Eslingen und Krauel (in Boiceneburch, in Hachede et in Alstra et in loco, qui Croweldicitur) unterwirft ihre Schiffe dem Zoll zu Lauenburg (Louenburg) es sei denn, sie bewiesen die Zollbefreiung durch den Herzog und Jede Wagenlast einer Abgabe von 5 Pfennigen, gewährt doch freie Rückfracht, unterwirft sie gleichfalls dem Zoll an der Bille ausgenommen für zu Wasser transportiertes und für ihren eigenen Gebrauch bestimmtes Bauholz, gewährt ihnen freien Holzhieb für Brennholz und im übrigen das Recht der Städte Soest und Lübeck. SHRU 1, 1886, Q 329, S. 150.

24.12. 1224 Albrecht, Graf von Orlamünde und Holstein bestätigt die von herzog Heinrich und Graf Adolf verliehenen rechte, befreit sie von Ungeld, gewährt freien Holzhieb und die Freiheiten an Weide und Wasser

Albertus. Dei gratia comes orlamunde et Holsatrie, omnibus presentem paginam inspicientibus. petitioni burgensium de Hamburch annuentes, quia multis exactionibus et incommodis se conquerebantur affictos, eis omnia iura, que tempore ducis Heinrici data eis fuerant et constitutata, et a comite adolfo permissa, dimisimus inuiolabiliter obseruari. Precique uolumus, u tab exactione ila que Ungelt dicitur, sint immunes, et in aliis tam in lignis ut usus negotiatioum et ad edificandum et ad conburendum secanis, et in pascuis et in aquis in omni iurisdictione nostra suam hebeant libertatem. ..SHRU 1, 1886, Q. 425, s.195.

Nach 1226? Eppo, Probst in Preetz nimmt Herrn Luceo von Hargen gegen die Überlassung etlichen Bruchlandes im Dorfe Tasdorf (O von Neumünster)... in die Bruderschaft des Klosters auf.

E. miseracione diuina prepositus in Porez. Cum comissa sibi ancillarum dei congregatione omnibus hanc paginam uisuris in uero salutari salutem. Cum dominus Luceo de hargen impetitioni sue qua noualia quedam ad ulliam nostrum Thadesdorp pertinencia impetebat. Bonorum uiorum ammonicione inductus renunciaret in perpetuum. SHRU 1, 1886, Q. 451, S. 205.

1229 Adolf Graf von Holstein bestätigt dem St. Johanniskloster in Lübeck die Zuwendungen seines Vaters und verkauft demselben die Dörfer Tesdorf, Kükeluhn und Rohlübbe nebst dem Walde zwischen diesen und Kasseedorf. SHRU 1, 1886, Q.476, S. 216.

14.5. 1230: Bestätigung des Verkaufs durch Gerhard ii Erzbischof v. Bremen

Inter praefatas villas et Cuseresdorp audiacens, a terminis villae Teszlavesdorp ad orientem, valle, palude, unde congerie lapidum, inde paludibus ad terminus villae Karzow,

in septrione vero a terminis villae Rodelubbe rivis et paludibus ad collem Hertesberge, inde rivo, inde colle Krizelberge, inde ad novale, quod Watterdessore dicitur, profunda valle distinctis cum rivis, pratis et pascuis. SHRU 1, 1886, Q. 479, S. 217.

3.2. 1238 Gunner, der Bischof von Riepen, erwirbt durch Schöpfung vom Kloster Lygum ein Grundstück am Wasser neben der Kapelle des einstigen Bischofs Omer, um darauf Gebäude zu errichten, mit freiem Zugang (forta) Rasenstich und Holztrieb, um einen angemessenen Preis auf Lebenszeit, so dass nach seinem Tode dasselbe mit Gebäuden und allen übrigen Anlagen darauf an das Kloster zurückfalle. SHRU 1 1886, Q.565, S. 253.

14. 4. 1238 Herzog Albrecht von Sachsen bestätigt dem Ratzeburger Domkapitel seinen Besitz darunter der Wald Campowe, die Fischerei im See Lentsecowe die Höfe Schytene und Clostesvelde und das Dorf Swarthense. SHRU 1 1886, Q.567, S. 254.

11.3.6 Schriftquellen zu Waldflächen zwischen 1250 und 1300

Aus den Schleswig-Holstein-Lauenburgische Regesten und Urkunden Band 2 (1250-1300), Bearbeitet und Herausgegeben vom P. Hasse (Hamburg und Leipzig 1886).

8.2. 1252: Johann und Gerhard, Grafen von Holstein und Stormarn, gewähren den Lübecker Fischern freien Fischfang an den Küsten ihres Gebietes, freie Landung zum Netzetrocknen und gestatten den Holztrieb für Brenn- und Nutzholz. SHRU 2, 1886, Q 15, S.5.

1256: Johan und Gerhard, Grafen von Holstein verkaufen dem Hamburger Kapitel einen Teil ihres Waldes zwischen dem Dorfe Brak und der alte Grenze des Dorfes Großensee.

Johannes et Gherardus dei gratia Comites holtsacie vniuersis cristi fidelibus hanc paginam inspecturis. Notum esse volumus. Quod nos patrem silue nostre cuius longitudo a terminis ville brake. Usque ad ueteres terminus ville que dicitur magnum stagnum cum distinctione terminorum inferius annotata vendidimus et contulimus ecclesie beate virginis in Hamborch. Cum omni iudico maiore et minore et omni vtilitate et commoditate qua ecclesia prefata et persone. In aquis et aquarum decursibus pascuis pratis et ceteris similibus ab hoc in antea sibi poterunt ordinare. Es folgt eine Gebietseingrenzung, Lage: Braak bis Großensee, Trittau SHRU 2, 1886, Q. 122, S.51.

2. 11. 1257: Johann und Gerhard, Grafen von Holstein, Stormarn und Schauenburg verkaufen den Bauern zu Glinde, Bünenbüttel, Schönningstedt, Huncingestorp, Lohbrugge, Hope, Boberg, Oldenborg, Havighorst Steinbek, Osterstenbeke un Hanevalle den Bruch Asbrok für 700 Mark Hamb.

Johannes et Gherardus dei gratia Comites Holtsacie Stormarie et de Scowenborgh. Omnibus presens scriptum uisuris salutem. Notum esse cupimus vniuersis quod nos agricolis de Glinde et de Bonenbutele de Sconingstede. De Hvnsingdorp. de Lohbrugge. De Hope. de Bocberge. Et de Oldenborch. De hauechost. De stenbeke. De Osterstenbeke. Et de Haneualle.

*Uendidimus dedimus et contulimus **paludem** qui Abrok nuncupatur pro septuaginta marcis Hammemburgensium denariorum quos recepimus ab eisdem.* Es folgt die Lagebeschreibung des Bruches (palus) an der Bille bei Billwerder/Bergedorf. SHRU 2, 1886, Q. 144, S.62.

11.12.1257: Johann und Gerhard, Grafen zu Holstein und Schauenburg, bestätigen dem Kloster zu Rinteln die Schenkungen ihres Vaters, des Bruder Adolf, bei der Stiftung desselben die Kirchen in Alt-Rinteln, sieben Hufen daselbst, zwei von Heinrich von Welsede für 18 Mark erworbene Hufen, zwei ebendort von Bernhard von Hobergerge für 20 Mark gekaufte und drei zu Stenberg, die Marktkirche mit der Wedeme in der Stadt Rinteln, mit der Mühle, dem Teich und dem Wehrufen bei der Stadt, das Waldrecht an 16 Hufen quod teutonise Egewort nuncupatur, und schenken denselben alles recht, was ihnen gehören wird an Wald, Weide, Wasser und Fischerei. (Rinteln bei Porta Westfalica, Schauenburg) SGRU 2, 1886, Q147, S.63

4.3.1258. Bruder Johan, Bischof von Lübeck erweitert auf Wunsch der Grafen von Holstein, insbesondere des Bruders Adolf und etlicher Lübecker Ratzherren die Besitzungen der siechen Schwestern indem Hospital zu Schwartau nach der Richtung von Rensefeld (reindeuelde) hin durch eine Waldung, gestattet ihnen einen Priester zu halten und ihre Angehörigen bei sich zu begraben. SHRU 2, 1886, Q.154, S.66-67.

8.9.1258: Edgar, Bischof von Ripen, schließt mit den Einwohnern in Tundær einen Vertrag dahin. Dass die von je fünf Otting Land ihm eine Fuhre zu leisten, ihm den Kellerschatz nach Lustrup (lusthorp), und eine Fuhre Holz und eine Fuhre Heu zu liefern, pflichtig sind. SHRU 2, 1886, Q. 167, S.72.

10.2.1259: Johann und Gerhard, Grafen von Holstein und Schauenburg, schenken der Stadt Kiel das Bruchland an ihrem Weidefeld gegen Erlass der dafür vorgestreckten Pfandsomme.

*Johannes et Gherhardus etc...Notum esse cupimus vniuersus duad nos attendentes assidua Fidelitatis obsequia que ciues de Kyl nobis student iugiter exhibere, ac uolens propter hoc ipsis gratiam facere spezialem, omnia loca culta et inculta siue **paludosa** seu etiam agrestia que uidelicet inter pascua ipsus civitatis....* SHRU 2, 1886, Q. 176, S. 76

1259: Johann und Gerhard, Grafen von Holstein Stormarn und Schauenburg verkaufen dem Hamburger Kapitel einen Teil des Waldes zwischen Papendorf, Brake Stenwarde und Rausdorf (bei Trittau).

*Johannes et Gherhardus etc...Notum esse....Quod nos canonicis hamburgensis vendidimus partem **silue** que est sita inter nouam uillam primitus ipsis canonicis assignaueramus quam papendorf nominat et terminus uille brake ex vna parte et uillas stenwarde et rowerdestorpe ex altera....* SHRU 2, 1886, Q. 196, S. 86.

März 1260: Johann und Gerhard, Grafen von Holstein und Schauenburg schenken der Stadt Plön den Vleschauer Berg

*Wy Johan und Gherd van Gots gnaden Greuen to Holsten unde van Schowenborch alle denjennen de dessed breff hören edder sehen, do wy witlick, dat wy unsen leven borgeren to Plone sunderge gnade willen, don unde geuen unde vorlenen in unsen berch de geheten is de Vleschouwer berch belegen vor deme wickbelde vor Plone sunder unsen **Bomgarden** und wurde de datho ligen, dat se des vryliken to ewigen tiden mogen gebruken und mogen darmede doen unde schicken to ehrer nüttlicheit unde mackelheit, also id eme behegelick is. SHRU 2, 1886, Q. 202, S. 88.*

1260. Johann und Gerhard, Grafen von Holstein, Stormarn Wagrien und Schauenburg, verleihen der Stadt Segenberg das Lübsche Recht, begrenzen ihr Weichbild, gewähren ihr Fischerei im Großen See, freien **Holztrieb** und freie Weide.

...Vothmer so geue wy yn Holtingen vnd Buschen edder war dat yn unser macht is holt to bernende unde to buwende uthgenommen de Heyde.... SHRU 2, 1886, Q.216, S. 93

25.9. 1263 Erich, Herzog von Jütland, beurkundet, dass sein Truchsess Johann Hwitting den Streit zwischen dem Kloster Lügum und Jacob Tuwissen um den Wald Drowidt (que vocatur stuff) dahin geschlichtet hat, dass beide Parteien ihren alten Besitz an demselben behalten. SHRU 2, 1886, Q. 271, S. 114.

30.5.1271: Gerhard, Graf von Holstein verleiht der Stadt Krempe das Lübsche Recht, freie Fahrt für die Salzschiffe aus der oberen Stör, freien Getreidekauf, freie **Holzabfuhr** gleich den Bürgern von Itzehoe und auf Widerruf das Moor zwischen Neuenbrook und Welna.

*...et postquam eadem **ligna** ad aquam peruenerint nullus aduocatorum nostrorum in humismodi ipsos debet aliquantenus Impedire....SHRU 2, 1886, Q. 421, S. 175.*

17. August 1272: Gerhard und Johann, Grafen von Holstein verkaufen unter Zustimmung ihrer Erben... dem Kloster Marienrode sechzehn dem Ritter Herbold von Herboldessen verpfändete Hufen Landes im Dorfe Jeinsen (Geinhusen) mit den darangrenzenden Allod, Wurthen, Wald und der Fischerei in der Leine für 250 Mark Bremischen Silbers. SHRU 2, 1886, Q. 444, S. 182-183.

1.7. 1277: Gerhard, Graf von Holstein, und sein Sohn Gerhard verkaufen dem hl. Geisthospital zu Lübeck den Wald Holm (holme) und die Rodungen auf der Dorfmark Garkau (gorcowe) für 100 Mark mit der Verpflichtung, sie von allen Abgaben zu befreien und mit dem Rückkaufsrecht für dieselbe Summe auf zehn Jahre. SHRU 2, 1886, Q. 528, S. 211.

10.2. 1285: Heinrich von Barmstedt schenkt dem Kloster Ütersen Äcker in Wisch und Hainholz und das Recht, **Rodungen** auf seinem Eigentum zu erwerben bis zur Höhe von 1000 Mark Hamb. Pfennige..

*...Item iudicum maius et minus super bonis suis que in **palude** uel extra paludem possedit uel possidet et in futurum in districto omnium bonorum meorum que apredictis Nobilibus dominis meis. Ad. et Jo. Comitibus Holzatie in feodo teneo pro Mille marcis denariorum....*

*... Praetera **pasturam porcorum** suorum et eciam **ligna** mea secandi ad omnes suos ubicunque et ad quecunque indiguerit et pro suo commodo deducendi licencio eidem collegio per omnia bona mea ubi sibi pro commodo suo magis uidebitur expedire...SHRU 2, 1886, Q. 672, S. 268-269.*

12.3.1285: Bestätigung der Schenkung durch Adolf, Graf von Holstein und Stormarn. SHRU 2, 1886, Q.673, S. 269.

13.4.1286: Johann, Graf von Holstein verleiht der Stadt Kiel das in Weidebezirk der Stadt gelegene **Bruchland** und bestätigt die früheren Privilegien.

*... omnia loca, culta et inculta siue **paludosa**, seu etiam agrestia inter pasuca ipsus civitatis sita videlicet a parvo fluuio kyl, per danicam uiam....es folgt weitere Gebietseingrenzung. SHRU 2, 1886, Q. 695, S. 282-283.*

30. 9. 1286: Adolf, Graf von Holstein Stormarn und Schauenburg tritt dem Kloster Reinfeld die Raseneisengräbereien zu Bimöhlen ab und gewährt ihm ein Anrecht auf alle fernerhin zu Tage tretenden Erze und Mineralien innerhalb seines Gebietes.

...parte ex altera occasione cuiusdam ferrifodine quam dicti Religiosi domini infrater terminos ville boyemolen... Et eciam in quibuscunque aliis terminis quorumcunque aliorum bonorum suorum, in territoriis seu dominiis nostris vbilibet constitutorum, ferri, seu eciam cuiuslibet alterius metalli mineras uel quorumcunque lapidum quascunque materias seu congeries investigare ac invenire poterunt, quod se de eisdem libere ac licite intromittant. Et ibidem per se seu per suos commissarias, ferri ac cuiuslibet alterius metalli fondinas atque quorumcunque lapidum excidia ordinent ac faciant.... SHRU 2, Q. 703, S. 287-288.

11.3.7 Schriftquellen zu Waldflächen zwischen 1301 und 1340

Aus den Schleswig-Holstein-Lauenburgische Regesten und Urkunden Band 3 (1301-1340), Bearbeitet und Herausgegeben von P. Hasse (Hamburg und Leipzig 1889).

1301: Graf Johann vergleicht das Kloster Reinfeld mit den Einwohnern von Zarpen dahin, dass letztere den frei betriebenen Holztrieb und die Veräußerung des Holzes auf die Klage der

Mönche einschränken auf ihren eigenen Bedarf und für Holz zum Hausbau die Einwilligung des Abtes einholen werden. SHRU 3, 1889, Q. 64, S. 35.

6.12.1305: Johann Graf von Holstein und Stormarn, genehmigt, dass die Bauern zu Elskop ihre Naturalabgaben an das hl. Geisthaus zu Hamburg in eine Geldleistung umwandeln. Die Art der Naturalabgaben wird nicht genannt. SHRU 3, 1889, Q. 110, S. 59.

15.6.1306: der Rat zu Krempe bestätigt, dass die Bauern zu Elskop ihre Naturalabgaben an das hl. Geisthaus in Hamburg in eine Geldabgabe verwandelt haben. SHRU 3, 1889, Q. 125, S. 67.

1.8. 1315: Johann, Graf von Holstein, bestätigt die Schenkung des Dorfes Wellingdorf mit dem Bruch seitens des Kielers Bürgers Konrad von Bremen an das Hl. Geisthaus in Kiel.

Nos Johannes Dei gratia Comes Holsatiae tenore praesentium recognoscimus publice protestantes, quod villam Belendorp, quam Conradus de Brema dilectus noster burgensis an perpetuam Vicariam in domo sancti Spiritus nostre ciuitatis Kil ab offcianda cum omnibus conditionibus in suis priuilegiis per nos datis perpetue dedit voluntarie resignando, eandem villam nos predictae vicarie humiliter et devote seruandae ratificamus firmiter approbando; dantes etiam Villae praedictae totum nemus dictum Brok, quod in suis terminis circumiacet Villae praedictae...SHRU 3, 1889, Q. 316, S. 166-167.

25.8. 1317: Johann, Graf von Holstein schenkt dem hl. Geisthaus zu Kiel das Dorf Wiek (Wik) mit allem kultivierten und unkultiviertem Land.

...dedimus et dimisimus domui sancti spiritus nostrae ciuitatis Kil proprietatem, dictam Egendom, super villam Wyck, sicut sita est in suis terminis cum omni iure ac libertate, pascuis, pratis, nemoribus, agris cultis et incultis viis et inuis, nec non cum omni sua distinctione perpetue possidendam. ... SHRU 3, 1889, Q. 354, S. 189-190.

Junker Adolf, Graf von Holstein und Schauenburg, verkauft den Hamburger Bürgern Heinrich Blomendal und Heinrich von Nesse die hohe und niedere Gerichtsbarkeit über Horn, Dale, Boyze, den Wald Hamme und die Wiese Billehorn, den Hammerbrook nebst dem Deichbann für 200 Mark Hamb. Pf.

...Cuibus nostris in Hamborch, et ipsorum veris heredibus iudicum nostrum maius et minus in Hornel/Dale, Boyze, et silua dicte Hamme et prato dicto Billehorn et in Hammerbroke, necnon bannum aggeris per idem Hammerbro,k cum omnibus suis iuribus, adiacentiis prouentibus, emolumentis et pertinentiis, prou frater noster bone memorie et nos predicta iudicum et bannum possedimus multis annis, pro Ducentis Marcis denarorium Hamburgensium, SHRU 3, 1889, Q. 385, S. 209-210.

24.1. 1321: Erich Herzog von Jütland, gewährt der Stadt Flensburg (Flænsborgh) das Recht der Wilkooor. – „Noueritis“. SHRU 3, Q. 436, S. 238.

1.8. 1326: Leo, Propst, Johann Dekan und das Kapitel zu Hamburg beurkunden, dass die Bauern zu Ripen im großen Brook bei Krempe einen Zehnten in eine Geldleistung verwandelt haben.

*...quod coloni ville ripen site in magna palude cum quibusdam cuibus in crempen. ... videlicet quod pro ipsa decimal seu iure et nomine decime singulis annis infra octauas philippi et iacobi aposolorum . nouem cum dimidia marcas denariorum hamburgensium vicario qui pro tempore fuerit perpetuis in antea temporibus in opido crempen persoluere tenebuntur...*SHRU 3, 1889, Q. 588, S. 329-330.

2.8. 1335: Erich, Herzog von Sachsen, Westfahlen und Engern , gewährt für die Ausfuhr von Tannenholz aus dem Sachsenwalde (utem walde vort Erthenborch) in die Niederlage nach Artlenburg für Lüneburg Zollfreiheit. – an dhem vif undedrittighesten iare na dhem anderen daghe na sunte Peteres to dem benden. SHRU 3, 1889, Q. 893, S. 508-509.

3.8. 1335: Der Rat zu Lüneburg beurkundet seinen Vertrag mit den Herzögen erich und Albert von Sachsen über die Einrichtung einer Warenniederlage zu Artlenburg mit lübschen Recht, den Zolltarif und die Verlegung der Straße nach Lübeck.

Auch das Anrecht auf das Nadelholz wird formuliert.

...Mochte man der elue ane schep van vroste bruken. man schal nemande to verschatte duingen. Al tunnen holt des ganzen woldes. Dat legke we to erteneborch to der nederlaghe to verende ane tollen. Dat scal man ouer af kopen. den suluen luten. Eder eren ammechluden. Al ander holt. Dat man im af koft.eder eren ammechluden. Dat schal man to hachede voren vnde schal it dar schepen. Dar schal man hertziche Alberte gheuen. Vor den pram holtes ver schillinge to tollen tuene schillinge vor den kanen holtes tuene vor de ek mit holte. Unde tue vor den kunkel so schal man it al tho Luneborch velich voren... SHRU 3, 1889, Q. 894, S. 509-510.

11.3.8 Schriftquellen zu Waldflächen zwischen 1341 und 1375

Aus den Schleswig-Holstein-Lauenburgische Regesten und Urkunden Band 4 (1341-1375), Herausgegeben von V. Pauls (Hamburg und Leipzig 1921).

27. 10. 1349: Die Brüder Johann und Heinrich de Monte verkaufen für 183 Mark hamburgischer Münze mit dem recht des Wiederkaufs und einzelnen anderen Bedingungen an Friedrich Hamme das Dorf und die Mühle Fuhlsbüttel.

...Ceterum est adiecum, quod dictus Fredericus et sui heredes necon coloni prefate ville in sectione lignorum ad sua edificia necessariorum in silvis ad eandem villam pertinentibus habebunt liberam facultatem... SHRU 4, 1921, Q.384, S. 263-264.

29.6.1350: Vereinbarung zwischen Heinrich von Hamme und dem Dekan der Hamburger Kirche über Gebäude, die Wintersaat und die Mühle in dem verkauften halben Dorf Lüthjensee.

*...Item mediam partem hereditatis molendini in Luttekense non debeo alicui militari, sed simplici villano committere aut dimitterem qui nullum dampnum faciet in **lignis** aut aliis iuribus dicte rerum mearum moram traxero, precipue in **lignis** secandis vel vendentis vel alio quocunque modo in predicta media parte predictae ville per me vel per alios aliquod dampnum vel impedimentum dicto decano vel colonis suis faciam vel fieri procurabo...* SHRU 4, 1921, Q. 431, S. 293

19. 7. 1368: Junker Otto, Graf von Holstein und Schauenburg, verkauft mit dem Recht des Rückkaufs für 600 Mark dem Kloster Ütersen Güter in Loo, Königsholte, die Koppel beim Kloster und die Güter iuxta vadum Elmeshorne, deren Einkünfte bisher Nicolaus von Wedele genossen hat.

*..... agris cultis et incultis, (locis) **paludosis**,...prefaoarum bonorum pastures porcorum quibuslibet cremabilibus non ad vendendum, sed pro s.... gaudeant et fruantur, ligna vero ad eorum edificia construenda...Si vero **ligna non fructifera**...voluerint ad vendendum, de illis dabunt sicut ceteri nostril hominess hura silvestrem et... pensionem. **In lignis fructiferis non habeunt sectionem penitus aliqualem arborum...**SHRU 4, 1921, Q. 1272. S. 780.*

1.11. 1366: Die Brüder Eckhard und Johann von Crumsee verkaufen dem Rate von Lübeck den freien Holzschlag im Kannenbrok mit Ausnahme der Hölzer, welche dem verstorbenen Johann Crumsee und seinem Bruder Walraf gehören, während der nächsten 8 Jahre für 475 Mark. SHRU 4, 1921, Q. 1185, S. 740-741.

21.12. 1374: Beke, die Witwe des Papenhinrik , und ihr Sohn Wideche Wezenberch verkaufen für 30 Mark an den lübecker Goldschmied Johann Malsow mehrere genauer bezeichnete Grundstücke.

*...viro Iohanni Malsowen aurifabro, civi Lubicensi, suisque veris heredibus et sequacibus presentm litteram habentibus fundum cum **lignis** proprie dicendo dat **Hildebrandes bruk** cum omnibus generibus **lignorum** sicut ventus flat, et agrum dictum boven deme Hoykenzole et agrum dictum uppe deme Reyneres kampe cum omnibus attentiis suis, viis et inviis, exilibus et regressibus, distinctonibus terminorum ad habendum, tenendum et possidendum dictos agros et fundum cum predictis **lignis** et ad faciendum cum eis inperpetuum, ...predictum agrum ez antedicta **ligna** cum eorum fundo liberius actenus possidebant...SHRU 4, 1921, Q. 1544, S. 938-939.*

24. 1. 1375: Graf Adolf von Holstein bestätigt den Verkauf des Dorfes Berne durch den Ritter Jahann Hummersbutteln an das hl. Georgs-Hospital vor Hamburg.

Verkauf mit: *...ackere, buwed unde ungebuwed, mit worden, mit wischen, mit weyde, mit **broken**, mit moren, mit weggen mit unweggen, mit watere mit waterlope mit deme hogesten rechte, also in hand unde in hals, mit deme minnesten rechte, mit vischerye, mit jacht, mit **buschen** mit **holte**, also ze gheheten zin Busbrok unde Aspehorn, unde mit allen anderen zinen **holten**, mit maaste unde mit **howinghe des holttes** unde menliken mit alleme rechte eghendom, afkominghe unde thobehoringhe unde scheidunghe, also dat verscrevene dorp Berne van olden tyden belegen heft ghewesen unde noch belegen is bet an dessen dach welken koep unde uplatinghe wi vulborden unde srede unde vast holden in desser jegenwardeghen scrift tho ewygen tyden. SHRU 4, 1921, Q. 1547, S. 940-941.*

11.3.9 Schriftquellen zu Waldflächen und Köhlerei zwischen 1376 und 1388

Aus den Schleswig-Holsteinische Regesten und Urkunden Band 6,1 (1376-1388), bearbeitet von W. Carstens (Neumünster 1962-1971).

16.3. 1376: Henneke und Marquard Breyle verkaufen verschiedene Besitzungen in Schönkamp, Curau, Cashagen, Dakensdorf und Rohlsdorf an Bartholomeus und Johann von Tisenhusen.

*... Alle desses vorschrevenen gudes schollen de vorbenomenden herr Bartholomeus unde Johan, syn vedder, unde ere erven brukende wesen unde doen darmede tho ewygen tiden, wes se willen unde en best evene kompt, unde schollen dat hebben unde besitten mit alle synen thobehorigen, also mit hoeven, unde ackeren gebuwed unnde ungebuwed, mit wysschen **weyde**, **broeke**, moere, torve, mit **holte**, **bussche**, **struke**, mit watere, waterlope, waterstouwinghe, vlete, springen, dyken, vyschen unde vischerien, mit den wegen, inwegen*

unde uthwegen, mit de enden unde landtscheden, also das dat mit der Grungt in synen veldtmarcken unde schedingen belegen unde begrepen is unde belegen heft gewesen van oldinges;...SHRU 6, 1962-1971, Q. 21, S. 16-17.

23.3. 1376: Adolf VII Graf von Holstein, verkauft mit Zustimmung der Grafen Heinrich und Klaus dem Lübecker Domkapitel das Dorf Grömitz.

...villam dicte Gometze, sitam in parrochia Crempe, Lubicensis diocensis, tenendam, habendam ac possidendam ementibus cum omnibus et singulis suis iuribus, fructibus, proventibus ac bonis sibi adiacentibus et ad ipsam villam spectantibus seu pertinentibus, aris cultis et incultis, campis, pratis, pascuis, paludibus, lignis, rubetis, nemoribus, aquis, instagnacionibus, rivis, auarum decursibus, viis et inviis terminis et terminorum distinctionibus...etc. SHRU 6, 1962-1971, Q. 24, S. 18-19.

14.4. 1376 Knappe Henneke von Treya verkauft dem Johann von Histede, Pfarrer zu Skovby auf Fühnen, fünf Hufen in Duvenstedt.

...cum omnibus et singulis iuribus et pertinentiis sui, mobilibus et immobilibus, terris humidis et siccis, agris pratis, pascuis, silvis, venationibus, aquis piscinis, aquarum decursibus, instagnationibus, terminis, distinctionibus, utilitatibus, libertatibus, exessibus, servitutibus, oneribus et aliis pertinentiis...SHRU 6, 1962-1971, Q. 27, S. 20-21.

26.3. 1378: Bischof Johann von Schleswig dotiert eine Vikarie in der Schwabstedter Kirche mit 10 M. Einkünften aus den Holz- und Wagenpfennigen aus Schwabstedt und Umgebung. SHRU 6, 1962-1971, Q. 179, S.117.

Daraus folgt, dass die Bauern in Schwabstedt ihr Holznutzungsrecht schon um 1378 bezahlen mussten, oder die Fuhrdienste bereits in eine Geldabgabe verwandelt waren.

23.4. 1379: Marquard Barsbek verkauft dem Kloster Pretz das halbe Dorf und die halbe Mühle zu Barsbek.

...in dem kerspel tome Schonenberghe, mit holte, watere, mit weyde, mid vischerie mid stowinghe mid wische mit busche mit inweghen mit utweghen mit ackere buwet unde ungebuwet, mid aller vrucht, mid dem minnerem rechte unde dem groteren rechte des halses unde der hant. SHRU 6, 1962-1971, Q. 247, S. 169-170.

31.5. 1379 Hamburg: Tibbe, Witwe des Dietrich uppen Perde, verkauft Marquard Mildehoved alle ihre Güter in Hamm.

... im hove, in koten, in weiden im lande buwed unde ungebuwed, mit wische, mit weyde, mit boken myt water mit waterlope, mit waterstouwinge mt Vissckerye mit dem grotesten unde mit dem mynnesten holte, mit dem hogesten unde mit dem sydesten rechte unde mit

*allen anderen rchten und mit aller rente und mit aller nuth...*SHRU 6, 1962-1971, Q. 253, S. 174-175

4.6. 1379: Volrad von Nubele verkauft dem Itzehoer Bürger Lüdeke Hovemann sein Gehölz zwischen Pünstorf und dem Kloster Itzehoe.

*...vorcoft tu... Ludeken Houemanne, enem borgher tu Itzeho, unde sinem rechten erven al den Struk, de myn was, de bylegghen ist wischen Punstorpe unde deme clostere tu Itzeho, mit holte unde mit grunt unde mit al deme, dat daruppe wasset, also dat bylegen is in derr veltschede, mit aller rechtechtheit unde vryheyt unde eghendome, also myn vader vore unde ich na dat je vryest byzeten heben bette aldul lange, unde hebbe em dertu dan zele...*SHRU 6, Q. 254 S. 175.

31.5.- 14.8. 1379, Der Hamburger Domherr Hartwig van der Sulten und der Ratsherr Heino von dem Berge Fällern einen Schiedsspruch über den Wald Hasselbrook bei Hamm.

Es streiten die Erben des verstorbenen Dyderike op dem Perde gegen Marqwerde Mildehouede und den Vikar Iohanne Holdenstede, der eine Hufe zu Hamm besitzt. (Quelle in lateinischer und mittelniederdeutscher Ausführung)

...De vicarii segghet dat Hertzbruk schulle syn. Her Dyderik unde syne Erven de seden unde segget, dat Hertzbruk schulle ere besunderken wesen...Dat de waghewech de dor dat holt gheyt, de meeliken het de moelenwech, de schall dat holt scheeden, unde den wech schal me van beyder partye willekoere also wyde howen unde dat holt rumen na user utwisinghe, dat sdate en ewich openbar scheede blyve. Unde af desse syd des moelenweghes to der stad wot dat holt schal hoeren tho den veer hoven, de nu Marqwerdes Mildehoeudes sin, unde dat holt, dat over dem weghe is van der stad to Hoorne wort, dat schal tho den vorsproken seven vicariese huven hoeren eweliken. Votmer umme schaden, dar de vicarii up klaghet, de en scjeen sy in holt howende, dar segge wy also tho, dat vor den schaden, den se klsghetn dat en god holt afhowen sy, de schade sy schen van hern Dyderke ener syner vrowen eder synen kyvderen eder van Marqward Mildehouede, de dat gut nu besyt, dar en schal nemet eder vicarii eder ere nakoemelynghe ymbermer up saken; men up dat se in dem scjaden nychten besitten, so schullet se hebben tho eren huven de ghantsen ghoyen meene, also se belegghen is, unde dar en schal Marqwert unde syne erven overal, also me dat oldynges holden heft. Vortmer dat holt unde busch, dat umme de dorp steyt, das schal to jewelkes hove hoeren, dar id anrurende unde acscheetende unde tweedracht, de wesen heft under de verschreven vicariesen unde her Diderike unde synen erven unde Marqwerde Myldehoeuede unde synen erven, eweliken unde vollenkomen sleten unde endighet wesen unde een schal dem anderen in synem rechte nycht hyderlik, men behulpelike unde behekelik wesen. SHRU 6, 1962-1971, Q. 266 und 267, S. 182-185.

12. 9. 1379: Borchard von Giekau, Offizial und Kaplan des Grafen Heinrich II von Holstein, weist vor dem Overboden bereke den Propst des Klosters Bordesholm in den Besitz des Dorfes Loop ein.

*...villae dictae Lop, sitae in parochia Nortotpe, dictae Bremensis dyocesi, cum suis omnibus pertinentiis etadiacentiis, scilicet agris, nemoribus, **silvis** pratus et pascuis meliori modo, iure et forma qua potuit prout in quadam litera super hoc confecta vero et integro sigillo praedicti domini comitis sigallata plene et perfecte habebatur,...* SHRU 6, 1962-1971, Q. 21, S. 188-189.

Die Formulierung „mit **holte**, watere, mit weyde, mid vischerie mid stowinghe mid wische mit **busche** mit inweghen mit utweghen mit ackere buwet unde ungebuwet, mid aller vrucht, mid dem minnerem rechte unde dem groteren rechte des halses unde der hant“ beziehungsweise die (seltener) lateinische Entsprechung „*cum omnibus fructibus et attinentiis suis ad habendum, frudendum tenedendum et possidendum dictam villam libere et quiete et ad faciendum cum ipsa i perpetuum quicquid velint utpote cum agris cultis et incultis, pratis, pascuis, **paludibus**, cespitibus, **lignis** et rubetis, aquis aquarumque decursibus, piscariis, viis et inviis...*“ wird mit geringen Abwandlungen in Schreibweise, Umfang der Aufzählung oder Reihenfolge im 14. Jahrhundert fast regelhaft im Zusammenhang mit Landverkäufen gebräuchlich. So in den Quellen:

4. 3. 1380: Schenkung der Hofstätte Brandesrode an die Vikarie der Kirche in Ahrensböök, SHRU 6, 1962-1971, Q. 296, S. 206; SHRU 6, 1962-1971, Q. 379, S. 256.

17. 9. 1381: Verkauf des Dorfes Elmshorn und des Gutes Raa an Junker Otto I, Grafen von Schauenburg und seinen Bruder Bernhard, Probst in Hamburg. SHRU 6, 1962-1971, Q. 380. S. 257.

24. 6. 1382: Verkauf einer Rente aus der Mühle zu Wulvesborgh und dem Dorf Tangstedt an die Hamburger Bürger Marquard und Thomas Oue. SHRU 6, 1962-1971, Q. 431, S. 284-285.

24. 6. 1382: Verkauf einer Rente aus der Mühle zu Wulvesborgh und dem Dorf Tangstedt an den Priester Hartwig von Rellingen. SHRU 6, 1962-1971, Q. 432, S. 285-286.

11. 11. 1382: Verkauf des Dorfes Wellingsbüttel an die Hamburger Bürger Marquard und Thomas Oue. SHRU 6, 1962-1971, Q. 443, S. 295-296.

22. 2. 1383: Verkauf des Dorfes Kastorf an den Lübecker Bürger Arnold Stark. SHRU 6, 1962-1971, Q. 457, S. 307.

23. 4. 1383: Verkauf zweier Hufen in Dalugenrode an das Kloster Cismar. SHRU 6, 1962-1971, Q. 468, S. 315.

23. 4. 1383: Verkauf einer Rente aus Suxdorf an das Kloster Cismar. SHRU 6, 1962-1971, Q. 469, S. 316.

1. 5. 1383: Verkauf einer Hufe in Langwedel an das Kloster Itzehoe. SHRU 6, 1962-1971, Q. 471, S. 317-318.

13. 12. 1383: Drei Einwohner aus Dätgen verzichten zu Gunsten des Klosters Bordesholm auf ihre Rechte an „Kyifrode“ SHRU 6, 1962-1971, Q. 505, S. 338-339.

31. 10. 1384: Heinrich Spliit überträgt den Lehmbbruch in Stellböken an die mit dem Dorf Stellböken ausgestatteten Vikarie in Selent. SHRU 6, 1962-1971, Q. 553, S. 368-369.

9. 9. 1385: Teilverkauf des Dorfes Drüsen und der Lütauer Mühle an den Rat der Stadt Mölln. SHRU 6, 1962-1971, Q. 593, S. 402-403.

20. 9. 1385: Schenkung von Renten an das Kloster und Verkauf von Landbesitz an den Vikar in Ahrensbök. SHRU 6, 1962-1971, Q. 595, S. 406.

26. 9. 1385: Verkauf des Dorfes Bilsen an das Kloster Harvestehude. SHRU 6, 1962-1971, Q. 596, S. 407-408.

11. 11. 1385: Verkauf von fünf Hufen und zweier Wurten in Meiendorf an das Kapitel zu Hamburg. SHRU 6, 1962-1971, Q. 610, S. 420-421.

4. 6. 1386: Verkauf des Hofes Vellyn und des Dorfes Fassendorf an den Lübecker Domherren Jakob Krumbek. SHRU 6, 1962-1971, Q. 656, S. 452.

22. 10. 1386: Verkauf des Hofes und des Dorfes Schwonau an den Lübecker Domherren Jakob Krumbek. SHRU 6, 1962-1971, Q. 665, S. 457-458.

10. 11. 1386: Schenkung des Dorfes Havekost an den Lübecker Domherren Jakob Krumbek. SHRU 6, Q. 669, S. 461-462.

25. 11. 1386: Schenkung des Dorfes Klein-Meinsdorf an das Kloster Preetz. SHRU 6, 1962-1971, Q. 672, S. 464-465.

21. 12. 1386: Das Kloster Preetz beurkundet, dass der Pfarrer in Klein-Barkau dem Kloster Bordesholm zwei Hufen der wüsten Dorfstelle Ludersdorf verkauft hat. SHRU 6, 1962-1971, Q. 674, S. 466-467.

30. 5. 1387: Verkauf des Dorfes Gothendorf an den Lübecker Domherren Jakob Krumbek. SHRU 6, 1962-1971, Q. 698, S. 488- 489.

24. 6. 1387: Erich IV der Jüngere, Herzog von Sachsen, bestätigt den Verkauf der Dörfer Behlendorf, Klein-Anker, Giesensdorf und anderer Besitzungen durch den Ritter Detlev von Berkenthin an das Ratzeburger Domkapitel. SHRU 6, Q. 703, S. 492-493.

28.9. 1387: Marquard Mildehovet, Bürger in Hamburg, verkauft seinen Besitz in Hamm an den Rat der Stadt Hamburg. SHRU 6, 1962-1971, Q. 714, S. 497-498.

1. 10. 1387: Verkauf von fünf Hufen in Meiendorf an das Hamburger Domkapitel. SHRU 6, 1962-1971, Q. 715, S. 598.

12. 4. 1388: Verkauf zweier Hufen in Jarmsdorf an das Heiligen-Geist-Haus zu Rendsburg. SHRU 6, 1962-1971, Q. 759, S. 536-537.

20.11. 1389: Der Knappe Detlev Scharpenberch verkauft dem Henning Lasbek die Hälfte seiner Besitzungen in Nannendorf und Schönberg, Kirchspiel Sandesneben. SHRU 6, 1962-1971, Q. 848, S. 597.

9. 10. 1390: Verkauf des halben Dorfes Dakendorf an Henning Lentzeke, Vikar, und Tidemann Junge, Bürger zu Lübeck, für eine Vikarie an St. Petri zu Lübeck. SHRU 6, 1962-1971, Q. 904, S. 638-639.

24. 2. 1391: Verkauf der Dörfer Schönborn und Riekenhagen an das Domkapitel zu Lübeck. SHRU 6, 1962-1971, Q. 934, S. 660.

26. 3. 1391: Verkauf des Dorfes Hornbek, Kirchspiel Siebeneichen, an den Bürgermeister der Stadt Mölln. SHRU 6, 1962-1971, Q. 937, S. 662-663.

22. 5. 1391: Verkauf der Dörfer Nannendorf (Holstein) und Schönberg (Bergedorf) an den Hamburger Bürger Dietrich Cusvelde. SHRU 6, 1962-1971, Q. 946, S. 667-668.

23. 6. 1391: Graf Klaus von Holstein und Herzog Gerhard von Schleswig übertragen den Ort Mohrkirchen an den Orden des Heiligen Antonius. SHRU 6, 1962-1971, Q. 956, S. 675-676.

8. 9. 1391: Verpfändung des Dorfes Ohlstedt an den Priester Johann Tornow, seinen Bruder Klaus, Bürger in Hamburg und Abele, Witwe des Marquard Pruts. SHRU 6, 1962-1971, Q. 973, S. 687-688.

6. 6. 1392: Verkauf verschiedener Besitzungen in der Mertensharde an Henneke Lembek. SHRU 6, 1962-1971, Q. 1034, S. 722-723.

13. 9. 1392: Verkauf einer Rente aus dem Dorfe Appen an das Hamburger Domkapitel. SHRU 6, 1962-1971, Q. 1047, S. 739-740.

10. 1. 1393: Otto I von Holstein und Schauenburg und sein Bruder Bernhard, Probst zu Hamburg, verkaufen dem Kaplan Dietrich Polden, Vikar zu St. Peter in Hamburg, ihren Hof in Hamburg bei den Beginnen und das Dorf Bahrenfeld zur Nutzung auf Lebenszeit. SHRU 6, 1962-1971, Q. 1093, S. 777-778.

11. 11. 1394: Verkauf des Gutes Labenz und Helle an den Lübecker Bürger Vromold Warendorp. SHRU 6, 1962-1971, Q. 1150, S. 817-818.

18. 3. 1397: Anker Knutsen verkauft seinen Besitz in Aatte, Kirchspiel Føvling, an Henneke Lembek. SHRU 6, Q. 1303, S. 898.

12. 3. 1398: Verpfändung der Lundtoftsharde an Ritter Nikolaus von Ahlefeld.

Hier wird in der Aufzählung ausnahmsweise nicht das „holt“ sondern ausschließlich die „broke“ genannt. SHRU 6, 1962-1971, Q. 1417, S. 974-975.

29. 11. 1399: Vromold Warendorp verkauft seinen Besitz in Labenz und Helle an Konrad Brekewohld. SHRU 6, 1962-1971, Q. 1571, S. 1059.1060.

29. 9. 1400: Verkauf des Dorfes Neuschwochel an Vromhold Warendorp. SHRU 6, 1962-1971, Q. 1658, S. 1097-1098.

11. 11. 1400: Verkauf des Dorfes Kellershagen an Vromhold Warendorp. SHRU 6, 1962-1971, Q. 1668, S. 1105.

11. 11. 1400: Verkauf des Dorfes Grebenhagen an Vromhold Warendorp. SHRU 6, 1962-1971, Q. 1670, S. 1107-1108.

Im ausgehenden 14. Jahrhundert wird es zunehmend gebräuchlich, die zum Teil immer länger werdenden Aufzählungspassagen durch das Wort „*tobyhorynghe*“ was mit „*allem Zugehörigem*“ übersetzt werden kann, zu ersetzen oder abzukürzen. So in den Quellen:

8. 6. 1382: Verkauf von 14 ½ Hufen in Langwedel an das Kloster Itzehoe, SHRU 6, 1962-1971, Q. 427, S. 282.

10. 5. 1385: Verkauf dreier Hufen in Ottenbüttel an die Itzehoer Bürger Ludeke Storm und Henneke Kale. SHRU 6, 1962-1971, Q. 581, S. 395.

27.12. 1387: Schenkung des Dorfes Schiffbek an das Kloster Reinbek. SHRU 6, 1962-1971, Q. 723, S. 509-508.

30. 4. 1388: Verkauf einer Hufe an den Hamburger Bürger Mas Oue. SHRU 6, 1962-1971, Q. 765, S. 543.

19. 5. 1388: Verkauf des Hofes Borstel an Bertram Scholdenfleth. SHRU 6, 1962-1971, Q. 767, S. 543-544.

18. 3. 1397: Anker Knutsen verkauft seinen Besitz in Aatte, Kirchspiel Føvling, an Henneke Lembek. SHRU 6, 1962-1971, Q. 1303, S. 898.

21. 11. 1399: Verkauf einer Rente aus dem Dorfe Steenrade an die Lübecker Bürger Hinrich Redinghestorpe und Simon Odeslo. SHRU 6, 1962-1971, Q. 1566, S. 1054-1055.

(Die folgenden neun Quellen finden sich außerdem in dem Urkundenbuch der Stadt Lübeck)

28. 9. 1379: Ritter Detlev Rastorf verkauft dem Rat zu Lübeck sechzig Eichen aus seinem Wald bei Kulpin. SHRU 6, 1962-1971, Q. 274, S. 191.

2. 3. 1380: Marquard von Krummesee, Knappe, verkauft dem Lübecker Ratsherrn Segebode Crispin das Dorf Wulmenau unter Vorbehalt des Wiederkaufs. SHRU 6, 1962-1971, Q. 293, S. 205.

2. 3. 1380: Marquard von Krummensee, Knappe, verkauft dem Lübecker Ratsherrn Segebode Crispin das halbe Dorf Bliestorf, das halbe Dorf Kronsforde und das halbe Dorf Grinau. Auch genannt sind die Hölzungen „Kannenbrok“ SHRU 6, 1962-1971, Q. 294, S. 206

21. 3. 1380: Tidemann Vorrat verkauft einige Bäume an Hinrich Kerstens und Heyneke Meestermanne. SHRU 6, 1962-1971, Q. 300, S. 211.

8. 4. 1380: Vicke von Krummsee, Knappe, verkauft dem Lübecker Ratsherren Segebode Crispin seinen Anteil an den Hölzungen und dem Moore in Krummsee. Genannt werden Gehölze in der *Defheyde* und in *deme Verte*. SHRU 6, 1962-1971, Q. 306, S. 214.

5. 5. 1380: Detlev von Krummensee, Knappe, verkauft dem Lübecker Ratsherren Segebode Crispin seinen Anteil an der Holzung Sprikkern, am Ellenbrok, am Viirde, an der Holzung hinter Bliedorf, hinter Stormes hove sowie am Langensole und anderen Besitz in Krummensee. SHRU 6, 1962-1971, Q. 316, S. 218.

20. 5. 1380: Die Köhler Debelinghus und Deneke übernehmen den Holzschlag in Tankenrade auf sieben Jahre. SHRU 6, Q. 320, S. 220.

Debelinghus et Deneke, carboniste, tenentur coniuncta man domino Wenero Arneshagen et Vorrando Kran centum et XL marcas ad vsum vicarie Marquardi Boom in ecclesia sancti Petri pro lignis silue Tankenrade ad secandum per septem annos a festo beati Michaelis proxime futuro computando, sicut eadem ligna antea sunt secta.

Urkunden-Buch der Stadt Lübeck 4, 1873, Q. CCCLXXVIII, S. 417.

3. 1. 1382: Die Brüder Eckard, Ritter und Henneke, Knappe, genannt von Krummese verkaufen dem Lübecker Ratsherren Johann Schepenstede das Gehölz Muse bei Groß-Schenkenberg. SHRU 6, 1962-1971, Q. 399, S. 267.

2. 4. 1382: Die Brüder Eckard, Ritter und Henneke, Knappe, genannt von Krummese verkaufen dem Lübecker Ratsherren gerd Datzowe und seinem Bruder Hermann, Lübecker Bürger, ihre beiden Höfe mit der Wassermühle zu Krummese, das halbe Dorf Kronsforde und das halbe Dorf Grinau mit den dazugehörigen Gehölzen unter Vorbehalt der Rückkaufs. Genannt werden die Gehölze *lutteke* und *grote Kannenbroke*, das Holz hinter Bliedorf und *de Mölenbeke*.

19. 11. 1382: Marquard Rørlund und Arndt von der Wisch, Brüder, bekennen, dass zwei Drittel der Einkünfte aus Groß-Waabs und aus dem Wald bei Brooknis nach dem Tode der jetzigen Inhaber an Rike Henneke Breyde fallen.

... liker wys dat halve holt to Brokenshouede de twe del an Ryke henneken Breyden unde syne erven unde dat druddendel an uns unde an unse erven. Unde van desme vorscrevene holte scal me nicht vorgheven edder verkopen ane den ghenen, de op desme vorscrevene ghude wonet... SHRU 6, 1962-1971, Q. 446, S. 299-300.

10. 3. 1383: Johann Hummersbüttel, Ritter, bekennt, dass er und seine Hintersassen keinerlei Recht an dem zwischen ihm und dem Hamburger Kapitel streitigem Feld, genannt Roth, zwischen Rade und Wulksfelde sowie an dem darauf stehenden Holze haben.

...dicto Rodh, situato inter villas Rodhe et Wlkesuelt [sic], ac lignis quercinis, faginis et aliis lignis in dicto campo et circa eundem stantibus et existentibus...nullum ius in dicto campo ac lignis in dicto et circa eundem campum stantibus et existentibus competisse seu competere veraciter didici et certitudinaliter expertus et informatus sum et fui... SHRU 6, 1962-1971, Q. 459, S. 309-310.

9. 5. 1385: Rat und Vögte zu Oldesloe bezeugen dem Lübecker Rat, dass ihr Mitbürger Klaus Guldenvut die Bezahlung für das an den Lübecker Bürger Brun Wynmann verkaufte Böttcherholz erhalten hat.

...unde heft bekannt vor uns, dat he Brune Wymanne, iuweme Borghere, heft verkoft bodikholt. Dit sulve bodikholt heft Brun Wynman vornomet Clawes Ghuldenevute, de vornomet is, Quyt unde vryg betalet to danke, eer dit vorscrevene holt in de Trauene quam... SHRU 6, 1962-1971, Q. 581, S. 395.

25. 4. 1387: Volquin Passau verkauft dem Vikar Hinrich Massebek das Hegeholz bei Steenrade.

.. hebbe vorkoft redeliken unde rechtliken dat gatze hegeholt... dat belegen ist ho dem dorpe Steenrode in dem kerkspele tho Gleskendorpe, mit der grunt, drøge unde nat, unde mit alle syner tobehoringe...desse holt...shal he unde syne nakomelinge bruken mit aller frigheit und rechticheit... SHRU 6, 1962-1971, Q. 694, S. 484.

3. 4. 1388: Volquin von Passau und seine Frau Berte überlassen graf Adolf VII von Holstein das Beutinerholz.

.. gheven unde uppelaten dat holt to Boltyn, alze id beleggen is myt der grunt, droghe unde nat, vry unde unbeworen unseme gnedighen heren reven Alue Holsten unde Stormeren ude synen erven.Ok sagen wy dat, Wolquin Partzowe vorscreven, dat zee dar recht to hebben to demsulven holte to besittende, to hebbende unde to brukende alze vry unde unbeworen... SHRU 6, 1962-1971, Q. 754, S. 532-533.

21. 5. 1389: Das Kloster Bordesholm vergleicht sich mit den Kirchengeschworenen von Nortorf wegen des Waldes und Ackers Kyfrode beim Kloster.

...iurati de ecclesia parrochiali Nortdorpe, proprio arbitrio, pura voluntate ab omni controversia, omni impetioni, quam habuerunt super quandam silvam, quandam agrum apud monasterium Bardesholm situm, eisdem canonicis regularibus pro eterna memoria datum, Kyfrode proprie dictum, cessaverunt, resignaverunt, promittens etiam dicti iurati et quilibet eorum promisit mihi notario pulico infrascripto se vel eorum sequaces et posteri nunquam de iure item, controversiam et inpetitionem super predictum agrum, predictam silvam habituros, quia recte et rationabiliter cum omnibus utilitatibus, redditibus et proventibus eisdem canonicis pertineret et adhereret...SHRU 6, 1962-1971, Q. 816, S. 577-578.

24. 6. 1391: Der Knappe Detlev Gronouwe verkauft unter Zustimmung seines Bruders Hinrich, Knappen, dem Lübecker Bürger Henning Rene genannt Stonehauer und seiner Frau Hylle sein Holz Teghelbruk auf der Feldmark Sarau bei Spansee zur Nutzung auf Lebenszeit. SHRU 6, 1962-1971, Q. 958, S. 677

25. 7. 1391: Die Knappen Bertold und Hermann von Daldorpe verkaufen dem Lübecker Rat alles innerhalb bestimmter Grenzen stehende Holz auf der Feldmark Dalldorf. SHRU 6, 1962-1971, Q. 964, S. 683.

10. 11. 1391 Der Knappe Eler von Stove bekennt, dass ihm an der Mühle zu Wasbuck im Kirchspiel Hansühn nur Stöcke und Steine gehören, dass aber dem Lübecker Domkapitel eine Pacht von 3 M und das Vorkaufsrecht zustehe.

...anders nicht enhebbe men stokke unde stene, de ik ghekoft hebbe van Marquarde Rantzowen...SHRU 6, 1962-1971, Q. 984, S. 693.

24. 6. 1394: Die Brüder Marquard und Emeke Struus, Knappen, nehmen den durch den Hamburger Rat über die Scheide der Hölzugen von Hischenfelde und Farmsen gefällten Schiedspruch an.

...alse van der schedinhe weghene unser holtinghe van Hintzekenvelde unde erer holtinge van Vermerschen. Der schedinghe bleve wy to beyden tzyden by deme rade to Hamborch, unde de raed heft uns dar vruntliken over ghescheden in desser wise, dat de schedinghe van desser twyer holtinghe weghene gheyt an van Heynen Vermerschen kruce, dat oppe der Leemryen sreyt, unde schal vort de Leemryen nedder ghaen oppe de stede des Hoppengharden gheheten, unde wat oppe de zyden to Hamborch wart beleggen is, dat schal horen to Hintzekenvelde, unde wat oppe de anderen tzyden beleggen is desser verscriven schedinge, dat schal horen to Vermerschen. Dat desse vorscrevenen schedinghe desser holtinghe aldus gescheen is unde uns to beyden tzyden dar ane noget na des rades uthrichtinghe to Hamborch unde dat wi unde unse erfnamen de sulven schedinghe stede unde vast holden willen, so hebbe wi Marquard unde Emeke vorscreven unse ingheseghele witliken ghehenghet laten an dessen bref. SHRU 6, 1962-1971, Q. 1135, S. 807.

11. 6. 1397: Ludeke von Wesin verkauft dem Grafen Otto I von Holstein und Schauenburg und seinem Bruder Bernhard, Probst zu Hamburg seinen Anteil an den je zur Hälfte mit der Herrschaft besessenen Hölzungen im Kirchspiel Barmstedt.

...dat ik hebbe vorkoft eynen rechten steden ervekop den edelen heren hern Otten, greven tho Holsten, tho Stormeren unde thi Schowenborch, unde synrn broder hern Berende, proveste tho Hamborch, unde oren rechten erven min holt unde grund, dar dat holt uppe steyt, dat gheheten ys de Bützewedel, de Camerern, den Grashorn, den Haghen unde dat Ekeren, vor twe hunderet mark unde sestych mark pennighe alzo tho Lubeke unde tho Hamborch ghinghe unde gheve synt. Desse vorbenompden holt weren half myn unde ander helfte was rede der herscap vordhescreven, unde myne helfte de vorlate ik myt aleren thobehoringhen also ze beleggen syn in deme kerspele tho Barmstede...SHRU 6, 1962-1971, Q. 1319, S. 908-909.

10. 8. 1398: Gerhard, Herzog von Schleswig, verkauft der Stadt Flensburg das Rudeholz.

...dat wy vor uns unde vor unse erven myd desme openen breve hebben ghescøtet unde vorkoft den erliken luden deme rade unde der menheyt unser stat Flensborg dat holt gheheten de Rude, byleggen an dat zuden by Flensborg, also dat beleggen is an siner schede myd erde, watere, holten, buschen, stuveten, droghe unde nat utghenomen al unser molenstrøme myd al eren anvallen .Doch zo ghunne wy unsen radmannen van Flensborg unde orloven en an desseme breve, d holtesat ze mōghen bruken erer vischwatere unde scolen bruken desses holtes, alzo dat beleggen is an siner schede tu ewighen tyden zunder ansprake enes jeweliken, de dor unsen willen don will unde laten...SHRU 6, 1962-1971, Q. 1459, S. 994-995.

11.3.10 Köhlereiregister des Klosters Ahrensböök von 1455-1566

Aus den Schleswig-Holsteinische Regesten und Urkunden 10, Kloster Ahrensböök 1328-1565, Bearbeitet von Wolfgang Prange (Neumünster 1989).

Besonders umfassende Belege für die bäuerliche Köhlerei und Waldwirtschaft finden sich im Zinsregister des Kartäuserklosters Ahrenböök, vorrangig im Zeitraum um 1500. In der Tat finden sich in fast jeder Quelle Hinweise auf Waldverkauf oder Holzkohleherstellung in den Umliegenden Feldmarken und Ortschaften. Auf die Aufstellung von Waldverkäufen die nur eventuell zur Brennholzversorgung dienten, wurde aufgrund der eindeutigen Quellenlage verzichtet. In den einzelnen Quellen finden sich Hinweise auf den Waldbestand, die Länge der Schlagnutzung und die vorrangige Hiebführung im Winter. Es stellt sich so dar, als würde das Kloster Ahrensböök die Köhlereitätigkeit der Bauern durch gezieltes, zeitbegrenztes Vergeben von Holzschlägen koordinieren und eine nachhaltige Niederwaldwirtschaft, vorrangig mit Hainbuchen, anstreben.

FLOREKENDORPPE (Flörkendorf)

1552: Hinter einer Aufzählung von verschiedenen Gehölzen und deren Wert steht der Nachsatz: *Item anno 1552 do nemant an de Swochellers all de **koli**, de um den Santkamp her liggen und gheven dar vor jarlich 14ß, wen se de 7m utgheven vor den Santkamp.* SHRU 10, 1989, 1989, Q. 399, S. 186-187.

Ohne Datum: *Carbonature huius campimarchie* (Köhlerereien in der Feldmark Florekendorpp, heute Flörkendorf), insgesamt sind 16 Köhlerstellen in der Feldmark erwähnt. In den Beschreibungen, die hier nur beispielhaft angegeben werden, sind neben der genauen Ortsbezeichnung auch Hinweise auf Hainbuchenniederwälder zu finden.

*Uppe deme velde to Florekendorpp twischen den Eluen Stucken und deme Abelendike is ene kolinghe, de heth de **Ruysenkohlinge**...*

*Item ehe kolinghe, de heth de **eckerhoff** und licht twisschen Dunkerstorper velde und deme Klokkenkampe und deme Santkampe, deme **heyenholte** nich to na tho hovende, de ghedt 5m...*

*Item twisschen Dunkerstorper velde und deme Groten Klokkenkampe belangen yn deme schare is ene **kolinghe** de ghelt 2 ½ m...*

*Item twisschen den beyden Klokkekamppen und thendes deme **Heyenholte** is en kleyne **zol**, und twisschen deme Heyenholte und demme zolle gheit eyn wech, dyt zol gheldt 1m...*

Item to endes deme Lutken Klokkenkampe und twisschen Dunckerstorpper velde und den Santkulen und ock byelangen deme Lutken Klokkenkampe...

*Item twisschen der Kumpenyge und deme Santberghe is ene **kohlinge**, de ghelt gherne 5m, wen se wol bewassen is... SHRU 10, 1989, 1989, Q. 400, S. 187-188.*

SWINEKULE (Schwienkuhlen)

1561: *Carbonature huius campimarchie: Dat Bercower Holt gheldet 30 m, wan dat ripe is. Item dat Kyfholdt gheldet 36 m. Men hir is eyn ort af vordorven uppe der Kykebusker syden also gud alse 3 efte 4 m.*

Nachtrag: Dat Kyfholdt gelt 36 m na 20 jaren. De prior Henningus hefft desse koly vorhuret

Tymme Heruest all jar um eynen daler anno 1561. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 914, S. 265.

BERCOWE (Barkau)

1498: Bauer Marquard Stal aus Bercowe (Barkau) kauft eine Köhlerstelle ...*kofte marquard Stal ene Koelinghe uppe Bercower velde by er Penninckhorst tendens **Buddekensholte** vor 2m...* SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1147, S. 296.

1498: Weitere Käufe von Köhlerstellen durch Peter Stal und seinen Sohn.

*Peter Stal senior anno 1498 kofte dat **Koekerkenzol** vor 1m...*

*Peter Stal iunior kofte anno 1498 en **kolinghe** twisschen deme Heghemore und deme Moeyskenbroke for 24β ... SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1153-1154, S. 297.*

*1502: Thymmeke Runge et Junghe Peter Stael emerunt de **kolinghe** genomt **Buddensholt** uppe bercower velde pro 20m. Ere how 7 jar unde tho betalende quolibet anno 3m ad terminim Iohannis baptiste... SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1159, 298.*

*1505: Item anno 1505 vebdidit frater Hinricus Ghantenfoet sex colonis nostris in Gutendorpp carbonaturam unam ghenomet dat grote **Zechbroch** pro 18 ½ m ... ere How waret 8 jar. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1160, S. 298.*

*1506: item anno 1506 feria quinta post truin regum emerunt Cord Kuntze et Tymmeke Velltuos carbonaturam unam genomt dat **Ghlint** (Ghinlt) pro 60m unde...zecke kohlen. Ere how 10 jahr unde en jar stede vrigh... SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1161 S. 298.*

*1506 (?): ... hebben gekoft Marquard Stall, Tonniges Coster, eggert de **Bercower kalynghe** vor 26 m. Ere how waren 8 jar... SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1162, S. 298.*

*1515: De kalinge **Luteken Hasselhorst** kofte Eggeert Eggerdes wonafftich to Barcow van my prior Johanne von Greben in jegenwardlicheit schaffers Wichboldi und broder Kordes... SHRU10, Q. 1164, S. 299.*

*1520: Clawes Roleffs und Heytman emerunt de kolinghe genomt **Buddensholt** up Barcower velde vor 20m. ere how waret 8 jar und 1 jar stedefrig... SHRU10, Q. 1165, S. 299.*

*1525:...verkofte ik, Petrus procurator den **Ghlint** de kolinghe voer nenne in Barcow wanafftich akse Morquard Stael, Peter Runghen, Lemmeke Slichtinck unde Merquart Koster vor 60m und **10 foder latten**. Ere How gheit an ame suilvesten daghe des koeps und scal waren 10 jar lanck und 1 jar stedefrigh... SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1168, S. 300.*

BERCKHORST (Barghorst)

*1500: ...kofte Arndt Jordens ene **kolinghe** uppe Florekendorpper velde over deme Langhendamme uppe de vorderen handt des wegges und gheit tendens deme **Kolhauesdyck** hen wente dat kellershager veldt. Dar schal he vor gheven 8 lm. Syn howe schal waren 3 jar und eyn jar stede vrigh, **und schal howen an to Wynachten anno 1500**... SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1176, S. 301.*

Ohne Jahr: *Item hebben gekofft Hans Wyse unde Hans Boleke ene **Kolinge** vo 8m ere how de gink an uppe Wynachten ymme jar 9 unde yn deme jar 10 uppe johannis ghenen ze uth 2m unde vort alls jar uppe (Johannis) 2m beth to vuller betalinge. Ere how 6 jar und 1 jar stede frigh...* SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1186, S. 304

1509: *Item hefft gekofft Jurgen von Kollen ene **kolinge** vor 8m minus 4 β. Sy how gynck an **nativitatis Christi** in anno 9...6 jar syn How, 1 jar stede vrigh...* SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1187, S. 304.

GNESSOWE (Gnissau)

1516: *Klosters **kohlinge** wart verkofft amme jar 1500 et 16, unde an sem sulvesten jar uppe johannis baptiste scholen de ersten 2 m hans Kikebuscck unde Danckwarth Wendelborn vor 7m. Er how wart 3 jar. Sze hebben ock 1 jar stedefrig...* SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1211, S. 309.

GUTTENDORPP (Gothendorf)

1505: *...sex Colonis nostris in Gutendorpp ene kolinge geheten das **Grote Seebrock** pro 18½m...Ere How waret 8 jar.* SHRU 10, 1989, Q. 1228, S. 312.

1533: *Item anno Domini 1533 in die conceptionis **beate Marie virginis** vendidit pater noster Petrus prior 7 colonis nostris in Guttendorpp eyne **kahlinge** geheten dat grote Seebrock pro 15 1/2 m... De how wareth 8 jar, dath 9 jar βo rumen βe de stede.* SHRU 10, 1989, Q. 1235, S. 313.

HOLSTENDORPP (Holstendorf)

1513: *Int jar 13 baven 1500 hefft verkofft broder Diderik van Hereken do tor tydt veget Hans Runge, Detleff Runge ene kolynghe genomet dat **Wunnerβholt**, darmede ynne bescheden dat warderimme Wunnerβdike, vor 60m **unde 40 Sack Kahlen**, Ere How schal waren 10 jare; und eyn jar stede vrigh...* SHRU 10, 1989, Q. 1242, S. 315.

1521: *Marquart Wulff hefft ghekofft de **Schachtskolinge** van my Petro procuratore circa Letare anno &c21 vor 4 ml...Und syn how schal syn 4 jar lanck, und 1 jar stedefrig.* SHRU 10, 1989, Q. 1243, S. 315.

1540: *Anno &c40 don annam Hartych Wyse tho Holsthendorppe de **Schachkolyge**. 4 jar is syn hou unde 1 jar stedefry...* SHRU 10, 1989, Q. 1245 S. 315

HAUECKHORST (Havekost)

1509: *Int jar &c9 hebben gekofft Tymmeke Wriuer unde Thomas Raetken de **Hauickhorster Kolvinge** vor 30m ere Hoow gheit an Jacob yn deme sulven jar. Ere how waret 7 jar unde en jar stede vrigh...* SHRU 10, 1989, Q. 1257 317

1530: *Amme jar &c30 die trium regum do wort verkoft de **Hauickhorster Kolvinge** Hans Stael tor Hauickhorst und Clawes Mas to Equelsdorp vor 30m. Ere How gheyt vort an und is warende 7 jar lank, und Ijar stede vrig.* SHRU 10, 1989, Q. 1259, S. 317.

1530: *Preisminderung des vorangehenden Vertrages wegen Holzdiebstahl von 26 Fuder Stangenholz (Hinweis auf Niederwaldwirtschaft): Amme jar &c 30 altera die ost Anthonii abbatis do wort verkoft de **Havickhoster Kolvinge** vor 26m, went eren des jares tovoeren **uthghehouwen wol 16 foder latten...*** SHRU 10, 1989, Q 1260, S. 317.

KELLERSHAGHEN (Cashagen?)

1506: *Item broder Reynold hefft verkoft de **Bornyger Kolvinge** Hinrik unde Ratken Duckenberghe unde Hans Stael vor 18m... Ere how waret 5 jar unde 1 jar stede vrigh...* SHRU 10, 1989, Q 1261, S. 318.

1515: *De **Hillekenkalinge** belegen uppem Walstorpper velde hebben gekofft amme jar unses heren Jesu Christi 1500 et 15 amme dage Symonis et Jude der 2 apostell Hans Staell, Ratke Druckenberch et Hinrick Druckenberch wonafflich tome Kellershagen vo 9m. ere how is 3 jar, dat 4 is stede vrigh.* SHRU 10, 1989, Q 1262, S. 318.

KOROWE (Curau)

1501: *De **grote Kaelinghe**. Na Cristi ghebordt unses heren 1500 und 1 jar amme gaghe sancte Aghate heft vorkoft her Arndt Landmann schaffer tor Arnsboken myt willen und vulbordt des priors und vicarii darsulves vor 55lm des closters kalinge ghenomet de Grote Kalinghe uppe deme Kamper More by Korowe belegen Clawes Maneklen, Clawes Kleuen und Marquarde Strucke dessulven closters lansten alle wanaftich in deme dorppe Korowe... Ere howe schal waren 9 jar langk und en jar stede vrig...* SHRU 10, 1989, Q. 1269, S. 320.

1513: *.. hefft Hinrick Koster wonnafftgh tho Korouw gekofft eyne **Kolvinge** uppe deme Camper velde belegen bylanghen der Ouwe jeghen der Radewisch unde deme Schirenbleke und twischen dem Rethberghe vor 7ml. Sin how schal waren 3 jar lank...* SHRU 10, 1989, Q. 1276, S. 321.

1513: *Anno &c13 dominica post simonis et Iude vorkofte broder Reynoldt Simon Bockholte unßeme burmester the Curouw **two kolvinge uppe deme Camper velde** alßo nomplliken den*

bergh belanghen deme Mettelenkroghe unde de Kokedale, unde noch eyne kolinghe tendest deme Schare unde balanghen der wisch unde dene nettelenkroghem thoßamene vor 8m... Szin houw warth 4 jar. Unde schal der Horst nicht tho nah houwen. Nota twischen der Horst unde desser kolinghe ie eyn droege grave, dar ove scholen ße nicht houwen. Am Rande: Desse kopp gelth nicht. SHRU 10, 1989, Q. 1277, S. 321-322.

1515: *Symon Bockwolt in Kurow emit (statt gestrichen empsit) anno Domoini 1515 ipso die exaltationis sancte crucis **carbonaturam Bockhorst** nomine de me Iohanne Wichboldi et fratre Corth iuniore pro 3 m et 4 ß. Et ictus illus durabit ad tres annos, Quartus erit libertatus locus. Et solvet sic primo anna scilicet anno &c16 festo nativitatis Marie 20 ß, anno 17 1 m, anno 18 dabit terciam et ultimam. Hic est contractus, quod protester manu propria Iohannes Wichboldi. SHRU 10, 1989, Q. 1278, S. 322.*

1516: *De kahlinge des **Nettelenkroges** hefft gekofft Hinrick Houweschilth to Kurow van broder Coerde... De how geith an upp Johannis baptiste wen men scriff 1500 et16 unde warth 3 jar lanck, unde hefft 1 jar stede vrigh... SHRU 10, 1989, Q. 1279, S. 322.*

1516: *De **Kamperhorst Kaelinge** imme jar unses heren &c16 des Mondages in der ersten vullen weken in der vasten is vorkofft durch broder Korde Busckman Symon Buckwolde et Hinrick Howschilth vor 37m.. Er how waret 8 jar. Des hebben ße ock 1 jar stede frigh... SHRU 10, 1989, Q. 1280, S. 322.*

1516: *De **Bockhorster Kahlinge** Symon Bockwolt emit pro 3m4ß anno 16, Solutio patet in nostro registro parvo. SHRU 10, 1989, Q. 1281, S. 322.*

1521: *Simon Bockwolt. Amme jar 1500 und 21 des dingesdages na Katherine virginis do vorkofte ick Petrus procurator **de Grote** Koline uppe deme Kamper velde vor 55 m Symon Bockwolt und Marquart Struck, und wol kumpt upp Pawels Strucks arve, de mach mede in de kop gan. Upp alle sunte Johannis baptiste scholen se uthgheven 9 m, und 10 m gheven se uth amme latesten termyn up vorgemelte tydt. Und up sunte Jacobi apostoli tertia die scolen de borghen gan yn den krogh, wor se warden ghesket, dar dat gelt nicht uth en qweme vor deme daghe. De ersten 9 m scholen uth amme jar 22 sub termino Iohannis baptiste. Und ore how scal waren 8 jar lanck, und 1 jar stedefrigh. Hir hebben vor ghelavet Jachim Jappe, Peter Stehen (Houschilt), Olde Hans Steen, Junge Hans Steen tome Greuenhagen wonaftich. Und ift wol van dussen 4 borghen vorstorve in Godt den heren, so scholen de hovetlude wedder settenn eynen in des doden stede bynnen 14 dage. Dar idt nicht en schut, so scholen de borghen gan in den krogh, solange se hebben wedder eynen in des doden stede ghesettet. Hir sint an und aver gewesen de karckher to Pronstorp, Marquart Schacht, Jurgen unse knecht. SHRU 10, 1989, Q. 1283, S. 322.*

1522: ...vorkofte ick Petrus procurator Thies Wonrow ene Kohlinge genomt de **Voderveldesremen** vor 4 m geldes. Sin houw waret 4 jar lanck. Amme 6 up Michaelis is sin houw uth und he heft eyn jar stede vrig. Sin borghe is Symon Bockwohlt. SHRU 10, 1989, Q. 1285, S. 323.

LABBATZE (Lebatz)

1528: ...do kofte my Petro scaffer de **Borne Kolinge** aff Peter rolant vor 15 m. Up Johannis baptiste termyn amme Jahr 28 ghift he uth 3 ml. Den vordan alle Jar up Johannis ghift he uth 2 m. Und syn houw scal waren 7 jar lanck, und 1 jar stedefrig. Sin borghe is Thies Francke tom Greuenhagen. SHRU 10, 1989, Q. 1304, S. 327.

NYENSWOCHEL (Schwochel)

1498: Detlef Lamgheben Senior anno 1498 circa **festum omnia sanctorum** kofte enen ort holtes by deme **Luteken Haldal** vor 4 m und ene voere tho Lubeck. Sin howe gink an Johannis anno 1498 und wart 2 jahr, und 1/2 jar stede vrig. Und 2 m schal he betalen Johannis 98 und 2 m Michaelis darna. SHRU 10, 1989, Q. 1342, S. 335.

1516: **Rusenkalingen**. Clawes Lexius kofte desse vorbenomeden (?) kalinge des erste sondages in der vasten amm lar &c 16. vor 4m. De erste 2m scholen uth upp Johannis baptiste wan me scriff 17, de ander vorth des anderen Jahrs uppe de vorgenannten tidt. Sin how wart twee jar Ha heft ok 1 jar stedefrigh. SHRU 10, 1989, Q. 1353, S. 339.

1519: Amme jar 1519 in de vasten des sondags Oculi hebbe ick, Petrus procurator yn jegenwardicheit broder Kordes vordrach gemaket up dat nye van der **Rusekohlinge** wegen mynt Peter Langbeen to Nyenswogell, in deme de how und stedefrig uth was offt to enem ende. Szo beclagende sick Peter, dat he des nen wetent hadde ghehat, wo lange dat de how were. Szo hebbe ick em gheghunnet, wedder tho howen wnte to sunte Michaelis dage amme jar 19, und de stede scal frig syn uppe mydvasten darna amme jar 20. up dat he mach nu lengher bruken de **kohlinge**, dar scal he foder nach vorkopinge uthgeven 8ß. Dyt is ghehandelt in der scafferie in jegenwardichkeit broder Kordes und Marquard surbers to Swoghell. SHRU 10, 1989, Q. 1354, S. 339.

PRODENSTORPP (Pronstorf)

1516: De kalinghe **Nattelenborch** genomt is den Prodensdorpperen verkoft van broder Korde am dingestage na conversionis Pauli amme jar &c16, alßo dat de erste how schal vorth anghan des sulvesten jars uppe **vastelavent** (31.1.-5.2).unde schakk waren 3 jar. All jar willen unde scholen se geven 2 m tor hurtidt, dat syn 6m ynt samment, wowoll dat se better is... beholden 1 jar stede frigh. SHRU 10, 1989, Q. 1366, S. 343.

1525: Amme Jahr 1500 unde 25 jar die ascensionis domini do verkofte ick, Petrus scaffer den Prodenstorpperen dorch Clawes Gotsick das **Symekenbroeck** vor 6 m. Er how gheit an upp **Johannis baptisten daghe** amme sulvesten jar und schal duren 4 jar lanck, unde 1 jar stedefrigh... SHRU 10, 1989, Q. 1367, S. 343.

SUZEL (Süsel)

1494: Hinrik Bardewiker ambo koften anno 1494 dat **Heyneboetze** vor 20m und scholen howen 6 jar. Und ere Howe gunck an Michaelis anno 1494. ... Item desse sulven beyde Bardewiker hebben ock ghekoft dat **bokenholt** in der sulven **kolinghe** vor 4 m... SHRU 10, 1989, Q. 1388, S. 347.

STENRADT (Steenrade)

1503: Anno domini 1503 verkofte broder reynold de kolenghe ghenomet dat **Grote Densche More** vor 30m und 15 secke Kalen und deme vagege en paar stavelen Marquard Euerdes, Jürgen van Kollern und Pawel Euerdes und Hans van Kollern tome Holstendorpp. Ere how gynk an uppe Michaelis in deme sulven jar...Unde er how schal waren 8 jar, **wente dat was noch nicht wol bewassen**... SHRU 10, 1989, Q. 1407, 350.

1524: ...verkofte ick Petrus procurator de **kolinghe** ghenomet dat **Grote Denske broek** vor 30m und 40 sacke kahlen und 1 par staffelen denveren husludenalse Pawel Euerdes, Marquard Wulfe, Pawel Rudhen und Hartich Wissen. Ere how ginck an up Michaelis...Er how scal waren 8 jar, **wente idt noch nicht was wol bewassen**... SHRU 10, 1989, Q. 1408, S. 350-351.

SEBELIN (Siblin)

1506: ...hjabben gekofft Detleff Boyke, Tymmeke Glode to Sebelyn dat **Kyffholt** vor 29 m. ere how schal waren 8 jare unde **nachdemme dat id nycht wol bewassen ys**, unde 1 Jahr stede frigh... SHRU 10, 1989, Q. 1429, 358.

1527: Kyffholt Amme jar 1527 post pasche do verkofte ick Petrus procurator de Kohlinghe ghenomet dat **Kyffholt** vor 19 m- dar is eyn grot ort nu in vordorven, alse Marquart Goden und Hans Jegher to Sebelin wanaftlich...ere how aschal waren 9 jaren, und 1 jar stede frigh... SHRU 10, 1989, Q. 1430, S. 358-359.

SUINEKULE (Schwienkuhlen)

1526: Imme Jar 1500 und 26 umme trent Jacobi koften de swinekuler de **calinge** genommet da **Barckower Koline** vor 24m van my Petro procuratore in presentia prioris domini Iohannism wente de was noch nicht wollen wassen. Ere how gheit an up **Michaelis** anno 26 und schal duren 8 jar lank , und eyn jar stede frigh... SHRU 10, 1989, Q. 1446, 363.

VASSMERSTORPPE (evtl. Wasdorfer Holz)

1536: ... und koften de Luteke Calinghe bi der Horstedder Varenhorst de Vasmersdorpper Elmhorst, Jurgen Kollern, und Meitze. ... Ictus eorum durabit tribus annis und 1 jare stedefrig. SHRU 10, 1989, Q. 1453, S. 346.

CARBONATURE (Köhlereiregister)

1501: *Nota diligenter, quod Quiquid deletum est in Huiusmodi registro carbonature, expressum est et reperies supra exquis(itum) in locis debitorum, prout dominus Arno(ldus) predecessor meus me certius inform(avit). Actum in die penthecostes anno 1500 (30. 5. 1501).* SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1478, S. 368.

Hauickhorst (Havekost)

1456: *Dat Hauichorster Stuuete. Anno 1456 quidam rustici nostri de villa Hauichorst videlicet A.,G.,S.,H. emerunt quandam carbonaturam dictamdat **Hauickhorster Stude** pro 45 m et 1 pare acrearum persolvendis in octo annis succedentibus immediate, in quolibet anno die sancti Iohannis baptiste 5 m et 10 β. Anno prenarrato in septimana pascali [28/3-4/4] inceperunt secare, et cessabat sectio anno 65. Fideiusserunt.* SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1479, S. 368.

1495: *Anno 1495 vorkofte broder Reynoldt dat **Hauickhorster Stude** vor 30 m Arndt Douwer, Marquard Bokeman und Marquard Ebben. Ere how schal waren 6 jar und eyn jar stede vrigh und ghink an tho sunte Johannes baptisten alβeme schref 95. Alle jar betalen se 5 m to sunte Johannes baptisten. Wenner men schrift 96 betalen se de ersten 5 m. De borgen, ere ghut. Hir is by ghewesen Thies Mertens, Hinrick Bicchel und Hans Ekappel.*

**Hir uppe betalet 5 m anno 96. # Item 5 m anno 97. # Item 5 m anno 98. # Item 5 m anno 99 visitacionis Marie (2.7.) # Item 5 m anno 1500 visitacionis Marie. Prior levavit.* SHRU 10, 1989, 1989, Q.1480, S. 368.

1499: *Anno 1499 vorkofte broder Hinrick Tymmeken Berndes tor Arnsboken enen bom to speken uppe Hauickhorster velde vor 6 β. Solucio eodem anno. # Item tenetur 6 β vor 1 bom uth Blesekenmore.* SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1481, S. 368.

Carbonatura prope Zuzel (Süsel)

1494: *Dat Heynebuß. Anno 1494 hebben ghekoft de beyden Hinrick Bardewiker tho Zuzel dat **Heynenbuß** vor 20 m. Dar hebben vor lavet Hans Heyne und Marquard Rauen. Und scholen howen 6 jar, und ere how ghinck an Michaelis anno 94. De ersten 5 m betalen se tho vastelavende anno 96 [11-10/2], darna alle jar 5 m. # Item desse sulven beyde Bardewiker hebben ock ghekofft dat **bokenholdt** in der sulven kolinghe vor 4 m.*

*Hir uppe betalet 4 m. # Item 2 1/2 m. # Item 5 m anno 98. # Item 5 m anno 99 feria quarta post festum visitacionis Marie (3.7.). # Item 5 m solverunt feria secunda infra octavas assumptionis anno 1500 (17. 8.). SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1482, 368.

Stenrade (Steenrade)

1495: Dat **Wunnersholt**. Anno 1495 in profesto trium regum (15.1.) vorkofte broder Reynolt dat Wunnersholt vor 60 m Marquard Groper, Ratken und Tymmeken Wriuer und Thies Sagher tor Berckhorst. Hir wart uppe drunken eyn wynkopp, dar was aver her Arndt Landman do tor tyd schaffer, Elre Barsbeke undervaghet, Thies Francke, Jürgen Kollen, Pawel Schacht, Amt Jordens unde Siuert Martens. Ere how waret 10 jar, und eyn jar stede vrigh, wente id was noch nicht vullenkamen wassen. Unde ere how gheit an to passchen anno 96 (3.4.). Tho sunte Johannes baptisten daghe und wanner men schrift 1497 gheven se uth 8 m, darna alle jar 8 m, so langhe beth id alle betalet wert. Item Thies Zagher und Marquard Groper hebben ere part des holtes avergheven Gherken Westual und Marquard Voß. Desse beyde hebben borgher vor ere part ghesettet Hinrick Druckenberch to Kellerhagen, Tymmeken Euerdes und Ratken Raphon myt samender hand ghelavet.

Hk uppe betalet 8 m anno 97 des daghes na sunte Peter unde Pawels (30.6). # Item betalet 8 m anno 98. # Item 6 m betaleden Tymmeke Wriuer und Marquard Voß des sondages na visitacionis Marie anno 99 [7/7], # Item 2 m betalede Ratke Wriuer anno 99. # Item 4 m betaleden Gherke Westual und Marquard Voß dominica die post Petri ad vinculam anno 1500 (2.8.). # Item 2 m solvit Ratke Wriuer eodem anno et die. # Item 2 m solvit Drewes Wriuer in die Tecele virginis anno 1500 (23.9.). SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1483, S. 368-369.

1455: Anno 1455 quidam Peter Brandt emit **carbonaturam** in die sanii Michaelis a nobis vulgariter dat **Wunnersholt** pro 60 ml persolvendis in 6 annis, in quodam anno 10 m, termino nativitatis Christi. Secabit 8 annis, et nono anno, si quidresidui est sectionis sue, comburet. Habet etiam quoddam vivarium parvum inclusum in forum empcionis ad usum suum annis pretaxatis. Et prohibita ligna non secabit sub pena excessus. Dabitque fratri B. I par ocrearum. In die sancti Mathie anni 62 (24.2.) cessabit secare. Fideiusserunt H., B., S. coniuncta manu. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1484, S. 369.

1495: Anno 1495 vorkofte broder Reynold Kersten Joden tome Holstendorppe dat **Kiene Densche Brock** vor 6 m. Sin how schal waren 4 jar, und eyn jar stede vrigh. Uppe sunte Johannes baptisten wemme schrift 96 so gheyt syn how an, und to sunte Johannis anno 97 ghift he uth den ersten gülden, darna alle jar 1 g.

Hir uppe entfangen 3 m van den beyden Rughen anno 98. # Item 1 g anno 99. # Item 1 g anno 1500, # Desse 6 m synt betalet. Men he schal noch eyn jar hir namals vrigh hebben propter novam piscinam. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1485 S. 369.

1494: Anno 1494 wart vorkoft dat **Diderikeßholt** uppe Stenrader veldt vor 12 m. De how warde 5 jare, und eyn jar stede vrigh, und ghinck an to sunte Marten anno 94. Dyt gheldt wart uthghegheven uppe 4 Johannis baptisten daghe. De borgher &c. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1486, S. 369.

1499: Anno 1499 8 daghe vor Johannis baptisten (17.6.) wart vorkoft dat holdt by deme **Wunnerßdike** uppe der Hofstede Eke Joden tome Stenrade vor 24 ß. Syn how ghinck an anno 99 und schal waren beth to paschen anno 1500 und 1 (11.4.). Ghift he 8 ß Michaelis, to paschen (1500, 19.4.) 8 ß, Michaelis 8 ß.

Solvit 1 m in die commemoracionis omnium fidelium anno 1500 (2.11.). SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1487, S. 369.

Corowe (Curau)

1497: Anno 1497 circa festum Johannis baptiste vorkofte broder Reynolt myt vulbort des priors enen ordt ekenholtes Clawes Maneken vor 22 m gheheten **uppe dat Hogherodt**, alle dat dar uppe steit. Sin how schal waren 4 jar und ghinck an Johannis baptisten anno 97. Darna Johannis ghift he uth 5 1/2 m, und dar na alle Johannis 5 1/2 m, so langhe beth id wol betalet is.

Hir uppe betalet 6 m anno 97. # Item 9 m anno 98. # Item 7 m solvit feria sexta quatuor temporum mensis septembris anno 1500 (19.9.) SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1488, S. 369-370

1492: Anno 1492 koften Clawes Kleue und Marquard Q(uistorp) ene **kolinghe** vor 6 m beleggen **uppe Kampper velde** by der Ouwe dael twisschen deme Ridberghe und der Koppelle jeghen der Borchstede aver. Ere how de warde 3 jar und ghinck an uppe Michaelis anno 92. De ersten 3 m betalinghe Johannis baptiste anno 93, und de ander 3 m des neghesten jares darna 94. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1489, S.370.

1495: Anno 1495 wart vorkoft eyn ort holtes **uppe Campper velde** ghenomet **de Bochorst** vor 2 m und 6 ß. Int jar 95 uppe Johannis baptiste ghinck de how an und warede 3 jar, wente id stot uppe deme more. De betalinghe uppe twe Johannis baptisten. Int jar 96 betalende se dat erste gheldt. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1490, S.370.

1495: Anno 1495 wort vorkoft eyn ort holtes belegen by deme **Nettellenkroghe** vor 30 ß. De how warde to sunte Michaelis over eyn jar. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1491, S.370.

1496: Anno 1496 koften Clawes Kleue und Marquard Passchen to Korow ekenholt uppe **Kamper velde** vor 25 m, und dat holt steit uppe deß syde des wegheß alße men gheit na Manekendorp, twisschen deme Hogenrade und deme weghe, bylanck der Radewisch und bylangk deme Schirenbleke uppe der Koppel. Dyt vorscreven holt scholen se betalen uppe 3

Johannis daghe. Anno 97 gheven se uth 9 m, dar na alle jar 8 m. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1492, S.370.

Walstorppe (Walsdorf)

1494: *Anno 1494 wart vorkoft eyn ordt holtes uppe Walstorpper velde Thies Zagher und Marquard Graper tor Berckhorst vor 4 1/2 m belegen by der **Beuerkulen**. De how schal waren 3 jar und gheit an uppe sunte Johannes baptisten wemme scrift 94. De helfte des gheldes gheven se uth uppe Johannis dach anno 95 [19/4], darna over 1 jar de ander helfte. De borgher, ere ghud und have.*

Hir uppe betalede Marquard Groper 1 gr. # Item betalede Marquard 12 β. # Item betalede Thies Zagher 1 gr. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1493, S.370.

1495: *Anno 1495 wart vorkoft dat **Redder uppe Walstorpper velde** vor 12 m. De how ghinck an to passchen anno 95 [19.4.] und warde 6 jar, und eyn jar stede vrigh. De betalinghe uppe 4 Johannis baptisten. Do men schreff 96 de erste betalinghe. De borgher &c. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1494, S.370.*

1494: *Anno 1494 wart vorkoft Clawes H. und Marquard S. eyn ordt holtes vor 5 1/2 m und is belegen uppe **Walstorpper velde** by deme Ymmencampe by deme Kellershagen Dyke und is myt weghen bescheidet. De wech de gheyt van deme Damme went uppe de **kolinghe**, de Tymme Francken vorhouwen heft. Ere how warede 2 jar und ghingk an to Johannes baptisten anno 94, und alßme schref 1495 up Johannis baptisten gheven se uth 3 m. Hinrick et Jasper S. de laver &c. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1495, S.370*

1496: *Anno 1496 wart vorkoft eyn ordt hohes Jürgen Kollen tor Berckhorst vor 6 m gheheten dat **Boderoth** belegen by der Neddersten Janekenkulen. De beke is de scheyde uppe der enen syden, anderß is idt myt laten umme bescheydet. Syn how schal waren 4 jar, und eyn jar stede vrigh, und ghinck an Michaelis anno 1496. Unde Johannis 97 ghift he uth den ersten gülden, darna alle jar 1 g. Item 3 ekenbome schal he dar tho hebben, de nicht denen to bouholte efte tho brede, de droghe syn.*

**Ego frater Arnoldus inutilis procurator levavi ultimum flr altera die post octavam visitacionis Marie anno 1500 (10.7.). SHRU 19, 1998, Q. 1496, S. 371.*

1492: *Anno 1492 koften Tymmeke und Ratke Wriuer und Marquard Groper vor 6 m holtes uppe **Walstorpper velde** twisschen deme Woltbeken und deme weghe, de dar gheyt vamme Heytklincke wente uppe dat Boderot und scheidet uppe Pawel Schachtes holt. De osterzide de scheidet den wech. Ere how ghingk an uppe sunte Gallen dach (16.10.) unde endigede sick aver 3 jar anno 95. Uppe twe sunte Johannis baptisten to betalende. De ersten 3 m uppe Johannis anno 1493, de ander 3 m Johannis 94. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1497, S. 371.*

1492: Anno 1492 kofte Hans Thureke eynen ort holtes upp **Walstorper velde** vor 3 m, und is belegen aff deß zide dem Janekenberghe und is myt weggen umme bescheidet. Uppe twe sunte Johannis daghe to betalende. Sin how warde 2 jar. Idem kofte to deme ende des holtes vor 12 β holtes und ene vore to Lübeck to vorende by graze anno 94. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1498, S. 371.

1491: Anno 1491 kofte Thies Zagher eynen ort holtes upp **Walstorper velde** vor 2 m. Syn how warde to sunte Michaelis daghe an avert jar anno 92. Sine betalinghe to sunte Johannis baptisten anno 92 1 m, to deme anderen jar Johannis de ander mark. SHRU 19, 1989 Q. 1499, S. 371.

1492: Anno 1492 kofte Hartich Thureke eynen ort holtes upp **Walstorper velde** vor 1 m uppe Johannis baptisten to betalende anno 93, und is belegen by der Woltbekerβwisch. Uppe der anderen syden is id myt weggen bescheidet. SHRU 10, 1989, 1989 Q. 1500, S. 371.

1491: Anno 1491 kofte Thies Francke eynen ort holtes twisschen deme Scharekampe und Ghudowen wysch in beiden syden des bekes, und to beyden ende is id myt weggen bescheidet. Sin howe ghinck an to sunte Märten anno 92 und warde vamme negesten winachten tokamende aver 2 jar. De betalinghe amme negesten Johannis baptisten 1 m, des anderen Johannis baptisten 24 β. SHRU 10, 1989, 1989 Q. 1501, S. 371.

1493: Anno 1493 kofte Jürgen Kollen up **Walstorpper velde** vor 3 m holtes belegen by deme Groten Walstorpper Dicke und Laurenßeskampe, und was rede umme her behowen. Syn how warde 2 1/2 jar und ghinck an uppe Johannis baptisten anno 93. De betalinghe de helfte 94 Johannis, de ander helfte Johannis 95. SHRU 10, 1989, 1989 Q. 1502, S. 371.

1494: Anno 1494 kofte eynen ordt holtes Arndt Jordens vor 4 1/2 m belegen umme den **Jaspersdick**, unde strecket sick an Jasperskroch beth by Sagherß **kolinghe** wente hen uppe de beke bylanghes her beth uppe de Bekenort, dar steit eyne grote bocken. Vorder moste he nicht howen. Syn howe ghinck an to pinxsten anno 1494 [is/sj und warde 3 jar, und 1 jar stede vrigh. De betalinghe uppe 3 Johannis baptisten daghe. Den ersten gülden ghaf he uth Johannis anno 95 &c. SHRU 10, 1989, 1989 Q. 1503, S. 371.

1494: Anno 1494 kofte Hans Thureke und Arndt Jordan den **Smalenkampe** und den **Thurekenkampe uppe Walstorpper velde** 6 jar langk. Dar gheven se alle jar vor 12 β.

1495: Anno 1495 wart vorkoft en ort holtes vor 2 m belegen twisschen deme **Janekenberghe** und Laurensampe. Uppe der syden na deme Janekenberghe dar scheidet ene beke, unde uppe beyden enden is id myd laten bescheidet. De how warde 2 jar und ghing an to Johannis

baptisten anno 95. Dat gheld gheven se uth Johannis baptisten anno 96, und 2 fore voen se to Lubick. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1504, S. 372.

1497: Anno 1497 kofte Hinrick Euerdes tor Berchorst enen ort holtes vor 4 m belegen by der **Janekenkulen**. De scheide des holtes gheit an by der Berchorster swinehagen. Uppe der ener syde der swinehagen name dyke wart schal he nicht howen twisschen deme hagen und der beken, de twisschen deme holte, dat Jürgen und Pawel vorhowen hebbet, und is beflecket uppe bokenbome. Und to deme anderen ende des holtes kamen twe weghe tohope und spissen uth in enen. So verne also de spisse keret, beth dar uppe den dick schal he howen und nicht vorder. Uppe der anderen siden schal he nicht vorder howen beth uppe den wech, de by den laten hergheit. Hir schal he 3 boken to hebben, de staet by deme swinhagen. Syn how schal waren 3 jar, und 1 jar stede vrig. Syn how gheit an Johannis baptisten anno 97. Alle jar to betalende 21 β 4 d. Dat erste gheldt ghift he uth Johannis anno 98.

Hir uppe betalet 8 β. # Item betalet 26 β anno 99. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1506, S. 372.

1498: Anno 1498 vorkofte broder Hinrick Gantenuort Hans Lynowe tho Gnessowe dat holt, dat Pawel Schacht howen hadde, und was eme vorstan by der Zegheberger scheide und noch langen den beken, de uth Walstorpper Dike lopet, etlike spildeholt vor 1 gr, to betalende Johannis baptisten anno 99.

Hir uppe betalet 8 β Marie Magdalene anno 99 (22.7.), # Item betalet 1 m. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1507, S. 372.

1498: Anno 1498 koften Emeke und Hinrick Grawe dat **Kyppenbrock** vor 3 m und 4 β. Tho sunte Johannis baptisten scholen se uthgheven 20 β in deme sulvesten jar, und darna alle jar 1 m. Ere how schal waren 3 jar und ghinck an trium regum anno 98 (6.1.)

Hir uppe heft betalet Emeke Grawe 10 β anno 98. # Item Hinrick Grawe 5 β. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1508, S. 372.

1498: Anno 1498 in die Pancracii (12.5.) worden vorkoft vor 10 β boken **uppe Walstorpper velde** by deme Woldbeken. De betalinge uppe Michaelis deß sulven jares. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1509, S. 372.

1498: Anno 1498 feria secunda post festum Johannis baptiste [125/6] vorkofte broder Hinrick Marquard Gropper und syner suster Syleken Thies Francken vrowen enen ordt holtes. By den **Janekenkulen** is de ene scheide, de ander is myt weggen bescheidet und gheit uppe Hinrick Euerdes how. Ere how wart 2 jar, und 1/2 jar stede vrig. Und ere how ghinck an Johannis anno 98. Und scholen hebben de boken, de in der kolinge stan, und noche etlike dar tho. Dar gheven se vor 4 m, Johannis baptisten 99 2 m, anno 1500 de ander 2 m. # Item

noch vorkofft dessen vorscreven vor 1 m boken uppe Badenrod. De betalinghe Michaelis anno 98.

Hir uppe betalet Marquard Groper 1 m feria sexta post visitacionis Marie anno 99 (5.7.). # Idem (Lücke). # Item Hans Wise heft betalet 1 flr in die Jeronimi anno 99 (30.9.). # Idem Hans Wise defalcavit 1 m myt erden to vorende. Et sie adhuc 8β. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1510, S. 372.

1498: Anno 1498 in profesto conceptionis Marie (7. 12.) kofte Hans Kikebuß 7 klene boken by deme Wormeßdiker damme by deme olden swinhaghen vor 1 m. Alle betalet. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1511, S. 373

1516: Anno 1516 +sabbato+ in vigilia beati Bartholomei (23.8.) vorkofft Hans (statt gestrichen: Jurgen) Boleken +unde Euerdt Groper+ thorBerckhorst dath **Bodenroth** boleghe bonedden den Janekenkulen, dath Jürgen van Collen latest hefft vorhouwen, vor 6 ml. Ore houw schal waren 3 jar langk, unde 1 jar stede vrigh. Tho sunte Johanniß baptisten daghe ammejar 1517 gheven ße uth 2 ml, darnha alle jar uppe densulven dagh 2 m, so langhe de summe betalet is. Actumper me fratrem lohannem priorem presente fratre Marquardo die quo supra. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1512, S. 373.

Bercowe (Barkau)

1492: Anno 1492 koften Hinrick Paschen und Tymmeke Runghe tho Bercow dat **Zeebrock** vor 6 m. Ere how warede 4 jar. Alßeme schreff 92 to sunte Johannis baptisten daghe ghinck ere how an. Et anno 93 Johannis baptiste gheven se uth de ersten 2 m, und darna alle Johannis baptisten 2 m, so langhe went id betalet wart. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1513, S. 373.

1493: Anno 1493 kofte Clawes Stal dat **Molenzol** vor 20 β. Syn how warde eyn jar und ghinck an anno 92 Michaelis. De betalinghe uppe Johannis baptisten anno 93. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1514, S. 373.

1498: Anno 1498 des sondages vor Magdalene (15.7.) kofte Marquard Stal ene **kolinghe uppe Bercower velde** by der Penninckhorst tendens Buddekensholte vor 2 m, to betalende uppe Johannis 98.

Hir uppe betalet 1 m. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1515, S. 373.

1498: Anno 1498 kofte Olde Peter Stal dat **Koekerkenzol** vor 1 m. De betalinghe Johannis baptiste anno 98. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1516, S. 373.

1498 Anno 1498 kofte Junghe Peter Stal ene kolinghe twisschen deme Heghemore und deme **Moyskenbroke** vor 24 β. De betalinghe Johannis baptiste anno 98.

Hir uppe betalet 12 β. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1517, S. 373.

1498: Anno 1498 vorkofte Thies Bollen van des klostere wegen Michel Tammen 2boeken uppe Swinekuler velde vor 10 β. De betalinghe uppe paschen anno 99 [3i/3j. # Item 2 schock velghen vor 1 m. # Item

Hir uppe heft betalet Michel Tamme 10 β. # Item 12 β dominica die post Viti anno 99 (16.6.). SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1518, S. 373.

1499: Anno 1499 vorkofte Thies Bolte Junghen Hans Tammen to Zarow ene boke, den de wynt myt der wortelen ummeweget hadde, uppe Swinekuler velde vor 4 β. # +Solvit 2 1/2 β sabbato quatuor temporum mensis septembris anno 1500 (19.9.). SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1519, S. 373.

1499: Anno 1499 vorkofte broder Hinrick Junghen Peter Stal und Marquard Stal tor Bercow de **Lutken Hasselhorst** vor 9 m. Anno 1500 uppe Johannis baptisten gheven se uth de ersten 3 m, und vort alle Johannis baptisten 2 m, so langhe id betalet is. Ere how waret 5 jar. Anno 1504 is ere how uthe.

Solverunt 2 1/2 m feria secunda infra octavas assumptionis anno 1500 (17.8.). # Item 8 in profesto Bartholomei eodem anno (23.8.). SHRU 1989, Q. 1520, S. 373-374.

1545: Anno 45 circa festum Johannis baptiste dho nemen an sampt de Barcower de **koly** genommet **de Glynd** 10 jar. Alljar up Johannis baptiste ghevenße uth 6 m, und 1 jar stedefry. Anno 46 dabunt primam pecuniam &c. SHRU 1989, Q. 1521, S. 374.

Kellershagen (Cashagen?)

1492: Anno 1492 kofte Hinrick Druckeberch to Kellershagen de **Hilleken Kalinghe** vor 12 m myt allen eren scheiden, und strecket sick an erem velde beth an den wech, de dar gheit na deme Katteskroghe. De sulve wech gheit dar twisschen der Hilken Kalinghe unde deme Redere. Syn how warde 4 jar, uppe 4 sunte Johannis daghe to betalende, und 1 jar stede vrig. Wente id was eyn deel noch klene holt. He settede neyne borghe, men syn redeste gud, und syne frowe und syn oldeste sone stunden samelken dar vare alle. SHRU 1989, Q. 1522, S. 374.

1498: Anno 1498 (korrigiert aus: 1499) in profesto conceptionis Marie (7/12) (gestrichen, statt gestrichen: visitacionis Marie (1.7.)) kofte Titke Euerdes tome Kellershagen bokenholt vor 28 β by deme Nyen Dike belangen Kellershagen velde. Uppe passchen anno 99 (31.3.) schal he betalen 14 β, und uppe Johannis baptisten negest volgende ok 14 β.

Hir uppe betalet 15 β in profesto visitacionis Marie anno 99 (1.7.) #Item 13 β solvit dominica dedicacionis anno 1500. SHRU 1989, Q. 1523, S. 374.

1499: Anno 1499 vorkofte broder Hinrick Marquard Schomaker to Labbatze alle de boken, de dar stan twisschen Kellershager Dick und der Grotenwisch. De betalinghe Johannis 99 anno, vor 30 β. SHRU 1989, Q. 1524, S. 374.

Guttendorpp (Gothendorf)

*1493: Anno 1493 koften de Guttendorppe den **Koberch** vor 12m myt ener samender handt ene vor alle. Ere how ghing an Michaelis anno 93 und warde 4 jar. Upp 3 Michaelis de betalinghe, dat is Michaelis anno 94 4 m, anno 95 4 m, anno 96 4 m. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1525, S. 374.*

*1498: Anno 1498 koften Emeke und Hinrick Grawe to Guttendorp dat **Kyppenbrock** vor 3 m und 4 β. Vide supra in Walstorppe. SHRU 1989, Q. 1526, S. 374.*

Swinekule (Schwienkuhlen)

1498: Anno 1498 sabbato post Martini 17.11. vorkofte broder Hinrick Junghen Detleff Boyken etlike boken uppe Swinekuler velde vor 2 1/2 m. De betalinghe 20 β Jacobi anno 99. Darna in deme sulven jar Michaelis dat ander gheld.

Hir uppe betalet 20 β dominica die ante Magdalene anno 99 (21.7.). # Item 32 saccos carbonum, quemlibet saccum pro 8 d. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1527, S. 374-375.

1498: Anno 1498 sabbato post Martini (17.11.) vorkofte broder Hinrick Gotken Rodenborch etlike boken uppe Swinekuler velde vor 1 m. De betalinghe Jacobi anno 99. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1528, S. 375.

1499: Anno 1499 feria quartapost Vincencii (23.1.) vorkofte broder Hinrick Tymmeken Gloden vor 2 m boken uppe Swinekuler velde. Solucio Johannis. Alle betalet. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1529, S. 375.

1498: Anno 1498 kofte Thonnies Koster van broder Hinrick etlike boken uppe Swinekuler velde gheheten de Ertberenberch vor 1 m, to betalende de β negesten Johannis baptisten anno 98.

Hir uppe betalet 8 β de β sondages vor Magdalene (1498, 14.7.). SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1530, S. 375.

1498: Anno 1498 circa festum Magdalene #2/77 vorkofte broder Hinrick Ehe, Euerdes etlike boken uppe dem Ertberenberghe vor 1 g, to betalende uppe Johannis baptisten anno 99.

Hir uppe betalet 12 β Johannis anno 99. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1531, S. 375.

1500: Anno 1500 circa festum Mathei pi/9j vorkofte Thies Bolte van des closters weggen Hanß Koster tor Swinekule 4 boken to velghen vor 21 β.

Hir up betalet 11 β feria quinta quatuor temporum post Invocavit anno 1501 (4.3.) SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1532, S. 375.

1500: *Item eodem anno in profesto Clementi (22.11.) Michel Tamme in Bercow emit 4 arbores faginas pro rotis, quamlibet arborem pro 4 β, hoc est simul 1 m.* SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1533, S. 375.

1545: Anno 45 dho nemen an de Swynekulers van my pryor Henningus de **Barckower Koly** 8 jar lanck. Und aljar up Johannis baptiste ghyffi eyn ider 12β utht. Anno 46βo schal dat erste gelt uth. Und eyn jar siede fry. Anno 46 4748 49 50 51 52 53 54 hoc anno nil dant. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1534, S. 375.

]Nyenswochel (Schwochel)

1496: Anno 1496 wart vorkoft Detleff Langhebene de kolinghe uppe den **Elfenstucken** upp Nyenswocheler velde vor 3 m unde ene vore tho Lübeck. Syn how warde 2 jar und ghing an tho passchen anno 96 [3/4j. In deme sulven jar Johannis baptisten betalde he 1 g. Darna over 1 jar dat nastande gheldt alle. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1535, S. 375.

1498: Anno 1498 circa festum omnium sanctorum (1.11) vorkofte broder Hinrick Ghanteruort Detlef Langebene enen ort holtes by deme Lutken **Heldal** pro 4 m und ene vore to Lübeck. Dat Swogeler velt is de ene syde der scheide, unde de wech, de dar kumpt van Berlinß kolinghe, is de ander scheide. Uppe enem ende na Swocheler velde hebbe wy dar enen ort holtes flecken maket up slete, de schal he stan laten. Des anderen ende is ene depe grundt by enem witsale kortes vorhoben. Wat in der grünt steit, mede aftohovende. Vort an stat dar grote boken vor deme holte. Syn how ghing an Johannis anno 98 und wart 2 jar, und 1/2 jar stede vrig. Und 2 m schal he betalen Johannis 98, und 2 m des negesten Michaelis.

Hir uppe synt betalet 3 m. So is he noch schuldich 1 m. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1536, S. 375.

1498: Anno 1498 kofte Clawes Borchers enen remen holtes twisschen deme Santkampe und deme Hynholte vor 8 β, to betalende uppe Johannis anno 99. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1537, S. 376.

1498: Anno 1498 kofte Hans Borne bokenholt uppe Nyenswocheler velde, dar schal he vor gheven 1 g uppe Johannis anno 99. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1538, S. 376.

1499: Anno 1499 feria quinta post festum beati Mathie 12312] kofte Clawes Kalre vor 2 m bokenholtes byme Kronsribben uppe S wochelerß velde. 1 m schal he betalen Johannis, de ander m Jacobi in deme sulven jar.

*Hir uppe betalet 1 m dominica Palmarum anno 1500 (12.4.) SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1539, S. 376.

Specteshaghen (Spechs, wüstgefallen)

1495: Anno 1495 kofte Hinrick Berlin eyn ordt holtes uppe Specteshagher velde vor 3 m. Syn how warde 2 jar und ghinck an to vastelavende anno 95 (26.2. bis 3.3.) Johannis baptisten anno 95 betalede he den ersten gülden &c. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1540, S. 376.

1495: Anno 1495 kofte Steffen Schreyll to Nyenswochel enen ort holtes vor 28 ß. Tho vastelavende (26.2.bis 3.3.) ghinck syn how an und warde bette sunte Michaelis daghe over en jar. Uppe sunte Michaelis daghe ghaff he uth 1 m, darna Michaelis 12 ß. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1541, S. 376.

1495: Anno 1495 kofte Hans Meklenborch enen ordt holtes uppe Specteshager velde by deme Steghe, und is myt bomen bescheidet, vor 1 m. De betalinghe Michaelis anno 95. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1542, S. 376.

1494: Anno 1494 wart vorkoft en ort holtes uppe Specteshager velde äff de ßit Thomas Borch kalinghe, und grenßet uppe Swocheler (gestrichen: velde) scheidbeke. Uppe deß syde herwert is myt laten umme scheidet. Und de ander ende scheidet uppe enen wech. Vor 4 m. De how ghing an uppe wynachten 94 und warde 2 jar langk, unde 1/2 jar stede vrigh. Uppe 2 Johannis baptisten de betalinghe. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1543, S. 376.

1499: Anno 1499 kofte Hans Meklenborch vor 24 ß boken vor de Specteshager Kampe und by der Grotenwisch vor 8 ß weckholt. Dat wolde he uppe pinxten betalen anno 99 (19.5.). SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1544, S. 376.

Arnsboken (Ahrensbök)

1494: Anno 1494 kofte Marquard Zureber to Nyenswochel enen ort holtes by deme Abelkendike vor 28 ß, und is uppe deme enen ende myt ener beken bescheidet und uppe deme anderen ende myt eneme weghe, und uppe der syden des holtes is id beflecket myt bokenbomen. De helfte de geldes gaff (fehlt: he) uth to vastelavende (6. bis 11. 2.), de ander

helfte Johannis baptiste. Syn how warde to Johannis baptiste aver 1 jar. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1545, S. 376.

*1498: Anno 1498 des vridages na Michaelis (5.10.) kofte Peter Stal de boken twisschen der Jordane uppe Arnsboker velde bette to deme Nyendamme langes der beken vor 2 1/2 m. Anno 99 uppe Johannis schal he dat gheldt uthgeven. *Hir uppe betalet 1 m des dinxdages vor Johannis anno 99 (18.6.) SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1546, S. 376-377.*

1499: Anno 1499 uppe sunte Gregorius daghe (12. 3.) vorkofte broder Hinrick G(antehuert) Hinrick Berlin bokenholt vor 3 m und 4 β und ene vote to Lübeck, wen dar to seget is. De stan twisschen deme stige, dede gheit na Florekendorpper Molen, und deme Abelenbeke unde deme landtweghe. Vor 26 β. De schal he betalen vor Michaelis anno 99, de anderen 26 β des anderen Michaelis, und so is syn how uthe. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1547, S. 377.

Florekendorpp (Flörkendorf)

1493: Anno 1493 wart vorkofft eyn ordt holtes by der Cumpenien und was myt laten umme bescheidet, vor 28 β. De how de warde van sunte Michaelis daghe over dat jar. Tho vastelavende anno 93 (14. bis 19. 2.)worden betalet 14 β, darna Johannis dat ander gheldt. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1548, S. 377.

*1493: Anno 1493 wart vorkofft dat **Schritbrock** beleggen twisschen deme Klockenkampe und ere scheidet vor 4 m myt etliken ekenwraghen, dede nicht deneden tho buwette efte tho mäste. Uppe Johannis baptiste anno 93 ghing de how an. Und darna uppe Johannis anno 94 worden betalet 2 m, und anno 95 uppe Johannis 2 m. De how warde 3 jar. Wente id is eyn waterbrock und was klene bewassen. SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1549, S. 377*

*1497: Anno 1497 kofte Hans Borne eyn ordt holtes vor 18 β belegen uppe deme **Klockencampe**. Syn how schal waren 4 jar, wente id is noch cleyne, und he is eyn nye tokamende man. Tho sunte Johannes anno 97 gheit syn how an, und Johannis anno 98 so ghift he uth 9 β. Tho deme ander jar ock so vele. # Item noch is he schuldich 1 flr vor bokenholt. # Item noch 2 m de lende eme broder Reynolt.*

Hir uppe betalet 1 m dominica post Margarete anno 99 (14.7.) # Item 18 β solvit procuratori. # Item 1 flr omnium sanctorum 99 (1.11.) SHRU 10, 1989, 1989, Q. 1550, S. 377

11.3.11 Schriftquellen zum Holzkohleverbrauch aus dem Urkundenbuch des Bistums Lübeck

Aus den Schlewig-Holsteinischen Regesten und Urkunden 15, Urkundenbuch des Bistums Lübeck Bd. 4, Urkunden von 1510-1530 und andere Texte. Bearbeitet von W. Prange, (Neumünster 1996).

Neben einzelnen unerheblichen Erwähnungen von Holzkohle und Kerzen zum Heizen und Beleuchten von Kapellen und Kirchen wird der Betrieb einer Kupermühle erwähnt.

26. 1. 1530: Bischof Heinrich von Lübeck verkauft den Lübecker Bürgern Paul und Erhard Hisfelder und Hans Karl für die zu ihrer Kupfermühle in Sereetz benötigten Kohlen Holz im Riesebusch.

...und thor koppermöhlen vele kalen behoven, þo hebbe wy ohnen und ohren erven uth sudergen gnaden und gunst tho underholding sulcker möhlen datt holt uppe dem Rißebusch, so with und ferne sulckc holt darvon jungest den buren verkofft iß und von densulvigen gehowen, vor hundert marck Lubisch, ...dat se sulck holt na ohrem gefalle und nuttelich mogen hegen und howen. Und wor de hester der ekenholte tho dicke staen, so mogen se desulven ungefherlig thu eynem offte twen vadem rumeß vonander affhowen und dat beste und geschickeste bestan laten. Wy willen ock allen unsen ambtluden hirmith befallen und gebaden hebben, sulck holt thu gedachter koppermöhlen beste glick unserm eigen holte tho helpen bescharmen und de straffen, de sick darinne darinne vergripen...

Der Vertrag gilt für vier Jahre, danach ist eine jährliche Zahlung von 50 Matk Lübsch erforderlich, um die Nutzungsrechte zu erhalten.

SHRU 15, Q. 2378, S. 231-232.

1414-1449. 1515: Nikolaus Sachows Repertorium über die bischöflichen Urkunden

De molendinis

Es werden Kohlplätze bei Gnissau genannt, die in Verwaltung des Klosters Ahrensböök stehen.

...Note molendinum istud non subsistit, sed sunt prata eius et <una> due parve kolinge, de illis <Carthusienses, quorum est villa> solvunt vel cui locetur> annuatim...

SHRU 15, Q. 2507, S. 724

De silvis

...Item dealiquibus silvis venit bonus census, quando venduntur ad carbonandum. Sed hoc fit in silvis prope Lubeck propter propinquitatem ad civitatem, et ibi sunt multe tales silve vocate generaliter de kohlinge. Sed alibi vix eis aliud provenit quam quod ad castrum Vthin aliquas lastas carbonum adducunt carbonantes secundum quod cum eis poterit concordari.

Et semper in istis vendicionibus excipiuntur ligna quercina et fagina, si que inserta sunt &c...

Es folgt eine Aufzählung von Waldstücken, aus denen die Kohle stammt, darunter sind viele Waldungen zu finden, die sich zwischen Eutin und Lübeck, demnach dem Raum Ahrensböök befinden. Genannt sind u. a. das Hegeholz, das Waldstück Holm bei Ahrensböök, das Bockholter veld, sowie das Heyneholte.

SHRU 15, Q. 2507 S. 737-738.

Ein weiterer Hinweis auf die Holzkohlelieferungen aus dem Bereich des Klosters Ahrensböök findet sich in derselben Quelle an anderer Stelle:

...Quod tamen iam non subsistit, sed <Carthusienses Arnsboken, quorum nunc est villa,> pro pratis et loco eiusdem molendini et koline et decima rustici solvunt annuatim 5m, licet 6 esse deberent ex concordia cum rusticis, ut in registro decimarum...

SHRU 15, Q. 2507, S. 731.

11.3.12 Holzkohlelieferungen aus den fürstlichen Wäldern bei Bargstedt

Nach H. ROHWER, Chronik des Walddorfes Bargstedt im Kirchspiel Nortorf von 1540 bis 1700 (Nortorf 1996) 147.

Amtsrechnungen Nortorf 1589: *In seiner Majestät Wald sind 878 Last Kohlen gebrannt, Heuer hierfür je 4 Schilling.*

Amtsrechnungen Nortorf 1672: *Kohlenholz erhielten ausgewiesen Bargstedt 9 Stämme, Hütten 4, Holtdorf 5, Brammer 7, Embühren 6, Hamwedel 10 Stämme; Pastor und Diakonus in Nortorf je 5 Faden und 3 Stämme Brennholz, der Kirchspielsvogt 10 Faden und 16 Stämme.*

Amtsrechnungen Nortorf 1681: *Für Kohlenmeiler zahlten im Kspl. Nortorf nur Peter Wendelmann, Timm und Hans Horstmann in Oldenhütten je 1 Rthlr.*

Amtsrechnungen Nortorf 1697: *Kohlenmeiler: Timm Harders, Jürgen Sievers, Hinrich Hartmann, Claus Wedelmann in Oldenhütten je 1 Meiler. Im Kspl. Nortorf waren die Dörfer Holtorf [sic!], Soeren, Langwedel und Schülpe besonders an der Holzverkohlung beteiligt.*

12 Katalog der Fundstellen

Die im Text beschriebenen Fundstellen werden im Katalogteil nochmals zusammenfassend dargestellt. Die Lage der Fundstellen wird zum einen durch die Angabe der Gauß-Krüger Koordinaten ($\pm 10\text{m}$), zum anderen durch den entsprechenden (nicht maßstabsgetreuen) Ausschnitt aus der deutschen Grundkarte bezeichnet. Angefügt an die Fundstellenbeschreibung befinden sich die Ergebnisse der Radicarbonatierung und die der Holzkohleanalyse.

12.1 Köhlereien im Holtdorfer Gehege

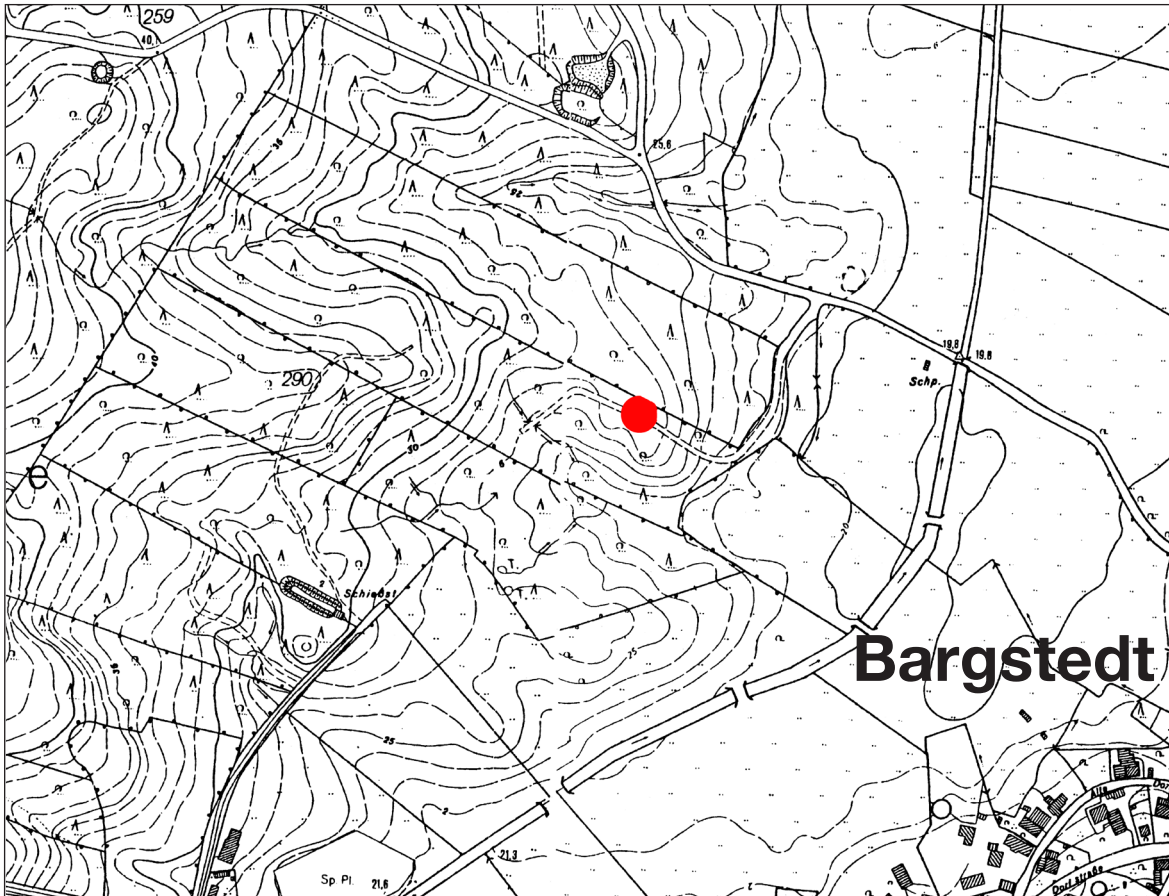
12.1.1 Meilerstelle BAR 4

Ort: Bargstedt

Lage: Ostrand Holtdorfer Gehege, R3550 104; H6004 859

Gemeinde/Kirchspiel: Gemeinde Bargstedt, ehemaliges Kirchspiel Nortorf.

Kreis: Rendsburg-Eckernförde



Befund: runde-ovale Meilerstelle mit ca. 10 m Durchmesser. Der Befund wird durch einen Feldweg gestört. Das durch die Kohlenbrennerei entstandene Löscheband hat eine Mächtigkeit von ca. 10 cm.

Funde: keine

Holzkohleanalyse: durchgeführt von Y. EHLERS (2006)

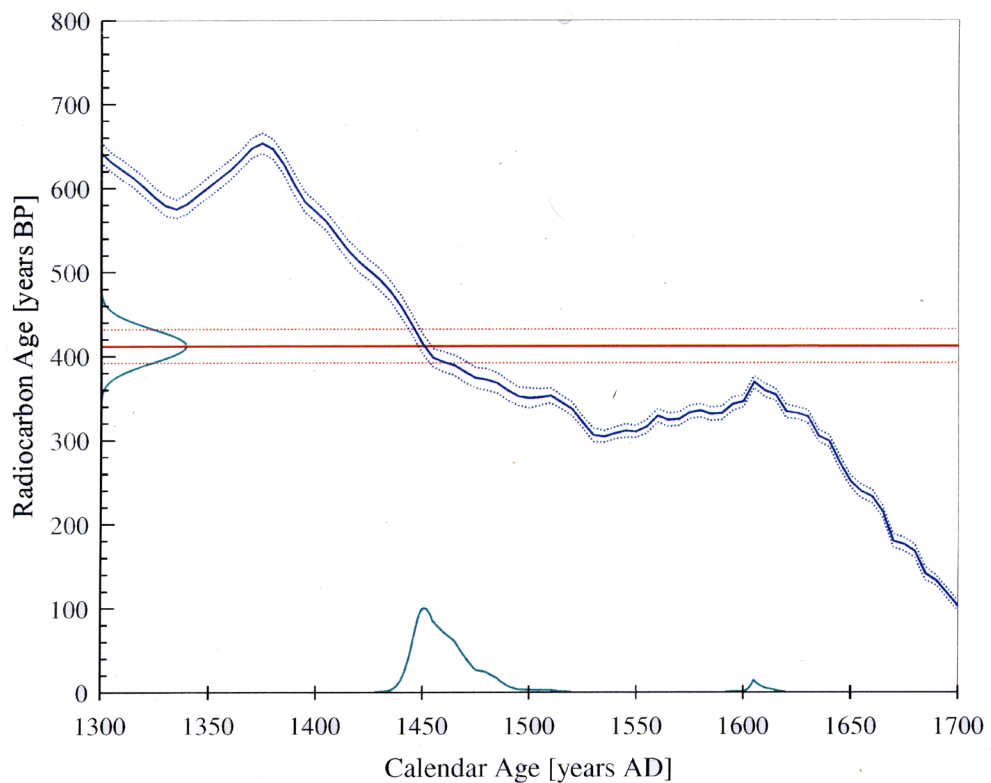
C-14 Datierung:

KIA36030 BAR 4 - Holzkohle

Holzkohle, Bargstedt, Holtorfer Gehege (Meilerstelle wird von Fahrtrasse durchschnitten),
Entnahmetiefe: 0,2 m

Fraktion	PMC (korrigiert)†	Radiokarbonalter	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})\ddagger$
Holzkohle, Laugenrückstand, 5.6 mg C	95.00 ± 0.24	410 ± 20 BP	-28.45 ± 0.26

Radiocarbon Age: BP 412 ± 20
One Sigma Range: cal AD 1444 - 1468 (Probability 68.3 %)
Two Sigma Range: cal AD 1437 - 1492 (Probability 93.5 %)
(Probability 95,4 %) 1603 - 1610 (Probability 1.9 %)



Literaturhinweise zur Kalibrierung:

Das kalibrierte Alter wurde bestimmt mit „CALIB rev 5.01“

Datensatz: IntCal04, Reimer et al., Radiocarbon 46:1029-1058.

† „PMC (korrigiert)“ bezeichnet den prozentualen Anteil an modernem (1950) Kohlenstoff, korrigiert auf Massenfraktionierung mittels der ^{13}C Messung.

‡ Bitte beachten Sie, dass der $\delta^{13}\text{C}$ Wert Fraktionierungen in der Probenaufbereitung sowie während der AMS Messung beinhaltet und daher nicht mit einer massenspektrometrischen Messung verglichen werden kann.

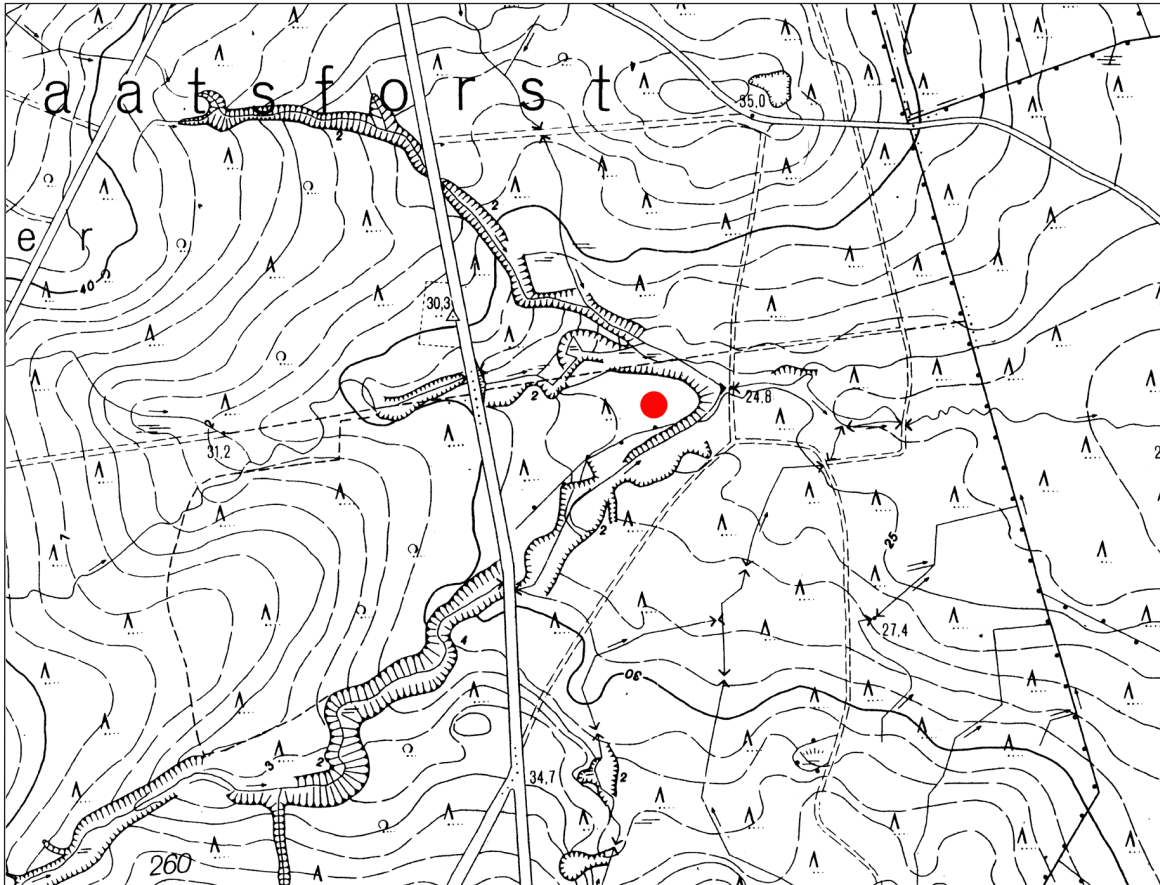
12.1.2 Köhlerei, Meilerstellen BAR 5 bis BAR 12

Ort: Bargstedt

Lage: Mitte Holtdorfer Gehege, R3549 462; H6005 366

Gemeinde/Kirchspiel: ehemalige Flur Holtdorfs, nach Eingemeindung zur Gemeinde Bargstedt, ehemaliges Kirchspiel Nortorf.

Kreis: Rendsburg-Eckernförde



Befund: Köhlerei mit insgesamt 8 nachweisbaren Meilerstellen auf engstem Raum. Die Meilerstelle zeichnen sich als bis zu 20 cm tiefe Mulden von etwa 8 m Durchmesser im Gelände ab. Das Erdreich ist stark mit Holzkohle durchsetzt. Die Meilerstellen sind von einem flachen Wall umschlossen, der aus nicht holzkohlehaltigem Sand besteht. Nördlich und südlich der Köhlerei fließen zwei ständig wasserführende Bäche, welche sich direkt östlich der Köhlerei vereinigen. In den Meilerstellen **BAR 5** und **BAR 8** beträgt die Mächtigkeit des Löschebandes bis zu 20 cm. Das Löscheband der Meilerstelle BAR 8 teilt sich stratigraphisch in zwei Phasen (siehe Holzkohleanalyse Bar 8, Abträge 1 und 2; Bar 8, Abtrag 4).

Funde: in der Meilerstelle BAR 8 wurde eine Glasscherbe und ein Stück versinterte Keramik, vermutlich ein Hafbruchstück gefunden. Die Funde stehen nicht im direkten Zusammenhang zur Köhlerei und müssen als zufällige Einträge betrachtet werden.

Holzkohleanalyse: durchgeführt von O. Nelle und A. Paysen

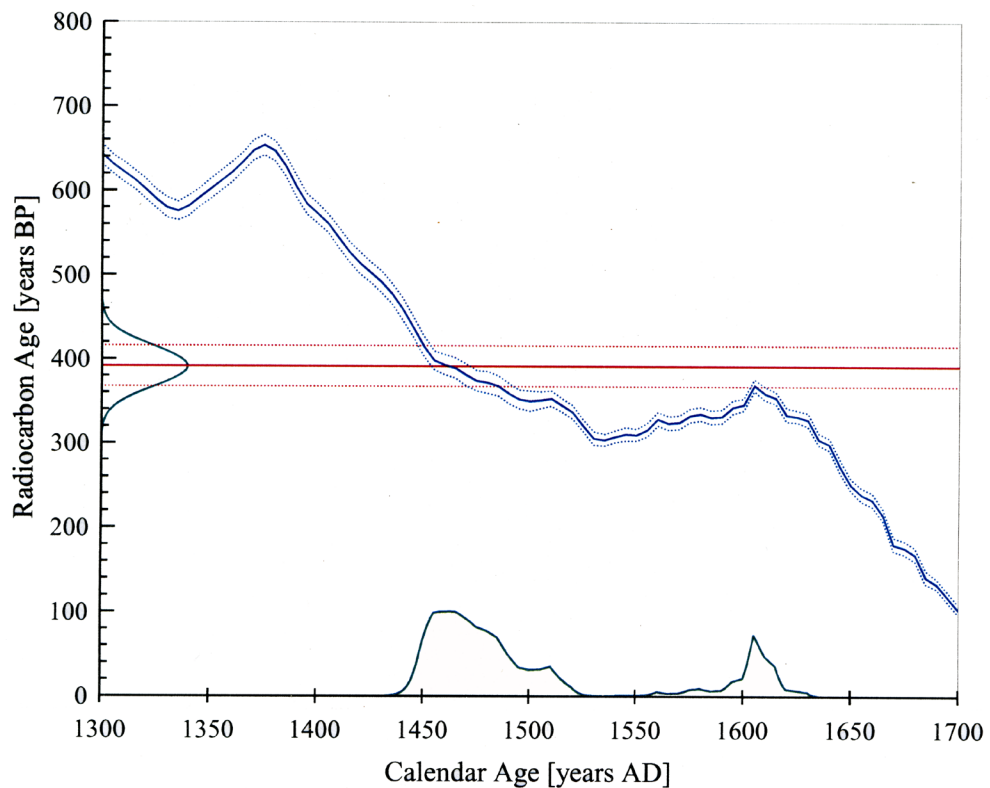
C-14 Datierung:

KIA35934 BAR 5 - Holzkohle

Holzkohle, Bargstedt, Holtorfer Gehege, Entnahmetiefe: 20 cm

Fraktion	PMC (korrigiert)†	Radiokarbonalter	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})\ddagger$
Holzkohle, Laugenrückstand, 5.6 mg C	95.25 ± 0.28	390 ± 25 BP	-26.00 ± 0.22

Radiocarbon Age: BP 391 ± 24
One Sigma Range: cal AD 1448 - 1491 (Probability 60.1 %)
(Probability 68,3 %) 1603 - 1610 (Probability 8.2 %)
Two Sigma Range: cal AD 1442 - 1521 (Probability 77.5 %)
(Probability 95,4 %) 1576 - 1582 (Probability 0.9 %)
1591 - 1621 (Probability 17.0 %)



Literaturhinweise zur Kalibrierung:

Das kalibrierte Alter wurde bestimmt mit „CALIB rev 5.01“

Datensatz: IntCal04, Reimer et al., Radiocarbon 46:1029-1058.

† „PMC (korrigiert)“ bezeichnet den prozentualen Anteil an modernem (1950) Kohlenstoff, korrigiert auf Massenfraktionierung mittels der ^{13}C Messung.

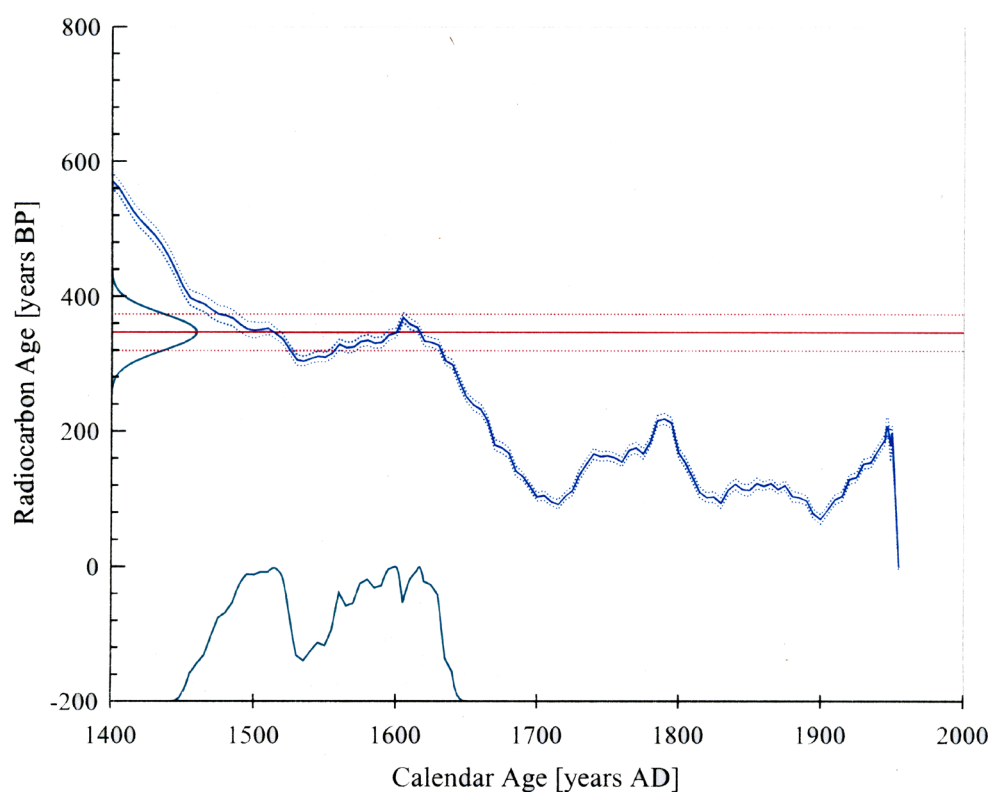
‡ Bitte beachten Sie, dass der $\delta^{13}\text{C}$ Wert Fraktionierungen in der Probenaufbereitung sowie während der AMS Messung beinhaltet und daher nicht mit einer massenspektrometrischen Messung verglichen werden kann.

KIA35501 BAR 8 Abtrag 2

Holzkohle (mehrere Proben tüten/Papiertüten), Bargstedt, Holtorfer Gehege,
Entnahmetiefe: 0,2 m

Fraktion	PMC (korrigiert)†	Radiokarbonalter	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$ ‡
Holzkohle, Laugenrückstand, 5.3 mg C	95.77 ± 0.32	345 ± 25 BP	-26.49 ± 0.19

Radiocarbon Age: BP 347 ± 27
One Sigma Range: cal AD 1486 - 1523 (Probability 26.6 %)
(Probability 68,3 %) 1559 - 1562 (Probability 2.0 %)
1571 - 1630 (Probability 39.6 %)
Two Sigma Range: cal AD 1463 - 1533 (Probability 39.1 %)
(Probability 95,4 %) 1536 - 1635 (Probability 56.3 %)



Literaturhinweise zur Kalibrierung:

Das kalibrierte Alter wurde bestimmt mit „CALIB rev 5.01“

Datensatz: IntCal04, Reimer et al., Radiocarbon 46:1029-1058.

† „PMC (korrigiert)“ bezeichnet den prozentualen Anteil an modernem (1950) Kohlenstoff, korrigiert auf Massenfraktionierung mittels der ^{13}C Messung.

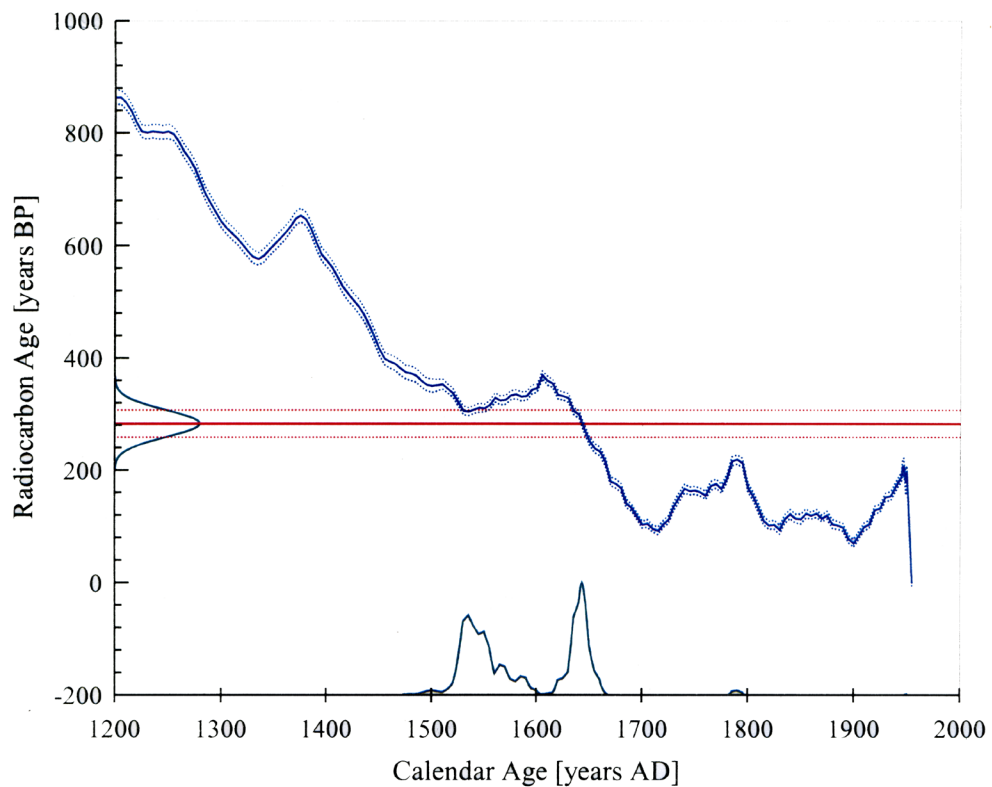
‡ Bitte beachten Sie, dass der $\delta^{13}\text{C}$ Wert Fraktionierungen in der Probenaufbereitung sowie während der AMS Messung beinhaltet und daher nicht mit einer massenspektrometrischen Messung verglichen werden kann.

KIA37112 BAR 8 Abtr. 4 Carpinus

Holzkohle; Fundort: Borgstedt, Holtdorfer Gehege; Entnahmetiefe: 40 cm

Fraktion	PMC (korrigiert)†	Radiokarbonalter	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})\ddagger$
Holzkohle, Laugenrückstand, 4.5 mg C	96.54 ± 0.28	285 ± 25 BP	-30.88 ± 0.42

Radiocarbon Age: BP 283 ± 24
One Sigma Range: cal AD 1526 - 1556 (Probability 38.2 %)
(Probability 68,3 %) 1632 - 1652 (Probability 30.1 %)
Two Sigma Range: cal AD 1517 - 1594 (Probability 55.3 %)
(Probability 95,4 %) 1618 - 1662 (Probability 40.1 %)



Literaturhinweise zur Kalibrierung:

Das kalibrierte Alter wurde bestimmt mit „CALIB rev 5.01“

Datensatz: IntCal04, Reimer et al., Radiocarbon 46:1029-1058.

† „PMC (korrigiert)“ bezeichnet den prozentualen Anteil an modernem (1950) Kohlenstoff, korrigiert auf Massenfraktionierung mittels der ^{13}C Messung.

‡ Bitte beachten Sie, dass der $\delta^{13}\text{C}$ Wert Fraktionierungen in der Probenaufbereitung sowie während der AMS Messung beinhaltet und daher nicht mit einer massenspektrometrischen Messung verglichen werden kann.

12.2 Meilerstellen im Riesewohld

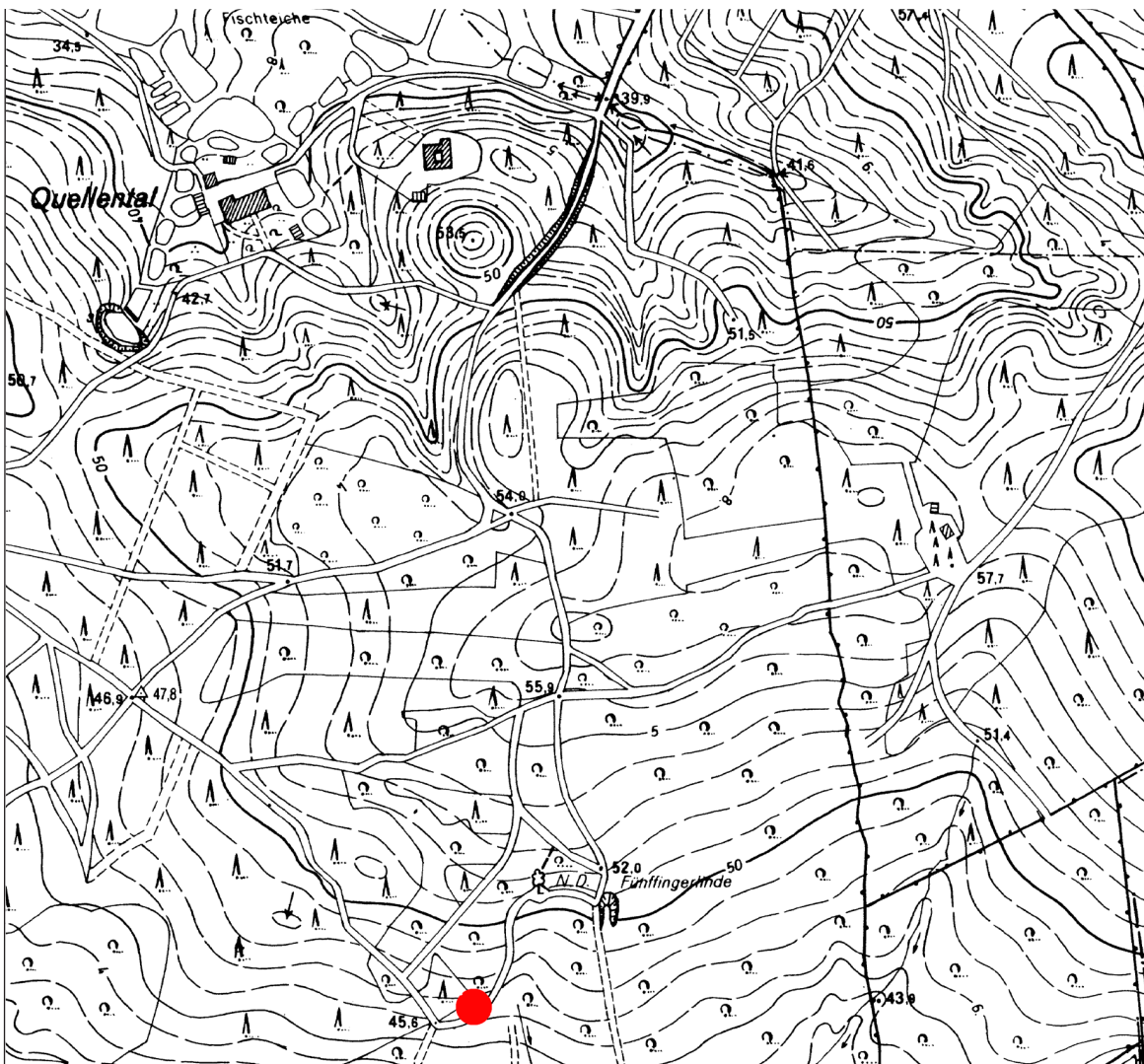
12.2.1 Meilerstellen im Flurstück Kahlbüth

Ort: Odderade

Lage: Im Nordteil des Riesewohldes, nahe der Fünffingerlinde (Naturdenkmal) R 3514 332; H 6002 154

Gemeinde/Kirchspiel: Odderade

Kreis: Dithmarschen



Befund: Zwei dicht beieinander liegende Meilerstellen von etwa 5 m Durchmesser. Die Meilerstellen zeichnen sich als Mulden von etwa 40 cm Tiefe vom Gelände ab. Die nördliche der beiden Meilerstellen wurde archäologisch untersucht. Die ehemalige Meilerstelle hat einen Durchmesser von 5 m-5,5 m, das Löscheband ist etwa 20 cm mächtig, jedoch nur wenig mit Kohle durchsetzt. Die nördliche Meilerstelle wird von einem Verkoppelungswall gestört.

Funde: keine

Holzkohleanalyse: durchgeführt von A. Paysen

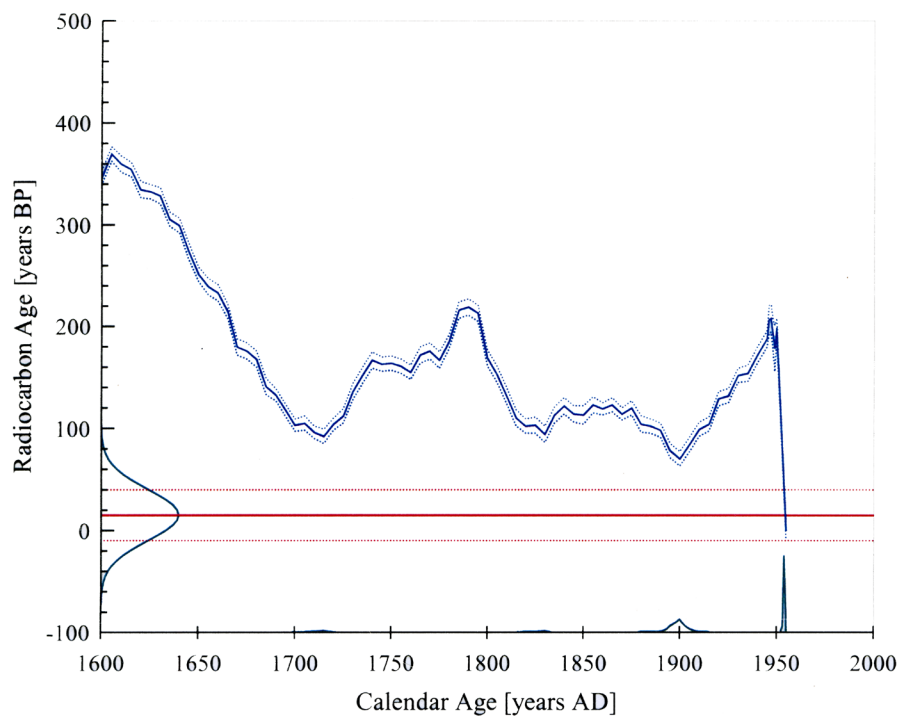
C-14 Datierung:

KIA37111 Riesewohld Meiler Abtr. 4 Betula

Holzkohle; Fundort: Riesewohld, Dithmarschen; Entnahmetiefe: 0,3 m

Fraktion	PMC (korrigiert)†	Radiokarbonalter	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})\ddagger$
Holzkohle, Laugenrückstand, 3.4 mg C	99.81 ± 0.31	15 ± 25 BP	-30.40 ± 0.46

Radiocarbon Age:	BP	15 ± 25	*
One Sigma Range:	cal AD	1898 - 1901 (Probability 23.2 %)	
(Probability 68,3 %)		1953 - 1955 (Probability 45.1 %)	
Two Sigma Range:	cal AD	1707 - 1719 (Probability 4.8 %)	
(Probability 95,4 %)		1825 - 1832 (Probability 2.9 %)	
		1885 - 1913 (Probability 50.6 %)	
		1952 - 1955 (Probability 37.2 %)	



Literaturhinweise zur Kalibrierung:

Das kalibrierte Alter wurde bestimmt mit „CALIB rev 5.01“
Datensatz: IntCal04, Reimer et al., Radiocarbon 46:1029-1058.

† „PMC (korrigiert)“ bezeichnet den prozentualen Anteil an modernem (1950) Kohlenstoff, korrigiert auf Massenfraktionierung mittels der ^{13}C Messung.

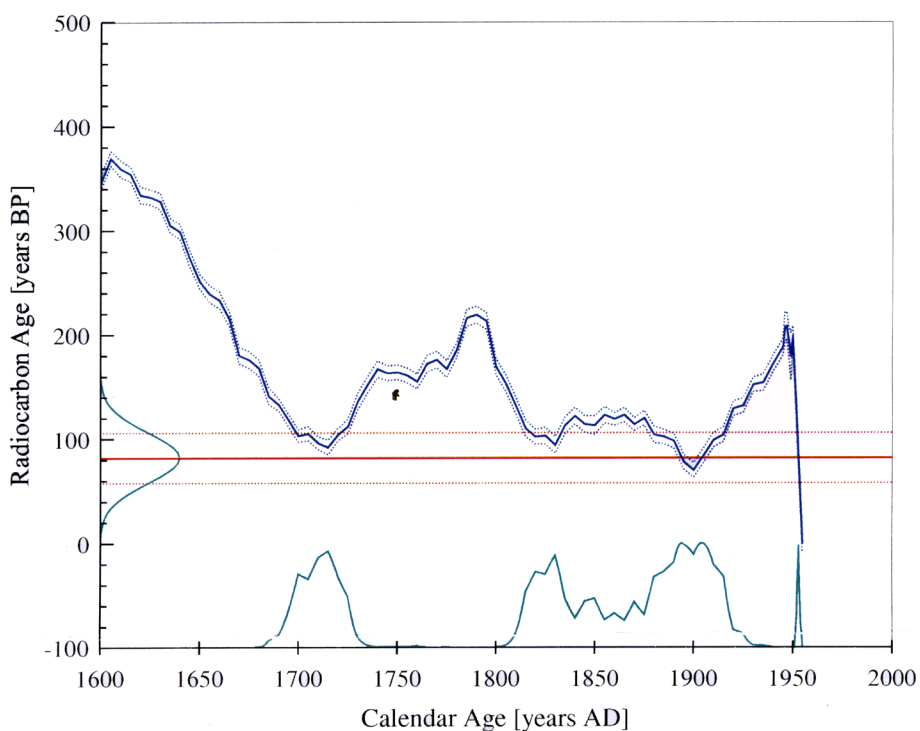
‡ Bitte beachten Sie, dass der $\delta^{13}\text{C}$ Wert Fraktionierungen in der Probenaufbereitung sowie während der AMS Messung beinhaltet und daher nicht mit einer massenspektrometrischen Messung verglichen werden kann.

KIA37973 Holzkohle Betula

Meiler Riesenwohld/Oddenrade

Fraktion	PMC (korrigiert)†	Radiokarbonalter	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})\ddagger$
Holzkohle, Laugenrückstand, 6.5 mg C	98.99 ± 0.30	80 ± 25 BP	-27.31 ± 0.31

Radiocarbon Age: BP 82 ± 24
One Sigma Range: cal AD 1698 - 1722 (Probability 20.0 %)
(Probability 68,3 %) 1817 - 1834 (Probability 13.8 %)
1879 - 1916 (Probability 34.6 %)
Two Sigma Range: cal AD 1693 - 1728 (Probability 24.6 %)
(Probability 95,4 %) 1812 - 1919 (Probability 69.0 %)
1952 - 1954 (Probability 1.9 %)

**Literaturhinweise zur Kalibrierung:**

Das kalibrierte Alter wurde bestimmt mit „CALIB rev 5.01“

Datensatz: IntCal04, Reimer et al., Radiocarbon 46:1029-1058.

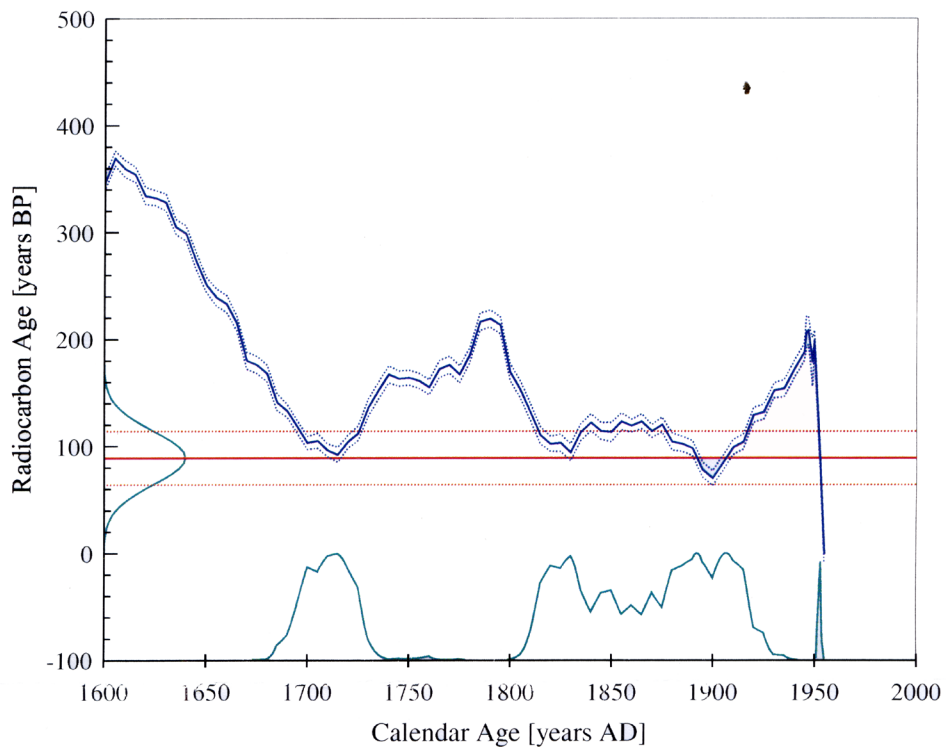
† „PMC (korrigiert)“ bezeichnet den prozentualen Anteil an modernem (1950) Kohlenstoff, korrigiert auf Massenfraktionierung mittels der ^{13}C Messung.

‡ Bitte beachten Sie, dass der $\delta^{13}\text{C}$ Wert Fraktionierungen in der Probenaufbereitung sowie während der AMS Messung beinhaltet und daher nicht mit einer massenspektrometrischen Messung verglichen werden kann.

KIA37972 Holzkohle *Prunus spinosa*
Meiler Riesenwohld/Oddenrade

Fraktion	PMC (korrigiert)†	Radiokarbonalter	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})\ddagger$
Holzkohle, Laugenrückstand, 6.1 mg C	98.90 ± 0.31	90 ± 25 BP	-28.18 ± 0.24

Radiocarbon Age: BP 89 ± 25
 One Sigma Range: cal AD 1697 - 1725 (Probability 22.1 %)
 (Probability 68,3 %) 1814 - 1835 (Probability 15.9 %)
 1877 - 1917 (Probability 30.4 %)
 Two Sigma Range: cal AD 1691 - 1729 (Probability 25.8 %)
 (Probability 95,4 %) 1810 - 1923 (Probability 69.6 %)



Literaturhinweise zur Kalibrierung:

Das kalibrierte Alter wurde bestimmt mit „CALIB rev 5.01“
 Datensatz: IntCal04, Reimer et al., Radiocarbon 46:1029-1058.

† „PMC (korrigiert)“ bezeichnet den prozentualen Anteil an modernem (1950) Kohlenstoff, korrigiert auf Massenfraktionierung mittels der ^{13}C Messung.

‡ Bitte beachten Sie, dass der $\delta^{13}\text{C}$ Wert Fraktionierungen in der Probenaufbereitung sowie während der AMS Messung beinhaltet und daher nicht mit einer massenspektrometrischen Messung verglichen werden kann.

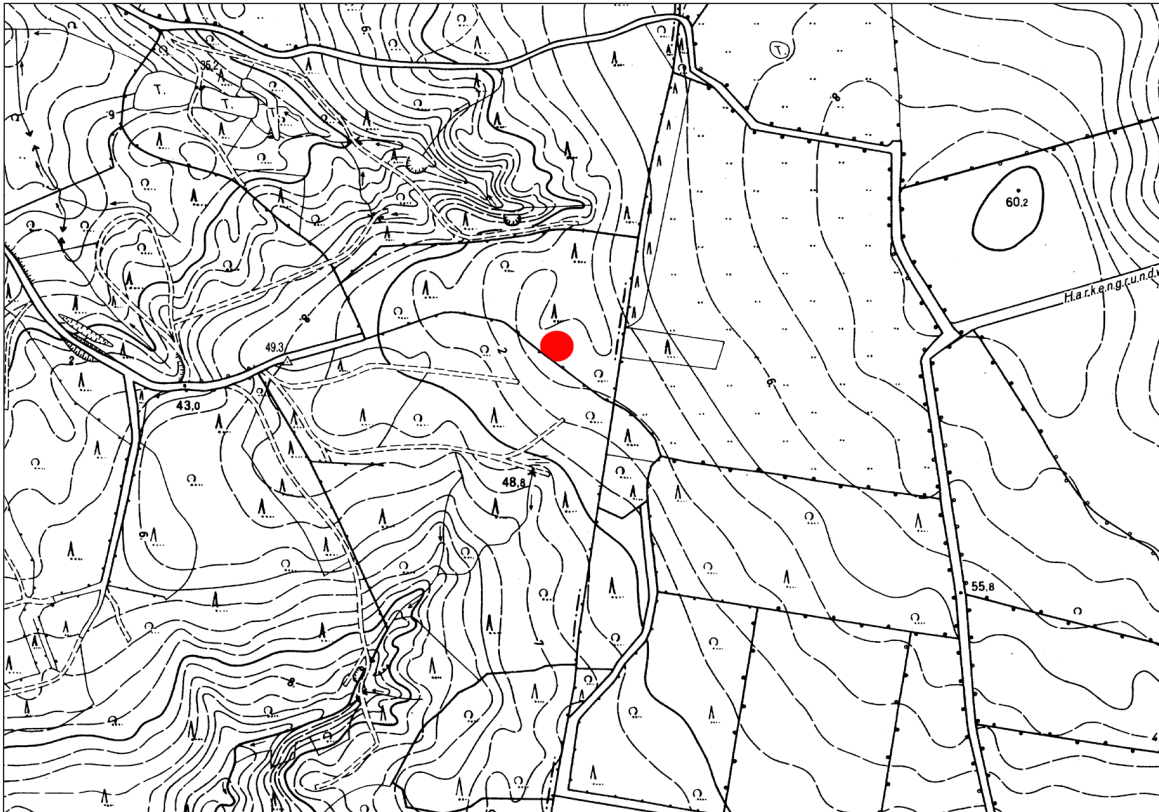
12.2.2 Meilerstellen im Flustück Höll

Ort: Odderade

Lage: Am Ostrand des Riesewohldes, R 35145 702; H 6000 434

Gemeinde/Kirchspiel: Odderade

Kreis: Dithmarschen



Befund: Drei dicht beieinander liegende, flache Meilerstellen von je etwa 9 m Durchmesser. Die Mächtigkeit der Löschebänder konnte durch Bohrungen auf 15 cm ermittelt werden. Um jede Meilerstelle herum ist ein flacher, mit Holzkohle durchsetzter Wall vorhanden. eine der Meilerstelle wird von einem Verkoppelungswall geschnitten.

Funde: keine

Holzkohleanalyse: durchgeführt von V. Arnold (2006)

C-14 Datierung: durch V. Arnold, 18.-20. Jahrhundert

12.3 Meilerstellen bei Ahrensböck

12.3.1 Meilerstelle im Waldstück Köhlen

Ort: Diekhof

Lage: In der Mitte des Waldstückes Köhlen, R4403 264; H5984 441

Gemeinde/Kirchspiel: Pronsdorf

Kreis: Segeberg



Befund: Vollkommen verschliffene, obertägig nicht zu erkennende Meilerstelle auf einer Terrasse an einem den Wald durchfließenden Bach. Die Holzkohleausbreitung hat etwa 4-4,5 m Durchmesser, die Löscheschicht ist 15-20 cm mächtig.

Funde: keine

Holzkohleanalyse: durchgeführt von A. Paysen

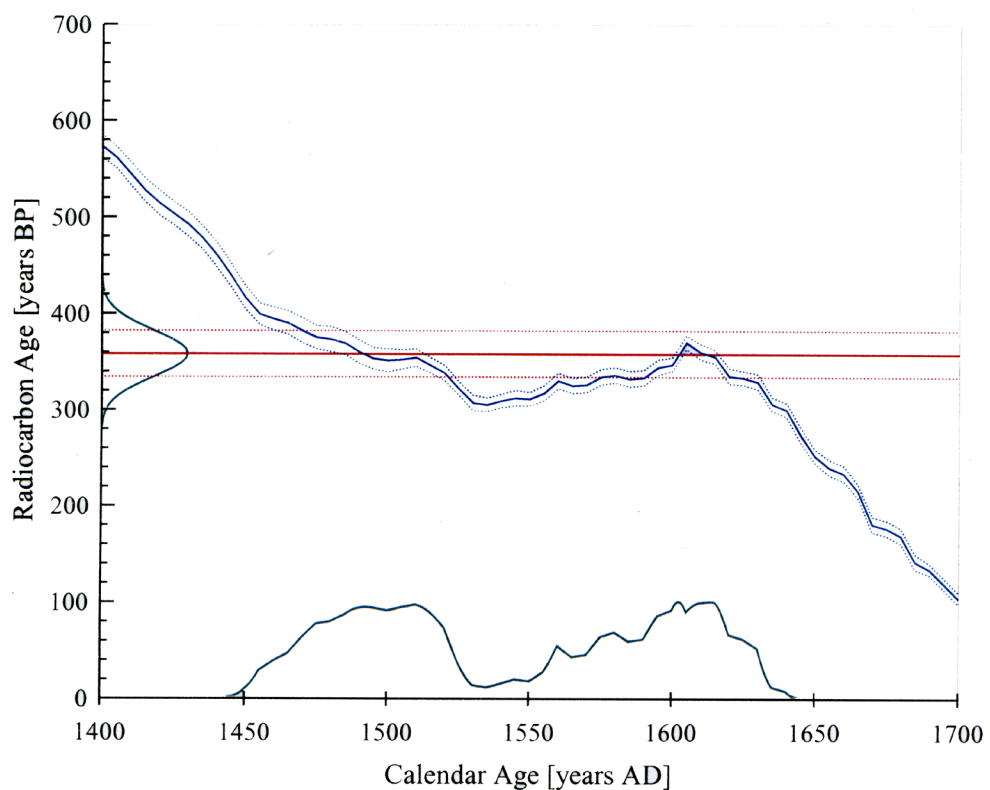
C-14 Datierung:

KIA35935 Köhlen bei Lebatz - Holzkohle

Holzkohle, Entnahmetiefe: 15 cm

Fraktion	PMC (korrigiert)†	Radiokarbonalter	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})\ddagger$
Holzkohle, Laugenrückstand, 5.4 mg C	95.65 ± 0.28	355 ± 25 BP	-28.69 ± 0.30

Radiocarbon Age:	BP	357 ± 24
One Sigma Range:	cal AD	1470 - 1521 (Probability 39.6 %)
(Probability 68,3 %)		1576 - 1582 (Probability 4.1 %)
		1591 - 1622 (Probability 24.6 %)
Two Sigma Range:	cal AD	1453 - 1528 (Probability 47.7 %)
(Probability 95,4 %)		1552 - 1633 (Probability 47.7 %)



Literaturhinweise zur Kalibrierung:

Das kalibrierte Alter wurde bestimmt mit „CALIB rev 5.01“

Datensatz: IntCal04, Reimer et al., Radiocarbon 46:1029-1058.

† „PMC (korrigiert)“ bezeichnet den prozentualen Anteil an modernem (1950) Kohlenstoff, korrigiert auf Massenfraktionierung mittels der ^{13}C Messung.

‡ Bitte beachten Sie, dass der $\delta^{13}\text{C}$ Wert Fraktionierungen in der Probenaufbereitung sowie während der AMS Messung beinhaltet und daher nicht mit einer massenspektrometrischen Messung verglichen werden kann.

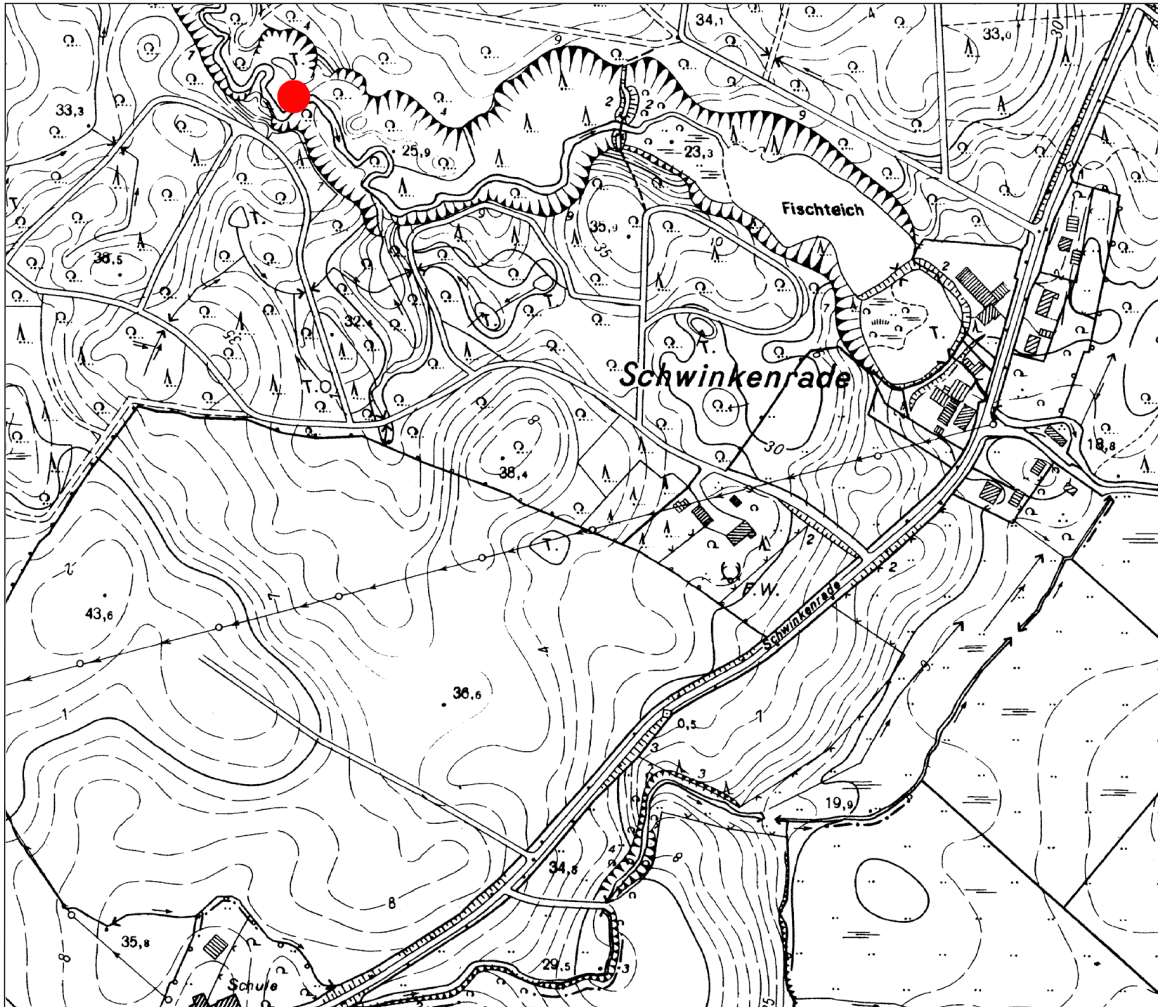
12.3.2 Meilerstelle im Schwinkenrader Forst

Ort: Schwinkenrade, zu Böbs gehörig

Lage: im Südteil des Schwinkenrader Forst in einem tief eingeschnittenen Bachbett, R4408 864; H5982 863

Gemeinde/Kirchspiel: Ahrensböök

Kreis: Ostholstein



Befund: Durch mehrfache Überschwemmungen fast vollständig zerstörte Meilerstelle auf einer verwaschenen, flachen Terrasse. Im Erdreich lässt sich kein Löscheband nachweisen, jedoch ist der lehmige Boden immer wieder mit Holzkohle durchsetzt. Der ehemalige Durchmesser der Meilerstelle ist mit 6 m anzunehmen.

Funde: keine

Holzkohleanalyse: durchgeführt von A. Paysen

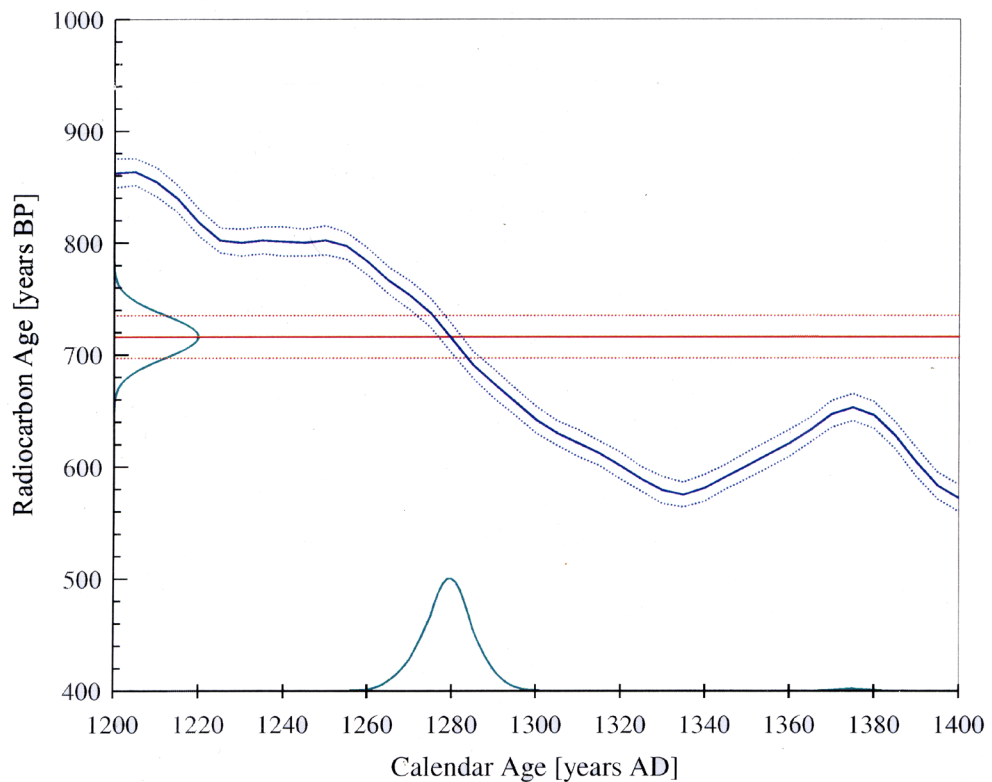
C-14 Datierung:

KIA36031 Schwinkenrader Forst Ahrensböck - Holzkohle

Holzkohle, Schwinkenrader Forst Ahrensböck, Entnahmetiefe: 0,1 m

Fraktion	PMC (korrigiert)†	Radiokarbonalter	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})\ddagger$
Holzkohle, Laugenrückstand, 5.5 mg C	91.48 ± 0.22	715 ± 20 BP	-29.38 ± 0.19

Radiocarbon Age: BP 716 ± 19
One Sigma Range: cal AD 1273 - 1285 (Probability 68.3 %)
Two Sigma Range: cal AD 1265 - 1292 (Probability 95.4 %)



Literaturhinweise zur Kalibrierung:

Das kalibrierte Alter wurde bestimmt mit „CALIB rev 5.01“
Datensatz: IntCal04, Reimer et al., Radiocarbon 46:1029-1058.

† „PMC (korrigiert)“ bezeichnet den prozentualen Anteil an modernem (1950) Kohlenstoff, korrigiert auf Massenfraktionierung mittels der ^{13}C Messung.

‡ Bitte beachten Sie, dass der $\delta^{13}\text{C}$ Wert Fraktionierungen in der Probenaufbereitung sowie während der AMS Messung beinhaltet und daher nicht mit einer massenspektrometrischen Messung verglichen werden kann.

12.4 Meilerstelle im Schönberger Zuschlag

Ort:Schönberg

Lage: Im nord-östlichen Bereich des Schönberger Zuschlages, R3596 524; H5950 866

Gemeinde/Kirchspiel: Schönberg

Kreis: Herzogtum Lauenburg



Befund: Neben einem Tümpel befindet sich auf auffallend ebenem Gelände eine etwa 12 m durchmessende Meilerstelle. Die Meilerstelle ist von stark verschliffenen Löschewällen umgeben. Der Boden innerhalb des Walles ist vollkommen eben und etwa 15 cm tief mit Holzkohle durchsetzt.

Funde: keine

Holzkohleanalyse: durchgeführt von A. Paysen

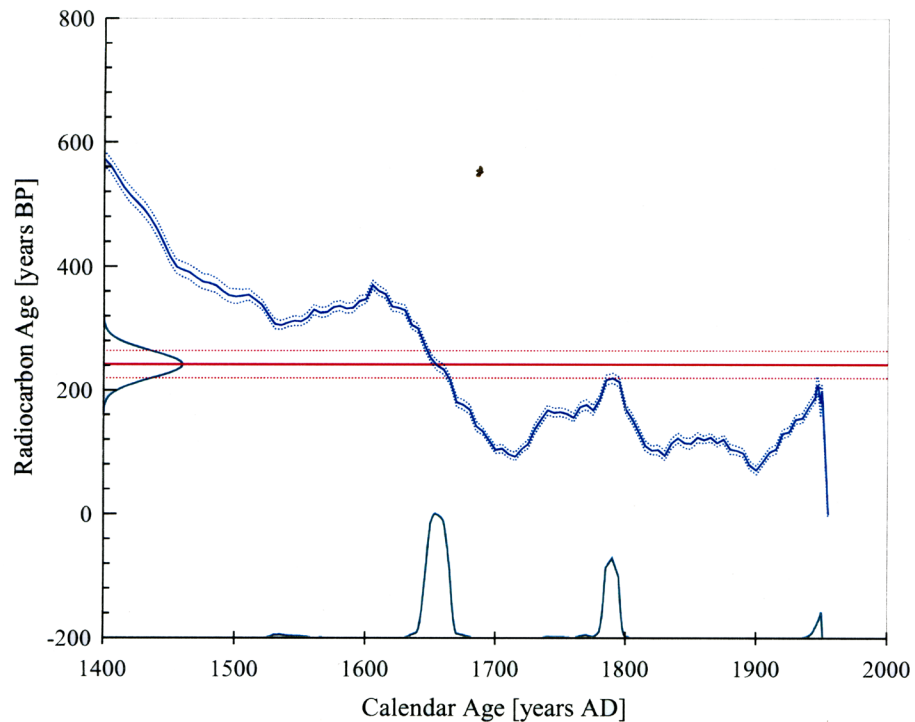
C-14 Datierung:

KIA37126 Meiler Schönberger Zuschlag - Holzkohle

Holzkohle, Schönberger Zuschlag, Kreis Lauenburg (Fagus), Entnahmetiefe. 10 cm

Fraktion	PMC (korrigiert)†	Radiokarbonalter	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})\ddagger$
Holzkohle, Laugenrückstand, 5.0 mg C	97.04 ± 0.27	240 ± 20 BP	-29.70 ± 0.28

Radiocarbon Age: BP 241 ± 22
One Sigma Range: cal AD 1647 - 1664 (Probability 57.4 %)
(Probability 68,3 %) 1786 - 1792 (Probability 10.9 %)
Two Sigma Range: cal AD 1639 - 1670 (Probability 65.2 %)
(Probability 95,4 %) 1779 - 1799 (Probability 27.4 %)
1943 - 1954 (Probability 2.8 %)



Literaturhinweise zur Kalibrierung:

Das kalibrierte Alter wurde bestimmt mit „CALIB rev 5.01“
Datensatz: IntCal04, Reimer et al., Radiocarbon 46:1029-1058.

† „PMC (korrigiert)“ bezeichnet den prozentualen Anteil an modernem (1950) Kohlenstoff, korrigiert auf Massenfraktionierung mittels der ^{13}C Messung.

‡ Bitte beachten Sie, dass der $\delta^{13}\text{C}$ Wert Fraktionierungen in der Probenaufbereitung sowie während der AMS Messung beinhaltet und daher nicht mit einer massenspektrometrischen Messung verglichen werden kann.

12.5 Löschehaufen im Kisdorfer Wohld

Ort: Kisdorfer Wohld

Lage: R3596 027; H5966 514

Gemeinde/Kirchspiel: Kisdorf, Kirchspiel Kaltenkirchen

Kreis: Segeberg

Befund: Im westlichen Teil des Kisdorfer Wohldes befinden sich rings um eine Lichtung mehrere Erdhaufen mit hohem Holzkohleanteil. Eine zu den Löschehaufen gehörige Meilerstelle ist im Gelände nicht zu erkennen.

Funde: keine

Holzkohleanalyse: durchgeführt von A. Paysen

C-14 Datierung: keine

12.6 Eisenverhüttungsrevier Flensburg-Wassersleben

12.6.1 Meilerstelle

Ort: Flensburg/Wassersleben

Lage: Im Waldstück Kluesries auf der Ortsgrenze der Stadt Flensburg zur Ortschaft Wassersleben, Gemeinde Harrislee, östlich der Fernstraße B200, R3527 034; H6077 101

Gemeinde/Kirchspiel: Stadt Flensburg; Gemeinde Harrislee

Kreis: Stadt Flensburg; Kreis Schleswig-Flensburg



Befund: Südlich eines tief eingeschnittenen Bachbettes befindet sich auf einer Hangterrasse eine etwa 6 m durchmessende Meilerstelle. Die Meilerstelle ist zum Teil erodiert und stark durch Schlepperspuren zerwühlt. Noch ist ein etwa 10 cm mächtiges Löscheband nachzuweisen.

Funde: keine

Holzkohleanalyse: durchgeführt von A. Paysen

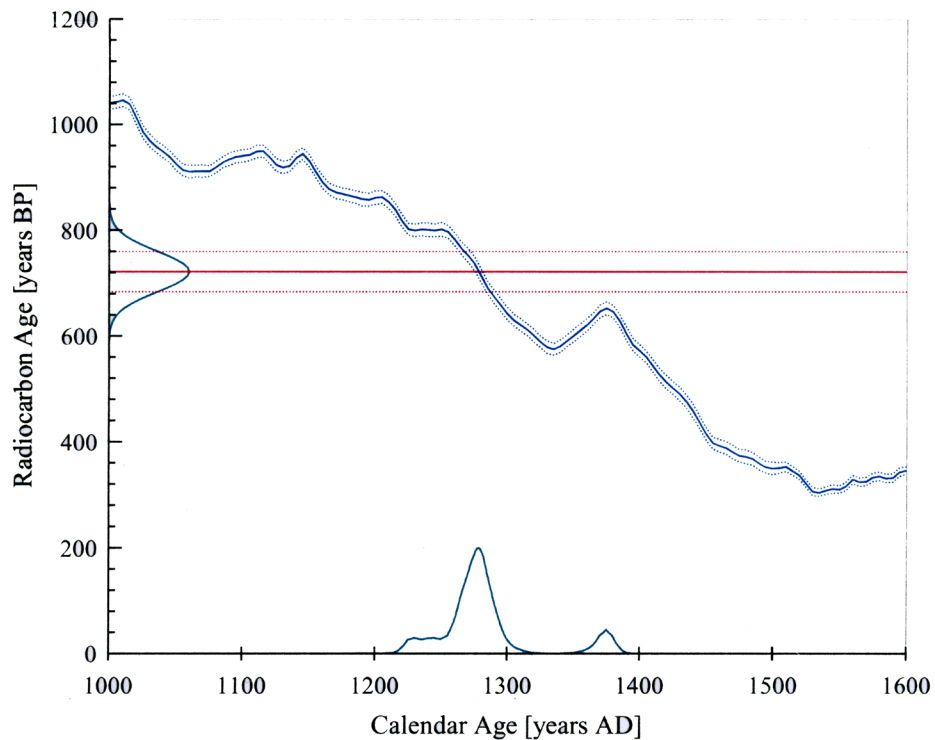
C-14 Datierung:

KIA35502 Kluesries, Wassersleben

Holzkohle (in Papierumschlag verpackt), Kluesries, Wassersleben Harrislee,
Entnahmetiefe: 0,15 m

Fraktion	PMC (korrigiert)†	Radiokarbonalter	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})\ddagger$
Holzkohle, Laugenrückstand, 5.8 mg C	91.40 ± 0.44	720 ± 40 BP	-25.16 ± 0.16

Radiocarbon Age: BP 722 ± 38
One Sigma Range: cal AD 1258 - 1296 (Probability 68.3 %)
Two Sigma Range: cal AD 1221 - 1305 (Probability 86.8 %)
(Probability 95,4 %) 1364 - 1384 (Probability 8.6 %)



Literaturhinweise zur Kalibrierung:

Das kalibrierte Alter wurde bestimmt mit „CALIB rev 5.01“

Datensatz: IntCal04, Reimer et al., Radiocarbon 46:1029-1058.

† „PMC (korrigiert)“ bezeichnet den prozentualen Anteil an modernem (1950) Kohlenstoff, korrigiert auf Massenfraktionierung mittels der ^{13}C Messung.

‡ Bitte beachten Sie, dass der $\delta^{13}\text{C}$ Wert Fraktionierungen in der Probenaufbereitung sowie während der AMS Messung beinhaltet und daher nicht mit einer massenspektrometrischen Messung verglichen werden kann.

12.6.2 Schlackenhügel

Ort: Flensburg/Wassersleben

Lage: Im Waldstück Kluesries auf der Ortsgrenze der Stadt Flensburg zur Ortschaft Wassersleben, Gemeinde Harrislee, östlich der Fernstraße B200, R3526 917; H6077 036

Gemeinde/Kirchspiel: Stadt Flensburg; Gemeinde Harrislee

Kreis: Stadt Flensburg; Kreis Schleswig-Flensburg



Befund: Neben einem Quellsumpf befindet sich ein kegelförmiger Schlackehaufen von 1,5 m hohe und 4 m Durchmesser auf einer unauffälligen Hangkante. Die Schlackehalde ist durch Eingrabungen gestört. Die auf der Halde befindlichen Schlacken weisen ein plattiges, vertikales Flussbild auf und sind schwarz-grau gefärbt. Zwischen den Schlacken befindet sich kleinstückige Holzkohle.

Funde: Plattig geflossene Eisenschlacken unterschiedlicher Bruchgröße

Holzkohleanalyse: durchgeführt von A. Paysen

C-14 Datierung: keine

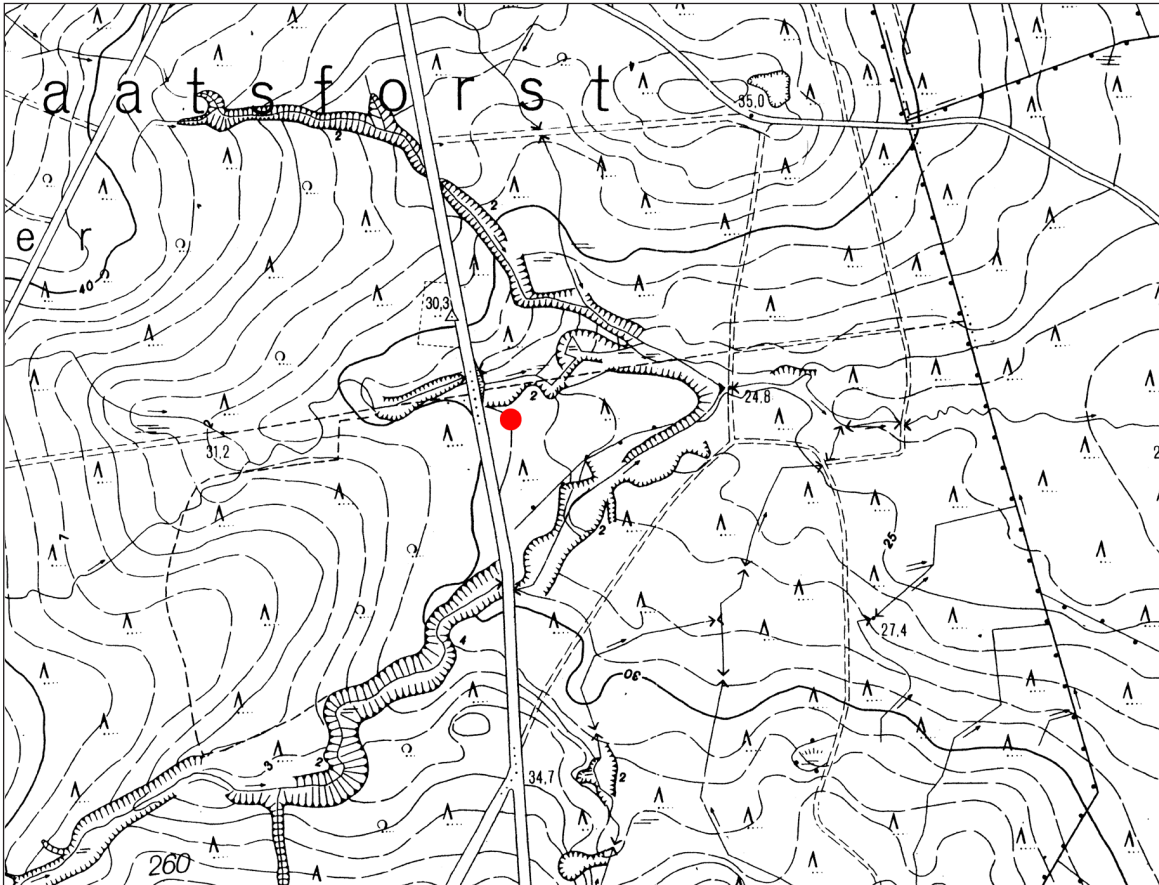
12.7 Glashütte im Holtdorfer Gehege

Ort: Bargstedt

Lage: Mitte Holtdorfer Gehege, R 3549 387; H6005 354

Gemeinde/Kirchspiel: ehemalige Flur Holtdorfs, nach Eingemeindung zur Gemeinde Bargstedt, ehemaliges Kirchspiel Nortorf.

Kreis: Rendsburg-Eckernförde



Befund: Direkt an einer steilen Hangabbruchkante über einem Bachbett finden sich Holzkohlen, Glasschlacken, und kleine Glastropfen in größerer Zahl. Ähnliches Material tritt aus der Hangkante zum Bach hin aus. Der Befund wird offensichtlich vom Bach erodiert, da sich weitere Schlacken in den versumpften Bereichen des Bachbettes finden lassen. In das Bachbett hinein ragt eine Schlackehalde von 4 m Länge, 3 m Breite und 1 m Höhe, auf der sich versinterste Steine, Glasfluss und Hafenbruchstücke befinden.

Funde: Hafenbruchstücke, Glastropfen, Bruchstücke von Ofenwandungen

Holzkohleanalyse: durchgeführt von A. Paysen

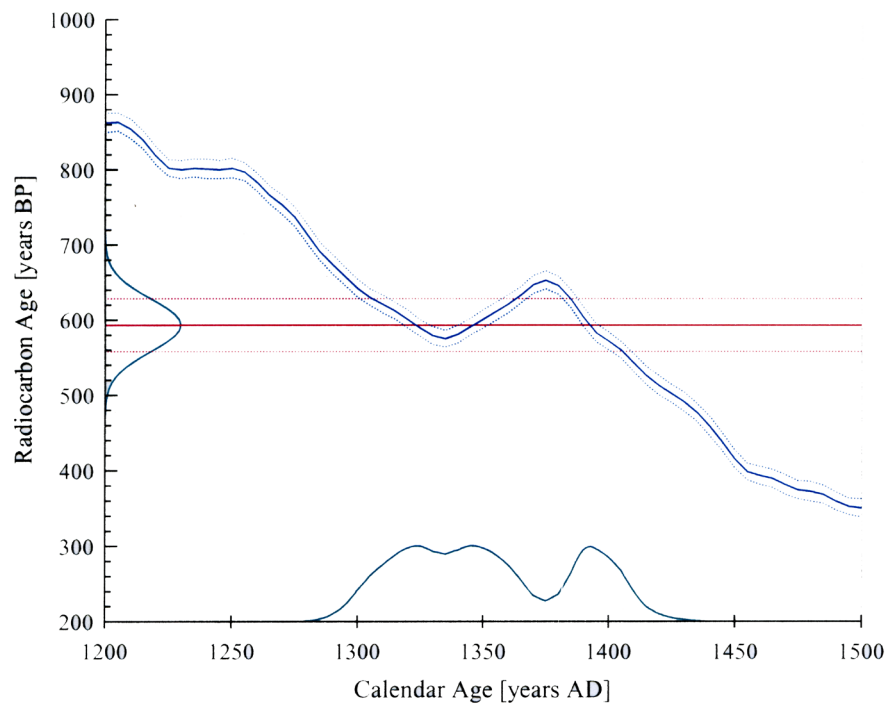
C-14 Datierung:

KIA35503 Holtorfer Gehege, Glashütte

Holzkohle (in Papierumschlag verpackt), Holtorfer Gehege, Borgstedt, Entnahmetiefe: 10 - 50 cm

Fraktion	PMC (korrigiert)†	Radiokarbonalter	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})\ddagger$
Holzkohle, Laugenrückstand, 5.3 mg C	92.89 ± 0.41	595 ± 35 BP	-26.53 ± 0.21

Radiocarbon Age: BP 593 ± 35
One Sigma Range: cal AD 1310 - 1360 (Probability 51.9 %)
(Probability 68.3 %) 1387 - 1403 (Probability 16.4 %)
Two Sigma Range: cal AD 1297 - 1374 (Probability 67.7 %)
(Probability 95.4 %) 1376 - 1412 (Probability 27.7 %)



Literaturhinweise zur Kalibrierung:

Das kalibrierte Alter wurde bestimmt mit „CALIB rev 5.01“
Datensatz: IntCal04, Reimer et al., Radiocarbon 46:1029-1058.

† „PMC (korrigiert)“ bezeichnet den prozentualen Anteil an modernem (1950) Kohlenstoff, korrigiert auf Massenfraktionierung mittels der ^{13}C Messung.

‡ Bitte beachten Sie, dass der $\delta^{13}\text{C}$ Wert Fraktionierungen in der Probenaufbereitung sowie während der AMS Messung beinhaltet und daher nicht mit einer massenspektrometrischen Messung verglichen werden kann.

12.8 Glashütte Bollhusen 2 beim Gut Schierensee

Ort: Gut Schierensee

Lage: Im südlichen Bereich des Waldstückes Bollhusen, R 3563 392; H6012 714

Gemeinde/Kirchspiel: Schierensee

Kreis: Rendsburg-Eckernförde



Befund: Etwas oberhalb eines schmalen Bachlaufes erheben sich drei größere Erdhaufen, die Auffällig viel Glasbruch von Flach- und Hohlgläsern enthalten, in einigen Bereichen außerdem Holzkohle. Der Befund ist stark gestört, der Glashüttenstandort wurde 1991 von H. J. Kruse archäologisch ausgegraben.

Funde: Glasbruch, Ziegelbruch, Glasfluss und Schlacke

Holzkohleanalyse: durchgeführt von A. Paysen

C-14 Datierung: keine

13 Holzkohleanalysen

Fundort: Bargstedt, Holzdorfer Gehege
 Kreis: Rebsburg-Eckernförde
 Befund: Meilerstelle Bar 5
 Datum: Okt 07

Holzkohleanalyse
Zusammenfassung

	Prozent	Stückzahl	unter 2	2-3 cm	3-5cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt	Gewicht	Mittlerer Durchmesser in cm	mittlerer Zuwachs in mm	JR werden schmaler	JR werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?
Fagus	20%	21	2	3	4	6	6	0	67,467			4	1	9	2	8	6	2
Carpinus	14%	15	2	2	5	5	0	1	35,537			2	1	8	2	5	10	7
Alnus	6%	6	1	2	1	1	1	0	15,949			1	0	2	1	3	4	3
Betula	39%	42	3	5	10	17	6	1	129,105			5	0	13	7	10	23	14
Corylus	7%	7	2	2	3	0	0	0	21,673			4	0	1	1	5	6	5
Salix/Populus	11%	12	1	3	5	3	0	0	30,86			2	0	2	2	4	7	2
Quercus	1%	1	0	0	0	1	0	0	2,81			0	0	1	0	0	1	1
Fraxinus	2%	2	0	1	0	1	0	0	2,21			0	0	1	0	0	0	0
Tilia	0%	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
Malus/Crategus	0%	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
Frangula	1%	1	0	1	0	0	0	0	1,58			1	0	0	0	1	1	0
Acer	0%	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
unbekannt	0%	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
Gesamtanteil	100%	107	11	19	30	34	13	2	307,191		5,9	19	2	39	15	36	59	34
											1,822983324							

Holzart	Holzdurchmesser						Holzmaße		Wachstumsmerkmale				Bemerkungen			
	unter 2 cm	2-3 cm	3-5 cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt	Jahringanzahl	Durchmesser in mm	mittlerer Zuwachs	JR werden schmaler	JR werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?
Fagus				1			57	25	0,438596491				1			1
Betula					1		4	18	4,5							
Betula				1			3	14	4,666666667						1	nein
Betula							1	6	1,5					1		
Fagus			1				14	13	0,928571429				1		1	
Corylus			1				14	13	0,928571429					1	1	1
Betula				1			7	16	2,285714286					1		
Betula					1		11	27	2,454545455				1			1
Betula					1		9	20	2,222222222					1		1
Betula						1	18	33	1,833333333				1		1	1
Alnus							4	18	4,5							
Carpinus					1		6	16	2,666666667							
Betula						1	6	20	3,333333333							
Quercus						1	24	11	0,458333333				1			1
Salix/Populus				1			9	21	2,333333333				1			
Alnus					1		11	26	2,363636364				1			1
Carpinus			1				8	16	2				1			1
Betula					1		10	22	2,2						1	
Fagus					1		12	27	2,25				1			
Betula			1		1		7	27	3,857142857					1	1	1
Betula					1		13	15	1,153846154				1		1	1
Betula		1					9	10	1,111111111					1	1	1
Carpinus					1		26	27	1,038461538					1	1	1
Betula						1	13	27	2,076923077				1			1
Betula					1		16	14	0,875						1	1
Fagus					1		42	24	0,571428571				1			
Betula						1	28	24	0,857142857				1			
Betula		1					4	9	2,25							1
Fagus						1	5	24	4,8							
Fagus						1	9	23	2,555555556							
Salix/Populus				1			7	14	2						1	
Fagus						1	47	19	0,404255319					1		
Betula				1			5	13	2,6						1	
Betula					1		2	15	7,5							1
Fagus				1			11	18	1,636363636				1			
Fagus				1			34	18	0,529411765				1			
Fagus		1					9	10	1,111111111				1			
Corylus					1		11	7	0,636363636				1			1
Carpinus					1		21	7	0,333333333				1			
Betula					1		9	18	2							
Salix/Populus					1		7	13	1,857142857					1		
Betula					1		4	6	1,5							
Fraxinus				1			4	12	3							
Betula					1		4	10	2,5							
Betula				1			2	5	2,5							
Betula					1		11	28	2,545454545				1		1	1
Carpinus				1			30	15	0,5				1		1	1
Carpinus					1		17	16	0,941176471				1			1
Betula					1		5	14	2,8							
Carpinus						1	10	13	1,3				1			1
Betula						1	6	15	2,5							
Betula					1		11	27	2,454545455				1		1	1
Betula					1		7	10	1,428571429				1			1
Fagus						1	16	30	1,875				1			
Frangula				1			13	12	0,923076923				1			1
Carpinus					1		11	15	1,363636364				1		1	nein
Alnus					1		9	21	2,333333333				1		1	
Alnus				1			11	10	0,909090909					1	1	1
Fagus						1	5	21	4,2				1			
Fraxinus					1		4	14	3,5							
Fagus					1		34	19	0,558823529				1			
Fagus					1		19	21	1,105263158						1	
Betula					1		7	21	3				1			
Salix/Populus				1			24	24	1				1			1
Carpinus					1		14	11	0,785714286				1		1	
Corylus				1			30	13	0,433333333				1		1	
Corylus					1		15	12	0,8				1			
Salix/populus					1		10	15	1,5						1	nein
Carpinus					1		29	11	0,379310345				1			nein
Betula					1		7	22	3,142857143				1			
Alnus					1		15	15	1				1		1	1
Fagus				1			29	19	0,655172414				1			
Salix/populus						1	3	16	5,333333333				1			
Salix/populus					1		20	18	0,9					1	1	1
Carpinus					1		5	13	2,6				1			
Salix/Populus					1		10	16	1,6						1	nein
Betula					1		10	13	1,3						1	
Betula						1	11	11	1						1	
Corylus				1			34	30	0,882352941				1		1	1
Betula					1		13	25	1,923076923						1	nein
Corylus					1		20	33	1,65				1		1	1
Fagus					1		19	19	0,322033898				1			
Salix/Populus					1		11	21	1,909090909							
Betula					1		17	13	0,764705882				1			nein
Fagus						1	15	21	1,4				1			
Betula					1		11	15	1,363636364				1		1	1
Salix/Populus					1		16	28	1,75						1	
Betula						1	30	28	0,933333333				1		1	1
Betula					1		73	22	0,301369863					1	1	1
Fagus					1		16	21	1,3125					1		1
Carpinus					1		23	14	0,608695652					1		1
Fagus					1		49	14	0,285714286							
Betula					1		8	23	2,875							
Betula					1		6	18	3							
Fagus					1		19	20	1,052631579						1	1
Carpinus					1		19	24	1,263157895				1		1	1
?					1		4	9	2,25				1			
Carpinus					1		13	20	1,538461538							
Betula						1	36	36	1						1	1
Betula					1		9	20	2,222222222						1	

Fundort: Bargstedt, Holtendorfer Gehege
 Kreis: Rendsburg-Eckernförde
 Befund: Meilerstelle Bar 8, Abtrag 4
 Datum: Okt 07

Holzkohleanalyse
Zusammenfassung

	Prozent	Stückzahl	unter 2	2-3 cm	3-5cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt	Gewicht	Mittlerer Durchmesser	mittlerer Zuwachs	JR werden schmaler	Jr werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?
Fagus	24%	12	3	2	2	2	3	0	19,752			4	0	5	2	5	7	5
Carpinus	58%	29	1	4	11	11	1	1	67,066			4	5	5	6	14	19	18
Alnus	6%	3	3	0	0	0	0	0	1,685			0	0	2	1	3	3	3
Betula	2%	1	0	1	0	0	0	0	0,387			0	0	0	0	0	0	0
Corylus	2%	1	0	0	1	0	0	0	0,52			0	0	1	0	0	1	1
Salix/Populus	2%	1	0	0	1	0	0	0	1,688			0	0	1	0	0	1	1
Quercus	6%	3	0	1	1	1	0	0	3,264			2	0	1	1	0	1	0
Fraxinus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Tilia	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Malus/Crataegus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Frangula	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Acer	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
unbekannt	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Gesamtanteil	100%	50	7	8	16	14	4	1				10	5	15	10	22	32	28
Mittlerer Durchmesser		256	7	20	64	105	60			5,12	1,162591041							

Holzart	Holzdurchmesser						Holzmaße		Wachstumsmerkmale				Bemerkungen				
	unter 2 cm	2-3 cm	3-5 cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt	Jahringanzahl	Durchmesser in mm	mittlerer Zuwachs	JR werden schmaler	JR werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?	
Carpinus			1				17	17	1			1			1	1	1
Carpinus				1			17	15	0,882352941				1		1	1	1
Carpinus						1	18	15	0,833333333			1				1	1
Quercus			1				18	9	0,5		1			1		1	1
Carpinus					1		18	15	0,833333333					1	1	1	1
Salix/Populus				1			24	10	0,416666667				1			1	1
Carpinus				1			17	17	1			1			1	1	1
Fagus					1		18	22	1,222222222				1			1	1
Fagus					1		19	27	1,421052632		1				1	1	1
Carpinus					1		7	11	1,571428571		1					1	1
Fagus		1					30	20	0,666666667		1				1	1	1
Carpinus						1	15	20	1,333333333					1	1	1	1
Fagus						1	16	28	1,75					1			
Fagus						1	10	16	1,6					1			
Carpinus				1			22	13	0,590909091							1	1
Carpinus					1		12	11	0,916666667					1		1	1
Alnus		1					7	9	1,285714286					1	1	1	1
Carpinus				1			18	21	1,166666667				1		1	1	1
Carpinus					1		12	9	0,75					1		1	1
Quercus						1	11	13	1,181818182				1				
Fagus			1				11	10	0,909090909					1	1	1	nein
Carpinus		1					3	9	3						1	1	1
Fagus					1		27	13	0,481481481				1				
Quercus			1				8	7	0,875		1						
Fagus						1	24	14	0,583333333				1				
Carpinus					1		7	11	1,571428571				1			1	1
Carpinus						1	19	11	0,578947368			1				1	1
Carpinus					1		14	11	0,785714286				1	1	1	1	1
Carpinus						1	10	16	1,6			1					
Carpinus					1		15	27	1,8					1	1		
Fagus			1				20	10	0,5		1						
Fagus			1				20	10	0,5						1	1	1
Carpinus							13	21	1,615384615								
Carpinus						1	15	9	0,6								
Carpinus						1	17	16	0,941176471						1	1	1
Carpinus					1		8	14	1,75						1	1	1
Carpinus					1		16	15	0,9375						1		
Carpinus					1		5	7	1,4								
Carpinus					1		8	11	1,375		1				1	1	1
Carpinus					1		10	11	1,1					1	1	1	1
Alnus			1				15	13	0,866666667				1		1	1	1
Alnus			1				7	7	1				1		1	1	1
Carpinus						1	13	19	1,461538462			1					
Betula					1		12	8	0,666666667								
Carpinus						1	10	20	2			1					
Carpinus						1	5	14	2,8								
Fagus			1				19	10	0,526315789					1	1	1	1
Corylus					1		14	9	0,642857143				1			1	1
Fagus					1		7	19	2,714285714		1					1	1
Carpinus						1	16	26	1,625				1				

Fundort: Bargstedt, Holtendorfer Gehege
 Kreis: Rendsburg-Eckernförde
 Befund: Meilerstelle BAR 9
 Datum: Okt 07

Holzkohleanalyse
Zusammenfassung

	Prozent	Stückzahl	unter 2	2-3 cm	3-5cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt	Gewicht	Mittlerer Durchmesser	mittlerer Zuwachs	JR werden schmäler	JR werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?
Fagus	47%	18	1	1	4	4	7	1	1,705			4	0	10	0	0	4	4
Carpinus	11%	4	0	2	1	1	0	0	0,41			0	0	2	0	0	1	1
Alnus	16%	6	0	1	1	2	2	0	2,017			1	0	1	0	0	0	0
Betula	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Corylus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Salix/Populus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Quercus	5%	2	0	0	1	0	0	1	0,23			0	0	2	0	0	0	0
Fraxinus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Tilia	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Malus/Crategus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Frangula	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Acer	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
unbekannt	21%	8	0	0	1	0	0	7	1,859			0	0	0	0	0	0	0
Gesamtanteil	100%	38	1	4	8	7	9	9				5	0	15	0	0	13	5

Mittlerer Durchmesser: 230,5
 Mittlerer Zuwachs: 6,065789474
 1,370355154

Holzart	Holzdurchmesser						Holzmaße		Wachstumsmerkmale				Bemerkungen			
	unter 2 cm	2-3 cm	3-5 cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt	Jahringanzahl	Durchmesser in mm	mittlerer Zuwachs	JR werden schmäler	JR werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?
Alnus						1	22	27	1,227272727							
Fagus	1						13	10	0,769230769	1						
Fagus						1	6	3	0,5			1				1
unbekannt							1									1
unbekannt							1									1
Carpinus		1					9	7	0,777777778			1				1
Fagus					1		2	9	4,5							
Quercus						1	10	11	1,1			1				
unbekannt							1									1
Alnus			1				12	12	1							
Fagus						1	12	9	0,75			1				
Alnus			1				12	9	0,75							
Quercus				1			8	5	0,625			1				
Alnus						1	4	5	1,25							
unbekannt							1									1
unbekannt				1												1
Fagus						1	10	8	0,8		1					
Fagus						1	10	9	0,9			1				
Fagus				1			16	7	0,4375		1					1
Fagus					1		13	9	0,692307692			1				1
unbekannt							1									1
Carpinus				1			10	8	0,8			1				
unbekannt							1									1
unbekannt							1									1
Fagus				1			11	9	0,818181818		1					
Alnus					1		2	10	5							
Fagus						1	6	8	1,333333333			1				
Carpinus			1				4	7	1,75							
Fagus							1	6	6							
Fagus					1		12	10	0,833333333							
Fagus						1	11	5	0,454545455			1				
Alnus					1		8	9	1,125			1				
Fagus						1	5	9	1,8			1				
Carpinus					1		9	7	0,777777778							
Fagus				1			22	6	0,272727273			1				1
Fagus			1				2	6	3			1				
Fagus					1		10	4	0,4							
Fagus						1	3	2	0,666666667			1				

Fundort: Bargstedt, Holtendorfer Gehege
Kreis: Rendsburg-Eckernförde
Befund: Meilerstelle Bar 11
Datum: Okt 07

Holzkohleanalyse
Zusammenfassung

	Prozent	Stückzahl	unter 2	2-3 cm	3-5cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt	Gewicht	Mittlerer Durchmesser	mittlerer Zuwachs	JR werden schmaler	Jr werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?
Fagus	34%	26	1	7	8	5	4	1	10,964			11	1	14	1	6	10	10
Carpinus	9%	7	1	3	1	0	1	1	0,771			0	0	4	0	0	2	2
Alnus	16%	12	1	1	4	3	1	2	2,768			0	0	7	0	1	3	2
Betula	33%	25	1	4	8	7	3	2	10,29			3	0	9	0	2	5	4
Corylus	1%	1	0	0	1	0	0	0	0,169			1	0	0	0	0	1	0
Salix/Populus	5%	4	0	0	1	2	0	1	0,946			1	0	2	0	0	1	1
Quercus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Fraxinus	1%	1	0	1	0	0	0	0	1,26			0	0	1	1	0	1	1
Tilia	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Malus/Crategus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Frangula	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Acer	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
unbekannt	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Gesamtanteil	100%	76	4	16	23	17	9	7				16	1	37	2	9	23	20
Mittlerer Durchmesser		398,5	4	40	92	127,5	135			5,243421053	2,475431091							

Holzart	Holzdurchmesser						Holzmaße		Wachstumsmerkmale				Bemerkungen			
	unter 2 cm	2-3 cm	3-5 cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt	Jahringanzahl	Durchmesser in mm	mittlerer Zuwachs	JR werden schmaler	Jr werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?
Fagus	1						20	15	0,75							1
Betula			1				11	10	0,909090909	1						1
Betula						1	2	16	8							
Fagus				1			36	17	0,472222222							1
Betula				1			4	15	3,75							1 nein
Alnus					1		4	17	4,25							1 nein
Betula					1		4	12	3							
Fraxinus		1					17	12	0,705882353				1			1
Fagus		1					45	13	0,288888889	1					1	1
Betula			1				6	11	1,833333333				1			
Fagus			1				36	12	0,333333333	1					1	1
Betula			1				5	14	2,8				1		1	1
Betula					1		2	14	7				1			
Betula					1		3	14	4,666666667				1			
Alnus					1		6	7	1,166666667				1			
Betula					1		3	10	3,333333333				1			
Fagus		1					23	10	0,434782609				1		1	1
Betula					1		4	9	2,25				1			1
Betula		1					2	15	7,5	0					1	
Fagus		1					6	12	2	1					1	1
Fagus				1			27	14	0,518518519	1						1
Alnus			1				6	6	1				1			
Fagus					1		7	17	2,428571429				1			
Fagus						1	35	7	0,2	1						
Salix/Populus				1			3	6	2				1			1
Alnus				1			8	6	0,75				1			
Alnus				1			6	10	1,666666667				1			
Betula			1				8	8	1	1						
Betula				1			2	10	5				0			
Salix/Populus						1	2	6	3				0			
Alnus					1		2	9	4,5				0			1
Fagus		1					5	7	1,4				1			
Carpinus		1					7	4	0,571428571				1			1
Betula				1			2	6	3				0			
Fagus				1			15	12	0,8				1			
Betula				1			4	10	2,5				1			
Fagus						1	27	8	0,296296296				1			
Betula					1		1	4	4				0			
Fagus				1			11	6	0,545454545				1			1
Fagus						1	15	12	0,8				1			
Carpinus				1			4	8	2				1			1
Salix/Populus					1		3	9	3	1						
Alnus						1	1	9	9				0			
Fagus					1		44	17	0,386363636	1						
Fagus					1		61	15	0,245901639	1						
Corylus					1		6	5	0,833333333	1						1 nein
Salix/Populus					1		2	9	4,5				1			
Betula						1	1	5	5				0			
Betula					1		1	19	19				0			
Fagus		1					31	9	0,290322581	1				1		1
Fagus				1			33	8	0,242424242	1						
Betula				1			5	8	1,6	1					1	1
Alnus				1			4	9	2,25				1			
Betula				1			2	5	2,5				0			
Alnus						1	1	7	7				0			
Fagus						1	5	10	2			1				
Alnus				1			4	7	1,75				0			
Carpinus				1			2	10	5				0			
Fagus					1		18	7	0,388888889				1			
Betula				1			5	1	0,2				0			1
Carpinus						1	1	2	2				0			
Fagus				1			26	6	0,230769231	1					1	1
Fagus						1	33	7	0,212121212				1			
Fagus				1			13	4	0,307692308				1			
Carpinus				1			3	4	1,333333333				1			
Fagus				1			3	7	2,333333333	1						
Carpinus				1			1	6	6				0			
Betula						1	1	2	2				0			
Alnus						1	1	4	4				0			
Alnus				1			7	5	0,714285714				1			1
Betula				1			2	5	2,5				0			
Fagus					1		28	5	0,178571429				1			
Betula						1	1	4	4				0			
Carpinus						1	4	6	1,5				1			
Betula						1	2	3	1,5				0			
Fagus						1	7	5	0,714285714				1			

Fundort: Odderade, Riesewald
 Kreis: Dithmarschen
 Befund: Muldenmeiler
 Datum: Jul 08

Holzkoheanalyse
Zusammenfassung

	Prozent	Stückzahl	unter 2	2-3 cm	3-5cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt	Gewicht	Mittlerer Durchmesser in cm	mittlerer Zuwachs in mm	JR werden schmaler	Jr werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?
Fagus	2%	2	0	0	0	1	1	0	1,32			0	0	1	0	0	0	1
Carpinus	24%	24	6	4	6	5	2	1	18,726			8	0	6	2	7	17	14
Ainus	19%	19	5	7	3	2	2	0	17,389			0	1	8	3	11	14	10
Betula	9%	9	4	1	4	0	0	0	5,761			1	1	3	0	5	5	5
Corylus	27%	27	0	8	9	7	0	3	24,414			6	4	8	5	10	18	10
Salix/Populus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Quercus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Fraxinus	1%	1	0	0	1	0	0	0	0,433			0	0	0	0	0	1	1
Tilia	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Malus/Crategus	4%	4	0	1	1	1	0	1	3,089			0	0	1	0	1	2	2
Franqula	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Acer	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Prunus	12%	12	1	3	5	0	1	2	10,867			0	0	0	0	0	0	0
Viburnum	2%	2	1	1	0	0	0	0	0,887									
Gesamtanteil	100%	100	17	25	29	16	6	7				18	6	30	11	41	69	53

4 1,469723835

Holzart	Holzdurchmesser						Holzmaße		Wachstumsmerkmale				Bemerkungen			
	unter 2 cm	2-3 cm	3-5 cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt	Jahringanzahl	Durchmesser in mm	mittlerer Zuwachs	JR werden schmaler	JR werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?
Ainus		1					12	13	1,083333333			1				1
Ainus					1		20	18	0,9					1	1	1
Ainus	1						8	17	2,125						1	1
Betula			1				12	10	0,833333333			1				
Corylus			1				16	16	1					1	1	1 nein
Fagus					1		10	14	1,4			1				1
Carpinus			1				4	11	2,75							1
Ainus	1						9	9	1			1				1
Corylus			1				17	13	0,764705882			1			1	1
Corylus			1				7	10	1,428571429					1		
Corylus					1		14	14	1			1				
Carpinus					1		5	20	4			1				1
Corylus					1		18	11	0,611111111			1				
Corylus			1				7	10	1,428571429			1				1 nein
Carpinus			1				7	10	1,428571429			1				
Corylus			1				5	10	2			1				1
Carpinus		1					7	12	1,714285714			1				1
Corylus			1				19	20	1,052631579					1		1
Carpinus						1	4	10	2,5							1
Corylus		1					18	7	0,388888889					1		1
Carpinus		1					9	7	0,777777778					1		1
Carpinus					1		3	7	2,333333333			1				1
Carpinus	1						3	4	1,333333333							1
Corylus		1					7	11	1,571428571							
Carpinus		1					9	17	1,888888889			1				1
Carpinus		1					3	3	1				1			
Corylus					1		18	11	0,611111111							
Corylus			1				9	6	0,666666667							1 nein
Carpinus					1		4	6	1,5			1				1 nein
Ainus						1	3	7	2,333333333							
Carpinus					1		7	10	1,428571429			1				
Malus/Crategus					1		2	3	1,5							1
Betula					1		2	7	3,5							
Fagus						1	5	7	1,4							
Prunus					1		5	8	1,6							
Prunus			1				4	8	2							
Prunus					1		10	6	0,6			1				1
Ainus						1	3	3	1							1
Ainus		1					13	13	1			1				1
Prunus		1					40	15	0,375			1				1
Ainus					1		16	11	0,6875					1		1
Ainus					1		10	9	0,9			1				1
Carpinus					1		11	20	1,818181818			1				1
Carpinus		1					7	17	2,428571429			1				
Carpinus					1		5	7	1,4							
Corylus					1		9	12	1,333333333					1		1
Ainus						1	7	4	0,571428571							
Prunus			1				5	10	2						1	1
Prunus					1		6	11	1,833333333			1				1
Prunus					1		3	8	2,666666667							1
Corylus			1				20	11	0,55			1				1
Ainus			1				10	14	1,4			1				1 nein
Malus/Crategus					1		28	13	0,464285714			1				1
Corylus			1				29	9	0,310344828			1				1
Carpinus					1		11	9	0,818181818			1				1
Ainus					1		9	7	0,777777778			1				1
Corylus					1		15	5	0,333333333			1				1
Prunus						1	3	4	1,333333333							1
Betula			1				9	8	0,888888889			1				1
Prunus						1	9	13	1,444444444			1				1
Fraxinus					1		6	7	1,166666667							1
Corylus						1	3	8	2,666666667							1 nein
Carpinus					1		31	13	0,419354839			1				1
Ainus			1				8	12	1,5			1				
Corylus			1				9	8	0,888888889			1				
Betula					1		3	5	1,666666667							
Corylus					1		17	18	1,058823529			1				1 nein
Corylus					1		7	10	1,428571429					1		1
Corylus						1	7	14	2			1				
Carpinus		1					5	12	2,4					1		
Ainus			1				11	13	1,181818182				1			
Prunus					1		9	8	0,888888889			1				1
Betula					1		7	10	1,428571429							
Corylus						1	13	9	0,692307692			1				
Corylus			1				15	13	0,866666667					1		1
Betula		1					10	8	0,8			1				1
Corylus					1		14	11	0,785714286							
Viburnum			1				3	9	3						1	1
Ainus			1				2	5	2,5							1
Ainus			1				7	7	1					1		1
Ainus			1				5	12	2,4			1				1
Corylus					1		12	12	1			1				1 nein
Betula			1				4	17	4,25						1	1
Ainus		1					3	10	3,333333333							1
Corylus					1		20	10	0,5			1				
Prunus					1		6	15	2,5					1		1
Betula		1					4	9	2,25			1				1
Ainus		1					3	6	2							1
Betula		1					9	16	1,777777778			1				1
Carpinus		1					3	8	2,666666667							1
Carpinus		1					7	14	2							1
Carpinus						1	2	7	3,5							1
Malus/Crategus						1	10	8	0,8							1
Carpinus						1	6	14	2,333333333			1				1
Corylus						1	16	14	0,875				1			1
Carpinus						1	10	11	1,1							1
Prunus						1										
Carpinus		1					20	8	0,4			1				1
Viburnum		1					9	8	0,888888889				1			1
Malus/Crategus						1	10	8	0,8							1

Fundort: Waldstück Köhlen, Pronsdorf
 Kreis: Segeberg
 Befund: Meilerstelle
 Datum: Mrz 08

Holzkohleanalyse
Zusammenfassung

	Prozent	Stückzahl	unter 2	2-3 cm	3-5cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt	Gewicht	Mittlerer Durchmesser in cm	mittlerer Zuwachs in mm	JR werden schmaler	Jr werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?
Fagus	2%	2	0	2	0	0	0	0	0,461			0	0	2	0	0	1	1
Carpinus	63%	66	10	16	27	8	1	4	27,628			17	1	47	1	12	27	23
Alnus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Betula	4%	4	0	3	0	0	0	1	2,453			1	0	2	0	0	2	1
Corylus	14%	15	7	5	2	0	0	1	9,317			9	0	6	0	6	6	4
Salix/Populus	15%	16	3	2	4	5	1	1	10,246			4	2	10	0	3	10	5
Quercus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Fraxinus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Tilia	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Malus/Crategus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Frangula	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Acer	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
unbekannt	1%	1	0	1	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Gesamtanteil	100%	104	20	29	33	13	2	7				31	4	67	1	21	47	34

3,4 1,104880603

14 nein

Holzart	Holzdurchmesser						Holzmaße Jahringanzahl	Durchmesser in mm	mittlerer Zuwachs	Wachstumsmerkmale				Bemerkungen				
	unter 2 cm	2-3 cm	3-5 cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt				JR werden schmaler	JR werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?		
Corylus				1			27	11	0,407407407	1							1	1
Salix/Populus						1	13	8	0,615384615					1			1	nein
Carpinus		1					20	5	0,25	1						1	1	1
Carpinus			1				20	12	0,6					1		1	1	1
Carpinus				1			12	12	1					1		1	1	1
Carpinus		1					20	9	0,45					1		1	1	1
Carpinus			1				13	15	1,153846154					1		1	1	1
Corylus							21	12	0,571428571	1						1	1	1
Carpinus				1			20	14	0,7	1						1	1	1
Salix/Populus					1		12	13	1,083333333	1							1	nein
Salix/Populus					1		9	11	1,222222222					1			1	nein
Salix/Populus		1					34	11	0,323529412	1						1	1	1
Corylus		1					30	13	0,433333333	1						1	1	1
Carpinus					1		14	11	0,785714286	1						1	1	1
Corylus			1				26	12	0,461538462	1						1	1	nein
Salix/Populus		1					11	10	0,909090909			1				1	1	1
Carpinus				1			32	15	0,46875				1			1	1	1
Betula				1			17	12	0,705882353	1						1	1	1
Carpinus					1		14	7	0,5	1						1	1	1
Carpinus			1				24	12	0,5	1						1	1	1
Carpinus		1					20	15	0,75					1		1	1	1
Corylus		1					24	14	0,583333333	1						1	1	1
Carpinus					1		16	13	0,8125						1		1	1
Salix/Populus					1		14	8	0,571428571			1					1	nein
Carpinus						1	9	9	1	1							1	nein
Salix/Populus						1	6	10	1,666666667					1				
Betula							1	10										
Corylus		1					18	7	0,388888889							1	1	1
Corylus		1					18	9	0,5	1							1	n
Salix/Populus				1			10	10	1	1								
Betula			1				9	6	0,666666667								1	nein
Carpinus			1				5	9	1,8								1	1
Carpinus		1					12	7	0,583333333	1							1	1
Carpinus			1				8	9	1,125								1	1
Carpinus		1					11	8	0,727272727								1	nein
Carpinus					1		9	9	1								1	nein
Salix/Populus					1		9	7	0,777777778								1	1
Carpinus				1			10	13	1,3					1			1	1
Carpinus				1			21	10	0,476190476	1						1	1	1
Carpinus						1	14	12	0,857142857								1	1
Salix/Populus						1	4	10	2,5									
Corylus			1				20	7	0,35	1								
Carpinus				1			5	6	1,2									
Carpinus				1			10	7	0,7	1							1	nein
Betula			1				6	10	1,666666667									
Carpinus						1	2	8	4									
Carpinus				1			11	9	0,818181818				1					
Salix/Populus				1			2	5	2,5							1	1	nein
Carpinus					1		4	10	2,5								1	1
Carpinus		1					7	11	1,571428571							1	1	1
Salix/Populus						1	9	9	1								1	1
Carpinus					1		4	8	2									
Salix/Populus		1					10	6	0,6	1							1	1
unbekannt			1				8	7	0,875				1				1	nein
carpinus			1				4	9	2,25									
carpinus				1			11	7	0,636363636									
salix/Populus						1	3	9	3									
carpinus				1			7	9	1,285714286	1								
carpinus					1		4	9	2,25									
carpinus					1		8	5	0,625									
carpinus			1				9	5	0,555555556	1						1	1	1
carpinus						1	6	8	1,333333333									
fagus				1			9	6	0,666666667								1	1
fagus				1			18	7	0,388888889									
carpinus					1		4	10	2,5									
carpinus			1				7	6	0,857142857	1							1	1
carpinus			1				2	6	3								1	1
carpinus						1	3	6	2									
carpinus					1		10	5	0,5									
carpinus					1		12	10	0,833333333									
carpinus			1				3	3	1									
carpinus					1		7	13	1,857142857									
carpinus						1	8	5	0,625								1	1
carpinus					1		12	7	0,583333333	1								
carpinus							12	7	0,583333333	1								1
corylus			1				12	7	0,583333333	1								nein
carpinus						1	8	5	0,625	1								
carpinus				1			4	6	1,5									
corylus			1				8	3	0,375									
carpinus				1			13	8	0,615384615									
carpinus			1				11	4	0,363636364	1						1		
carpinus					1		3	6	2									
corylus			1				5	4	0,8							1		
carpinus					1		4	3	0,75	1								
carpinus					1		13	5	0,384615385									
carpinus					1		5	5	1									
carpinus					1		9	2	0,222222222									
carpinus			1				12	7	0,583333333									
carpinus			1				12	7	0,583333333	1								
salix/Populus						1	1	8	8									
carpinus			1				1	2	2									
carpinus					1		5	5	1									
carpinus			1				7	4	0,571428571									
carpinus						1	4	5	1,25									
carpinus				1			4	3	0,75									
salix/Populus				1			3	2	0,666666667									

Fundort: Schwinkenrader Forst
 Kreis: Ostholstein
 Befund: Meilerstelle
 Datum: Mrz 08

Holzkohleanalyse
Zusammenfassung

	Prozent	Stückzahl	unter 2	2-3 cm	3-5cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt	Gewicht	Mittlerer Durchmesser	mittlerer Zuwachs	JR werden schmaler	Jr werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?
Fagus	20%	19	10	3	3	2	1	0	4,049			4	1	14	0	9	6	4
Carpinus	36%	35	12	4	8	7	2	2	6,924			7	0	29	0	7	13	8
Alnus	10%	10	1	2	1	4	2	0	2,512			2	0	6	2	1	3	4
Betula	6%	6	1	0	2	2	1	0	2,168			3	0	3	1	1	4	4
Corylus	10%	10	6	1	3	0	0	0	2,994			5	0	5	0	4	4	1
Salix/Populus	14%	14	3	4	5	1	0	1	2,846			3	0	10	2	3	1	1
Quercus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Fraxinus	1%	1	0	1	0	0	0	0	0,086			0	0	1	0	1	1	1
Tilia	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Malus/Crategus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Frangula	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Acer	2%	2	1	0	0	0	0	1	0,314			0	0	0	0	0	0	0
unbekannt	0%	0	0	0	0	0	0	0	0,172			0	0	3	0	1	0	0
Gesamtanteil	100%	97	36	15	22	16	6	4				25	1	72	5	29	34	23

Mittlerer Durchmesser: 3.8 mittlerer Zuwachs: 1.835782853 letzter Jahring komplett?: 4 nein

Holzart	Holzdurchmesser						Holzmaße	Wachstumsmerkmale				Bemerkungen					
	unter 2 cm	2-3 cm	3-5 cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt		Jahringanzahl	Durchmesser in mm	mittlerer Zuwachs	JR werden schmaler	JR werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?
Carpinus	1						14	16	1,142857143		1				1	1	
Corylus				1			8	13	1,625		1					1	
Alnus					1		3	18	6			1					
Salix/Populus			1				9	8	0,888888889		1			1	1		
Corylus				1			16	10	0,625			1					
Alnus						1	5	15	3					1	1		
Carpinus					1		5	14	2,8				1				
Alnus					1		13	11	0,846153846					1			
Carpinus	1						6	9	1,5						1	1	
Fagus	1						42	9	0,214285714			1			1	1	1
Salix/Populus			1				6	13	2,166666667		1				1	1	1
Fagus			1				35	15	0,428571429				1			1	
Betula				1			8	12	1,5		1			1	1	1	1
Carpinus						1	6	7	1,166666667				1				
Salix/Populus				1			5	17	3,4					1			
Salix/Populus				1			5	8	1,6					1			
Carpinus					1		4	16	4					1			
Fagus					1		4	8	2							1	nein
Carpinus	1						7	11	1,571428571							1	1
Carpinus					1		6	8	1,333333333					1			
Carpinus					1		3	12	4					1			
Carpinus			1				8	9	1,125		1					1	nein
Salix/Populus		1					3	12	4					1			
Carpinus		1					8	10	1,25		1					1	1
Corylus		1					15	8	0,533333333		1					1	
Betula		1					13	12	0,923076923		1					1	1
Betula						1	3	9	3				1				
Salix/Populus		1					6	9	1,5		1					1	
Carpinus		1					10	16	1,6		1					1	1
Alnus						1	2	6	3		1				1	1	1
Betula					1		4	9	2,25							1	1
Carpinus				1			6	13	2,166666667							1	
Alnus				1			2	8	4							1	1
Betula				1			9	11	1,222222222		1					1	1
Corylus		1					14	8	0,571428571		1					1	nein
Betula					1		4	15	3,75				1				1
Alnus		1					6	5	0,833333333		1					1	1
Alnus			1				13	10	0,769230769		1					1	1
Salix/Populus				1			2	10	5					1			
Fagus		1					4	4	1							1	1
Corylus		1					16	7	0,4375						1		
Carpinus				1			10	13	1,3						1		
Corylus				1			6	9	1,5		1					1	1
Corylus		1					9	7	0,777777778					1		1	
Fagus		1					24	8	0,333333333				1			1	
Carpinus					1		3	8	2,666666667					1			
Carpinus		1					9	6	0,666666667						1		
Carpinus			1				3	5	1,666666667					1		1	1
Ilex		1					6	5	0,833333333		1				1	1	
Carpinus					1		2	10	5						1		
Alnus					1		3	7	2,333333333						1		
Alnus					1		4	8	2						1		
Acer		1					7	9	1,285714286							1	
Fagus		1					3	5	1,666666667						1		
Salix/Populus					1		2	7	3,5								
Fagus		1				1	49	7	0,142857143						1	1	
Salix/Populus		1					3	8	2,666666667								
Fagus		1					12	5	0,416666667						1	1	1
Fagus		1					24	6	0,25		1				1	1	1
Corylus		1					7	10	1,428571429		1				1	1	nein
Carpinus		1					5	8	1,6					1		1	1
pseudotsuga		1					6	8	1,333333333					1		1	
Salix/Populus				1			2	4	2					1			
Fagus		1					12	9	0,75		1				1		
Carpinus						1	1	2	2					1			
Carpinus					1		1	2	2					1			
Carpinus						1	1	0	0					1			
Carpinus					1		1	2	2					1			
Fagus		1					37	8	0,216216216						1		
Acer																	
Fraxinus				1			4	6	1,5						1	1	1
Fagus		1					15	8	0,533333333		1						
Corylus		1					6	4	0,666666667					1			
Carpinus				1			9	14	1,555555556		1				1	1	1
Salix/Populus				1			3	5	1,666666667					1			
Salix/Populus						1	1	6	6					1			
Acer							1										
Corylus		1					7	4	0,571428571					1			
Fagus				1			6	5	0,833333333					1			
Fagus					1		2	7	3,5					1			
Carpinus				1			11	9	0,818181818		1						
Fagus		1					5	4	0,8					1			
Carpinus					1		2	9	4,5					1			
Carpinus						1	1	8	8					1			
Alnus		1					4	10	2,5								
Fagus						1	4	4	1					1			
Carpinus		1					8	6	0,75		1				1	1	
Carpinus				1			3	6	2					1			
Fagus				1			5	8	1,6					1			
Carpinus						1	4	9	2,25					1			
Carpinus		1					2	6	3					1			
Carpinus		1					4	7	1,75					1			
Carpinus			1				5	3	0,6					1		1	1
Carpinus				1			7	7	1					1			
Carpinus		1					3	6	2					1			
Carpinus				1			3	8	2,666666667					1			
Salix/Populus			1				4	10	2,5					1			
Salix/Populus				1			5	9	1,8					1			
Fagus				1			24	6	0,25		1						
Fagus				1			9	5	0,555555556					1			

Fundort: Kisdorfer Wohld
 Kreis: Segeberg
 Befund: Löschehaufen
 Datum: Feb 08

Holzkohleanalyse
Zusammenfassung

	Prozent	Stückzahl	unter 2	2-3 cm	3-5cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt	Gewicht	Mittlerer Durchmesser in cm	mittlerer Zuwachs in mm	JR werden schmaler	JR werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?
Fagus	18%	13	2	1	4	2	2	2	3.082			0	0	13	0	0	4	2
Carpinus	31%	22	2	2	7	2	1	8	4.859			1	1	21	0	1	3	2
Alnus	17%	12	1	1	4	2	2	2	0.894			0	0	12	0	1	2	2
Betula	24%	17	0	2	4	5	5	1	1.449			1	0	16	0	0	1	1
Corylus	3%	2	1	0	1	0	0	0	0.086			0	0	2	0	0	1	1
Salix/Populus	3%	2	2	0	0	0	0	0	0.104			1	0	1	0	1	1	1
Quercus	4%	3	1	0	0	1	0	1	0.082			0	0	3	0	0	0	0
Fraxinus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Tilia	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Malus/Crategus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Fragula	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Acer	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
unbekannt	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Gesamtanteil	100%	71	9	7	20	12	10	15				3	1	70	0	3	12	9
										4,8	2,451717687							

Holzart	Holzdurchmesser						Holzmaße Jahringanzahl	Durchmesser in mm	mittlerer Zuwachs	Wachstumsmerkmale				Bemerkungen				
	unter 2 cm	2-3 cm	3-5 cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt				JR werden schmaler	JR werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?		
Betula						1								1				
Alnus				1			4	8	2					1				
Carpinus		1					8	12	1,5		1				1			1
Fagus				1			16	10	0,625					1			1	1
Carpinus				1			1	6	6					1				
Fagus					1		5	8	1,6					1			1	1
Carpinus							1							1				
Fagus					1		8	12	1,5					1				
Betula					1		2	7	3,5					1				
Betula						1	2	8	4					1			1	1
Fagus				1			1	7	7					1				
Fagus				1			8	12	1,5					1			1	nein
Carpinus				1			3	10	3,333333333				1				1	1
Carpinus							1	7	2,428571429					1				
Fagus		1					3	6	2					1				
Alnus						1	3	7	2,333333333					1				
Fagus						1	5	9	1,8					1				
Betula			1				3	9	3					1				
Carpinus				1			2	7	3,5					1				
Betula					1		1	6	6					1				
Carpinus				1			3	13	4,333333333					1				
Fagus			1				2	7	3,5					1				
Betula					1		5	7	1,4					1				
Alnus		1					5	10	2					1		1		
Alnus				1		1	2	5	2,5					1			1	1
Alnus			1				2	4	2					1				
Alnus						1	5	4	0,8					1				
Carpinus							1	1	0					1				
Carpinus							1	1	0					1				
Betula						1	1	5	5					1				
Carpinus							1	2	2					1				
Quercus							1	2	2,5					1				
Carpinus			1				0	7						1				
Alnus				1			2	8	4					1				
Fagus							1	5	1					1				
Fagus							1	5	5					1				
Carpinus							4	8	2					1				
Alnus				1			5	4	0,8					1				
Carpinus				1			2	5	2,5					1				
Betula					1		4	5	1,25					1				
is			1				3	6	2					1				
Carpinus		1					3	4	1,333333333					1				
Carpinus					1		2	5	2,5					1			1	nein
Betula				1			5	3	0,6					1				
Alnus					1		2	5	2,5					1			1	1
Corylus				1			4	4	1					1			1	1
Betula				1			2	4	2					1				
Fagus						1	3	4	1,333333333					1				
Carpinus				1			2	6	3					1				
Carpinus				1			1	4	4					1				
Betula				1			3	2	0,666666667					1				
Betula						1	3	4	1,333333333					1				
Carpinus					1		3	5	1,666666667					1				
Carpinus							1	1	5					1				
Betula				1			4	4	1					1				
Betula						1	2	2	1		1			1				
Betula			1				1	6	6					1				
Carpinus							1	4	4					1				
Quercus					1		1	2	2					1				
Alnus							1	5	5					1				
Alnus							1	2	1,5					1				
Carpinus							1	2	2					1				
Carpinus						1	2	4	2					1				
Carpinus							1	1	4					1				
Fagus			1				2	4	2					1				
Fagus					1		4	5	1,25					1				
Alnus					1		3	4	1,333333333					1				
Quercus			1				1	3	3					1				
?							1	3	1,666666667					1				
Betula					1		1	3	3					1				
Salix/Populus			1				5	2	0,4		1				1		1	1
Salix/Populus			1				1	2	2					1				
Betula							1	2	2					1				
Corylus			1				3	4	1,333333333					1				

Fundort: Flensburg-Wassersleben, Kluesries
 Kreis: Stadt Klensburg
 Befund: Meilerstelle
 Datum: Nov 07

Holzkohleanalyse
Zusammenfassung

	Prozent	Stückzahl	unter 2	2-3 cm	3-5cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt	Gewicht	Mittlerer Durchmesser in cm	mittlerer Zuwachs in mm	JR werden schmaler	JR werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?
Fagus	30%	27	2	5	7	9	1	3	11.925			2	2	20	0	4	14	5
Carpinus	4%	4	0	0	3	1	0	0	0.676			0	0	3	0	0	5	4
Alnus	3%	3	1	0	0	0	1	1	0.175			0	0	2	0	0	0	0
Betula	6%	5	1	0	3	0	0	1	0.774			1	0	4	0	1	3	2
Corylus	2%	2	2	0	0	0	0	0	2.823			0	0	2	0	1	1	0
Salix/Populus	53%	47	2	4	6	13	7	15	7.009			2	1	41	0	3	8	3
Quercus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Fraxinus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Tilia	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Malus/Crategus	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Frangula	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Acer	0%	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
unbekannt	1%	1	0	1	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Gesamtanteil	100%	89	8	10	19	23	9	20				5	3	73	0	9	31	14

Mittlerer Durchmesser in cm: 4,7
 mittlerer Zuwachs in mm: 1,953495981

Holzart	Holzdurchmesser						Holzmaße		Wachstumsmerkmale				Bemerkungen			
	unter 2 cm	2-3 cm	3-5 cm	5-10 cm	über 10 cm	unbekannt	Jahringanzahl	Durchmesser in mm	mittlerer Zuwachs	JR werden schmaler	JR werden breiter	JR gleichmäßig	JR asymmetrisch	mit Zentrum	mit Rinde	letzter Jahring komplett?
Fagus		1					4	14	3,5			1			1	1
Fagus		1					34	20	0,588235294			1			1	1
Fagus		1					16	20	1,25			1			1	1
Salix/Populus			1				24	22	0,916666667	1					1	1
Corylus		1					40	15	0,375			1				
Corylus		1					40	12	0,3			1			1	1
Salix/Populus				1			7	9	1,285714286			1				1
Salix/Populus					1		3	9	3			1			1	1
Salix/Populus						1	5	13	2,6			1				
Salix/Populus						1	7	8	1,142857143			1				
Salix/Populus					1		4	5	1,25			1				
Betula			1				14	9	0,642857143			1			1	1
Salix/Populus				1			4	8	2			1				
Fagus				1			16	13	0,8125		1					
Fagus			1				7	14	2			1				1
Salix/Populus					1		6	6	1			1				
Fagus			1				4	8	2			1				1
Salix/Populus					1		3	7	2,333333333			1				
Salix/Populus						1						1				1
Salix/Populus				1			4	8	2			1			1	
Salix/Populus					1		2	3	1,5			1				
Fagus					1		4	13	3,25			1				
Fagus						1	3	5	1,666666667			1				1
Salix/Populus						1	9	12	1,333333333			1				1
Salix/Populus					1		7	6	0,857142857			1				1
Salix/Populus		1					26	11	0,423076923			1			1	
Fagus					1		4	9	2,25			1				1 nein
Fagus			1				1	7	7			1				
Salix/Populus				1			3	7	2,333333333			1				
unbekannt			1									1				
Fagus				1			19	9	0,473684211			1				
Salix/Populus						1						1				
carpinus				1			5	12	2,4			1				1
Fagus					1		8	8	1			1				
Salix/Populus						1						1				
Betula				1			12	10	0,833333333		1					1
Salix/Populus						1						1				
Betula				1			3	3	1			1				1 nein
Fagus					1		9	5	0,555555556		1					1 nein
carpinus						1	3	8	2,666666667			1				1
Salix/Populus						1						1				
Salix/Populus					1		6	14	2,333333333			1				
Fagus			1				3	9	3			1				1
carpinus					1		5	6	1,2			1				1
carpinus					1		3	11	3,666666667			1				1
Fagus						1						1				
Salix/Populus						1						1				
carpinus						1	3	5	1,666666667			1				1 nein
Fagus				1			6	4	0,666666667			1				1 nein
Salix/Populus		1					7	11	1,571428571			1				1
Fagus				1			4	7	1,75			1				1 nein
Alnus		1					2	6	3			1				
Salix/Populus			1				1	3	3			1				
Salix/Populus				1			3	3	1			1				1
Salix/Populus					1		5	4	0,8			1				
Salix/Populus						1	3	8	2,666666667			1				
Fagus					1		3	4	1,333333333			1				1
Salix/Populus					1		1	3	3			1			1	
Betula			1				2	10	5			1				
Salix/Populus					1							1				
Salix/Populus						1	1	3	3			1				
Alnus						1	4	5	1,25			1				
Salix/Populus						1	3	4	1,333333333			1				
Salix/Populus						1						1				
Fagus						1	6	4	0,666666667			1				1 nein
Salix/Populus				1			4	4	1			1				
Salix/Populus					1		3	3	1			1				
Salix/Populus					1		2	7	3,5			1				
Salix/Populus						1	1	2	2			1				
Salix/Populus					1		5	7	1,4			1				
Salix/Populus						1	2	6	3			1				
Salix/Populus						1						1				
Salix/Populus						1	1	4	4			1				
Salix/Populus						1						1				
Fagus					1		5	2	0,4			1				
Fagus					1		6	10	1,666666667			1				
Salix/Populus						1						1				
Fagus				1			1	4	4			1				
Alnus						1	1	4	4			1				
Salix/Populus						1						1				
Fagus					1		2	7	3,5			1				
Fagus						1	1	1	5			1				
Salix/Populus						1						1				
Salix/Populus						1	3	4	1,333333333		1					
Salix/Populus						1						1				
Fagus						1	6	3	0,5			1				
Betula						1						1				
Salix/Populus						1						1				

