

# Erkenntnisse über Wald- und Holznutzung im prähistorischen Hallstatt

Michael Grabner, Sebastian Nemestothy & Hans Reschreiter

**Zusammenfassung** – Holz bleibt bei bestimmten Umweltbedingungen, wie beispielsweise in dauerfeuchtem oder trockenem Milieu, über längere Zeit hindurch erhalten. In Ausnahmefällen, so auch im prähistorischen Salzbergbau in Hallstatt (Österreich), sind durch die konservierende Wirkung des Steinsalzes Holzobjekte in einer großen Anzahl und in perfektem Zustand überliefert. Sie dienen heute als multidisziplinäre Forschungsobjekte, bei denen folgende Untersuchungen vorgenommen werden: Holzartenbestimmung, dendrochronologische Datierung, Bestimmung des Fällungszeitpunktes, Analyse von holzanatomischen Besonderheiten wie z. B. die sog. Überwallungen, Rekonstruktion der Waldnutzung und schließlich die Bestimmung der angewandten Holzbearbeitungstechniken.

Überraschenderweise war ein Resultat der Forschungen, dass Tannenholz eine noch größere Rolle spielte als bislang angenommen wurde und zwar nicht nur als Grubenholz, sondern auch bei der Herstellung von Leuchtspänen und von Transportgefäßen (sog. Schwingen). Des Weiteren wurde es auf Grund vieler Informationen möglich, die Waldbewirtschaftung in Hallstatt genauer nachzuvollziehen: Demnach waren die Baumstämme dort einzeln genutzt und außerhalb der Vegetationsperiode gefällt worden. Ferner war es mithilfe der erwähnten vortrefflichen Erhaltung des Holzes ebenfalls möglich, die Bearbeitungsspuren zu erkennen und zu analysieren: So die Fällung mit dem Bronzebeil, das Hacken von Nuten, die Herstellung von Eschenspänen für Holzgefäße usw. Insbesondere die Produktion der Eschenspäne deutete an, dass das damalige Wissen über die Holzbearbeitung heute teilweise verloren gegangen ist.

**Schlüsselwörter** – Archäologie, Römerzeit, Österreich, Hallstatt, Salzbergbau, Holzfällung, Holzanatomie, Leuchtspäne, Holzschwingen

## 1. Einleitung

Holz war und ist ein elementarer Naturrohstoff – selbst noch heute steigt der jährliche Bedarf weltweit an. Die Nutzung von Holz hat aber auch eine ausgeprägte kulturhistorische Dimension mit großer zeitlicher Tiefe. So gehört Holz seit über 400 000 Jahren – seit der archäologisch belegten Verwendung von Werkzeugen und Brennholz – zu den wichtigsten Rohstoffen, die die Menschheit begleitet haben<sup>1</sup>.

In der Archäologie spielen Holzfunde eine eher untergeordnete Rolle. Dies liegt einerseits daran, dass beispielsweise in Österreich im Zuge von Ausgrabungen Holzfunde in größerem Umfang nur selten gemacht werden<sup>2</sup>, andererseits ist es schwierig, Holzfunde typologisch einzuordnen und ohne naturwissenschaftliche Methoden zu datieren<sup>3</sup>. Mit der „Dendrochronologie“ ist Anfang des 20. Jahrhunderts ein Vorgehen entwickelt worden, das den unübertroffenen Vorteil der jahrgenaue Datierung liefert. Durch die Möglichkeit der chronologischen Bestimmung kam dem Roh- und Werkstoff Holz sukzessive eine größere Bedeutung zu.

Holzfunde sind jedoch nicht nur „Datierungsmaterial“, sei es über die Dendrochronologie<sup>4</sup> oder über die Radiokarbonmethode, sondern auch die Bestimmung der Holzart, also der Baum- bzw. der Strauchart, liefert Hinweise auf die Verwendung des Holzes und ferner auf die Waldbewirtschaftung<sup>5</sup>. Außerdem geben die ermittelten Daten Informationen in Hinblick auf die frühere Erscheinungsform und Umgestaltung der Natur- und Kulturlandschaft<sup>6</sup>.

Bestimmte Holzstrukturen, wie beispielsweise die sog. Stammüberwallungen (siehe unten), weisen außerordentliche mechanische Eigenschaften auf. Diese wurden dann für spezielle Zwecke eingesetzt<sup>7</sup>. Das Auftreten und die Nutzung dieser Holz-Erscheinungsformen erlauben wichtige Rückschlüsse auf die frühere Waldbewirtschaftung. So können diese Stammüberwallungen nur in annähernd geschlossenen Wäldern entstehen<sup>8</sup>.

Holz bleibt nur bei entsprechenden Umgebungsbedingungen, wie z. B. in dauerfeuchtem oder trockenem Milieu, über längere Zeit hindurch erhalten. Auf Grund der konservierenden Wirkung von Steinsalz sind im prähistorischen Salzbergbau Hallstatt sehr viele organische Gegenstände aufbewahrt worden – sowohl aus bronze- als auch aus eisenzeitlichen Zusammenhängen<sup>9</sup>. Wegen der großen Fundmenge und der optimalen Überlieferung ist es möglich, auch solche Fundgruppen zu analysieren, die in Ausgrabungen nicht oder nur in sehr schlechtem Erhaltungszustand vorkommen, wie z. B. Spanschachteln, Holzgefäße, Leuchtspäne usw.

In diesem Artikel werden die Ergebnisse diverser Untersuchungen an Holzgegenständen, und zwar nach den Untersuchungsmethoden gruppiert, vorgestellt. Dies bedeutet, dass nicht jede einzelne Fundkategorie eigens beschrieben wird, sondern dass die Ergebnisse nach den Untersuchungsarten komprimiert dargestellt werden. Dadurch wird auch eine Übersicht des gesamten nachgewiesenen Holzartenspektrums ermöglicht.



Abb. 1 Grubenhölzer an der First der Grabungstollen.

## 2. Holzartenbestimmung

Zu Beginn der Untersuchung von Holzfinden steht die Frage nach der Holzart, wobei die Anatomie des Holzes die Grundlage dieser Bestimmung bildet<sup>10</sup>. Rezente oder gut erhaltene Hölzer lassen sich oft an Hand makroskopischer Merkmale (Farbe, Textur, Dichte, Geruch) bestimmen. Bei historischen, archäologischen oder gar verkohlten Holzstücken sind aber diese Eigenschaften zumeist verändert. Deshalb ist für eine genaue Artbestimmung das Erkennen von mikroskopischen Merkmalen nötig, die bereits für nahezu alle Holzarten gut beschrieben vorgelegt sind<sup>11</sup>. Sie können üblicherweise an Mikroschnitten<sup>12</sup> festgestellt werden. Im Falle von Holzkohlen wird diese Analyse an Bruch- und Spaltflächen (quer, radial, tangential) unter dem Auflichtmikroskop durchgeführt.

### 2.1. Grubenholz

Die Fundgruppe Grubenholz beinhaltet alle Rundhölzer und geringfügig bearbeiteten Hölzer zur Auszimmerung der Schächte und Gruben

(Abb. 1). Hier sind auch die Bauteile der bronzezeitlichen Holzstiege<sup>13</sup> aus dem Hallstätter Salzbergwerk erfasst worden.

Bis ins Jahr 2012 wurden insgesamt 899 Grubenhölzer aus dem bronzezeitlichen Christian-von-Tusch-Werk, Alter Grubenoffen, analysiert. Den größten Teil nimmt die Tanne (*Abies alba*) mit 40 % ein; darauf folgt die Fichte (*Picea abies*) mit 39 %. Demnach besteht der größte Teil des Grubenholzes zu etwa gleichen Anteilen aus diesen zwei Holzarten. Mit geringeren Anteilen folgen dann Rotbuche (*Fagus sylvatica*) mit 15 %, Ahorn (*Acer spp.*) mit 3 %, Esche (*Fraxinus excelsior*) mit 2 % und Lärche (*Larix decidua*) mit 1 %.

Betrachtet man die Holzartenverteilung der Grubenhölzer mit geringen Durchmesser (unter 0,10 m, 331 Stück), bleibt die Verteilung bei relativ ähnlichen Verhältnissen, nämlich: 44 % Tanne, 42 % Fichte, 11 % Buche, 2 % Ahorn, 1 % Lärche. Bei größeren Durchmessern (0,20–0,35 m, 55 Stück) ändert sich das Verhältnis zu Gunsten der Fichte, also 62 % Fichte, 36 % Tanne, 2 % Buche. Dies ist durch die intensive Nutzung der Tanne für Leuchtpäne (siehe unten) zu erklären, was bewirkte, dass nur eher geringe Durchmesser als Grubenholz zur Verfügung standen. Die dickeren Stammteile wurden für die Herstellung der Leuchtpäne gebraucht.

### 2.2. Leuchtpäne

Leuchtpäne waren die Lichtquelle unter Tage, deshalb kann man die abgebrannten Reste in unzählbarer Menge in dem Betriebsabfall der prähistorischen Bergwerke finden (Abb. 2). Da man sie nicht, wie zu erwarten, aus harzreichem Kiefernholz (*Pinus sylvestris*) fertigte, wurde bewusst der Name „Leuchtpäne“ und nicht der Name „Kienspäne“ (wie er bei der Kiefer üblich wäre) gewählt<sup>14</sup>. Während der Analyse waren insgesamt 300 bronze- und 80 eisenzeitliche Leuchtpäne untersucht worden. Erstere waren zu 93 %, letztere zu 100 % aus Tannenholz gefertigt.



Abb. 2 Abgebrannte Leuchtpäne, wie sie in unzählbarer Menge zu finden sind.





Abb. 3 Originalfundstück einer Schwinge (Fülltrög) mit zugehöriger Kratze.

Dies unterstreicht die oben bereits erwähnte große Bedeutung der Tanne (als Grubenholz, Leuchtspäne, Schwingen und Kübel). Offenbar verwendete man bewusst Tannenholz für die Leuchtspäne, allerdings können die Gründe hierfür bis heute nur vermutet werden, so wie z. B. bessere Spaltbarkeit oder weniger Rauchentwicklung beim Abbrennen.

### 2.3. Schwingen und Kübel

Unter Schwingen (oder Fülltröge, **Abb. 3**) und Kübeln (**Abb. 4**) versteht man Transportgefäße, die ausschließlich im bronzezeitlichen Bergbau entdeckt wurden. Die Schwinge, gemeinsam mit der Kratze, dient zum Aufnehmen von Hauklein<sup>15</sup>. Diese Fundgruppe sticht durch ihre besondere Holzstruktur hervor (siehe unten).

Bei den Schwingen (insgesamt 37 Stück nachgewiesen) überwiegt die Tanne mit 58 %. Fasst man Tanne, Fichte und die nicht exakt bestimmbare Gruppe Fichte/Tanne zusammen, machen die Nadelhölzer insgesamt 72 % aus. Die anderen für Schwingen verwendeten Holzarten waren Ahorn mit 22 % sowie Linde (*Tilia spp.*) und Buche mit je 3 %. Außerdem konnten 67 % der Kübel (insgesamt 12 Stück) eindeutig der Tanne zugeschrieben werden. Bei 25 % war keine eindeutige Unterscheidung zwischen Fichte und Tanne möglich. Nur 8 % der Kübel bestanden aus Lindenholz. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen des Grubenholzes, der Leuchtspäne, der Schwingen und Kübel konnte eine eindeutige „Ganzbaumnutzung“ der Tanne nachgewiesen werden<sup>16</sup>. Dies bestätigen auch die steigenden Durchmesser der Bäume vom Grubenholz über die Leuchtspäne bis zu den Schwingen und Kübeln. Auch die Böden der Schwingen und Kübel

wurden überwiegend aus Fichten- oder Tannenholz gefertigt: 90 % bei den Schwingen (insgesamt 21 Stück belegt) und 65 % bei den Kübeln (insgesamt 20 Stück gezählt).

### 3. Jahrringanalyse (Dendrochronologie)

Nachfolgend soll nicht die dendrochronologische Datierung als solche im Mittelpunkt stehen, vielmehr sollen Fundaufnahmen analysiert werden, die im Zuge der dendrochronologischen Bearbeitung gemacht wurden. In erster Linie ging es darum, den Fällungszeitpunkt der Bäume innerhalb der Jahreszeiten zu ermitteln.

Wenn an den Hölzern die so genannte Waldkante vorhanden ist (**Abb. 5**), handelt es sich bei der dendrochronologischen Datierung tatsächlich um das Jahr der Fällung. Die Waldkante ist der äußerste Jahrring, der knapp unter der Rinde liegt<sup>17</sup>. Der Fällungszeitpunkt ist jedoch nicht nur für die Datierung interessant, sondern auch für das Verständnis der Waldbewirtschaftung und Holzbearbeitung. Ebenso gelangten hier Bohrkern zur Untersuchung.



Abb. 4 Originalfundstück eines Kübels.



**Abb. 5** Querschnitt eines Baumes mit dem äußersten Jahrring, an den die Rinde anschließt. Dies entspricht der Waldkante.

### 3.1. Grubenholz

Für die Jahrringanalyse wurden aus dem Christian-von-Tusch-Werk, Alter Grubenoffen, 572 Grubenhölzer herangezogen. Zuerst galt es, makroskopisch zu bestimmen, ob an den Oberflächen der Stämme Rinde vorhanden ist, die ein eindeutiger Beweis für eine Waldkante ist, bzw. ob es sich um bearbeitete Flächen oder um Waldkante handelt. In 63 % der Fälle konnte Rinde, in 35 % Waldkante nachgewiesen werden. Nur 2 % waren nicht eindeutig bestimmbar. Demnach handelt es sich bei den Grubenhölzern um weitestgehend un bearbeitete Rundhölzer<sup>18</sup>. In etwa zwei Dritteln der Fälle war also die Rinde noch vorhanden. Die Rinde ist vor allem außerhalb der Vegetationszeit fest mit dem Holzkörper verbunden und somit ein datierungstechnischer Hinweis auf eine Fällung der Bäume im Winter. Des Weiteren wurde der zuletzt gebildete Jahrring, wenn es sich um die Waldkante handelte, noch genauer untersucht: Erfolgte die Fällung im Winter, endet der Jahrring der Nadelhölzer mit dem Spätholzband<sup>19</sup>.

Bei 10 % der 572 Bohrkern war keine eindeutige Zuordnung möglich (zumeist auf Grund von Brüchen der Bohrkern). Insgesamt 88 % der Bäume, die als Grubenholz verarbeitet worden sind, wurden im Winter gefällt, d. h. während der Vegetationsruhe von Oktober bis April des darauffolgenden Jahres. Lediglich bei 2 % war eine Zuordnung zu einer Sommerfällung möglich.

### 3.2. Leuchtspäne

Auch bei den Leuchtspänen wurde der Versuch unternommen, die Waldkante zu bestimmen. Da bei diesen, im Gegensatz zum Grubenholz, nie Rinde erhalten geblieben ist, konnte die Waldkante ggf. nur über dunkle Bastreste nachgewiesen werden. Hier stand deshalb nicht die Frage nach dem Fällungszeitpunkt im Vordergrund, sondern es galt, die Anzahl der Leuchtspäne zu ermitteln, die aus einem Baumstamm gespalten werden konnten. Die rund einen Meter langen Späne wurden großteils astfrei aus dem Holz der Tanne oder Fichte gespalten oder gezogen. Dies ist vor allem beim untersten Stammabschnitt, nahe der Rinde, der bereits ohne Äste ist, möglich. Es stellte sich die Frage, ob in radialer Richtung nur ein Span (ganz außen mit Waldkante) oder mehrere Späne (wobei dann die inneren keine Waldkante aufweisen) hergestellt werden konnten.

Die Leuchtspäne der Bronze- und Eisenzeit unterscheiden sich in einigen Details voneinander: In der Bronzezeit wiesen sie eine leicht abweichende Gestaltung auf, sie waren nämlich tendenziell in radialer Richtung des Holzes gespalten und geringer im Umfang. Offenbar waren auch die Stammdurchmesser der Bäume, aus denen sie gespalten wurden, geringer als in der Eisenzeit. So waren bei 50 % der untersuchten Leuchtspäne aus der Bronzezeit (300 Stück) noch die Waldkante vorhanden, wogegen die eisenzeitlichen Späne diese nur zu 31 % aufwiesen. Da die Bäume, die in der Eisenzeit genutzt wurden, größere Durchmesser aufwiesen, konnten mehrere Späne in radialer Richtung des Holzes hergestellt werden, und dadurch ist der Anteil an Waldkanten gesunken.

### 3.3. Herkunft der Hölzer

Eine zuverlässige Versorgung mit Betriebsmitteln wie Holz war die Grundlage für jeden Bergbau – so auch für die prähistorischen Betriebe von Hallstatt<sup>20</sup>. Im Rahmen eines groß angelegten Projekts werden derzeit unter anderem die Versorgungsstrukturen der Hallstätter Salzbergwerke untersucht<sup>21</sup>.

Um die Waldwirtschaft und somit die Versorgungsstruktur des Bergbaues zu verstehen, ist zu ermitteln, ob sämtliches Holz, das gefunden wurde, aus dem Hallstätter Hochtal stammt. Da das Einzugsgebiet im Hochtal eingeschränkt und der Transport vom Hallstätter See aufwärts verhältnismäßig schwierig war, bestand die Gefahr einer Unterversorgung mit Holz. Im Falle der Eichen-Knieholzschäftungen ist es offensichtlich, dass es sich um Importe gehandelt hat<sup>22</sup>, da Eichen in



dieser Anzahl nicht in Hallstatt wachsen konnten, denn das Klima war hierfür zu kalt. Auf Grund der Topographie ist ein Handel mit Holzprodukten wie z. B. den Knieholzschäftungen durchaus vorstellbar. Andererseits kann der Import und somit ein Transport von ganzen Baumstämmen wegen der Höhenlage des Bergwerkes nahezu komplett ausgeschlossen werden (siehe unten). Basierend auf dem Jahrringmuster der beprobten Holzgegenstände ist diese Frage ferner auch nicht mit Sicherheit zu klären, denn die Holzgegenstände könnten aus ähnlichen Wuchsgebieten wie jenen in Hallstatt stammen.

In einem umfangreichen Projekt wird nun versucht, auf Grund der Isotopenverhältnisse des Holzes aus dem prähistorischen Bergbau auf die Herkunft der Bäume zu erschließen. Hierfür kommen vor allem leichte Isotope wie Kohlenstoff, Sauerstoff und Deuterium, aber auch schwere Isotope wie vor allem Strontium in Frage. Die ersten Ergebnisse von der Verortung der Wuchsstandorte sind vielversprechend, demnach wird es möglich sein, eine Trennung der Hölzer vorzunehmen, zwischen jenen aus den möglichen Importgebieten und solchen aus Hallstatt selbst<sup>23</sup>. Ferner wurde mit der Waldwachstumsforschung begonnen, um abzuschätzen, wie viel Holz innerhalb des potenziellen Einzugsgebietes nachhaltig entnommen werden konnte.

#### 4. Besonderheiten, Wuchsanomalien

Holz wird vom Kambium – einem teilungsfähigen Gewebe zwischen Holz und Rinde – gebildet. Nadel- und Laubholz sind dabei unterschiedlich aufgebaut. Aber sowohl bei normal gewachsenen Laub- als auch bei Nadelbäumen wachsen alle Zellelemente etwa geradlinig, parallel zur Stammachse. Abweichungen von der regulären Holzstruktur werden als „anatomische Besonderheiten“ bzw. „Wuchsanomalien“ bezeichnet.

Bei der Holzartenbestimmung der Schwingen und Kübel (siehe oben) fiel bei der Autopsie eine besondere gemaserte und dreidimensional verschlungene Holzstruktur (Gewebe) auf der Außenfläche der Gefäße auf (**Abb. 6**). Basierend auf dieser Beobachtung, konnte nun eindeutig nachgewiesen werden, dass es sich hierbei um sog. überwallte Holzstrünke (Baumstümpfe) handelt, die dann entstehen, wenn der Baum über den Wurzeln mit anderen Bäumen in Verbindung stand, d. h. offenbar eine gewisse Kommunikation zwischen ihnen vorlag. Dieses Gebilde wurde später zur Herstellung spezieller Gefäße heran-



**Abb. 6** Maserartige Struktur einer Kübelwand. Erkennbar ist die dreidimensionale Wachstum der Holzzellen.

gezogen<sup>24</sup>. Ein Erklärungsmodell für ihre Entstehung könnte lauten, dass man nach der Fällung der Bäume die Stümpfe stehen ließ und zunächst abwartete. So mussten zwischen zwölf bis zwanzig Jahre vergehen, bis genug neues, maserartiges Holz gewachsen war. Nach der endgültigen Ernte des Holzstrunkes und dem Entfernen des Holzes des ehemaligen Baumstammes, das oft schon maderig war, musste man nur noch einen Gefäßboden einarbeiten. Durch diese spezielle Holzstruktur sind die daraus hergestellten Behälter besonders widerstandsfähig gegen Abnutzung und vor allem gegen Bruch – sie sind aber gleichzeitig sehr leicht. Etwa 92 % der Kübel (12 Stück) und 73 % der Schwingen (37 Stück) wiesen dieses maserartige Überwallungsgewebe auf. Diese Erkenntnis ist für das Verständnis der Waldwirtschaft von großer Bedeutung, da Überwallungen nur dann entstehen, wenn in der unmittelbaren Nähe des Baumes noch weitere Bäume leben die die Baumstümpfe der gefällten Bäume über Wurzelverbindungen versorgen. Daher konnten nur Fällungen in eher kleinerem Umfang, aber keine radikalen Kahlschläge vorgenommen werden<sup>25</sup>.

#### 5. Rekonstruktion der Holzbearbeitung

##### 5.1. Fällung

Im Jahr 2009 wurde im Christian-von-Tusch-Werk, Alter Grubenoffen, ein Holzstrunk (Baumstumpf) eines Ahornbaumes mit Wurzelwerk gefunden (**Abb. 7**). Wie bei allen Holzfinden aus dem Salzbergwerk war der Erhaltungszustand ausgezeichnet. Das Besondere an diesen Fund ist, dass an ihm die Fällspuren bestens erhalten ge-



Abb. 7 Strunk eines in der Bronzezeit gefällten Ahornbaumes mit erhaltenen Werkzeugspuren.

blieben sind, man also den Fällungsvorgang präzise rekonstruieren und sogar auch experimentell nachvollziehen konnte.

Demnach wurde der Stamm zuerst von beiden Seiten angehackt. Der untere Axthieb wurde in einem Winkel von 25–53 °abwärts geführt. Der obere Hieb wird vermutlich etwas steiler gewesen sein, wodurch es möglich war, große Hackscharten (Holzstücke) aus dem Stamm zu lösen. Der Stamm wurde auf diese Weise von zwei Seiten symmetrisch bearbeitet, bis die Kerben so groß waren, dass er schließlich fiel<sup>26</sup>. Dies entspricht nicht dem Bild, das wir von Fällungen aus der jüngeren Vergangenheit (19. Jahrhundert) kennen. Bei diesen nämlich wurde von oben und auch waagrecht gehackt<sup>27</sup>. Diese Erkenntnis war ein wesentlicher Schritt im Verständnis der bronzezeitlichen Holzbearbeitung und Waldbewirtschaftung. Seitdem sind weitere bronzezeitliche Holzstrünke bekannt geworden, die vergleichbare Fällspuren aufweisen.

### 5.2. Nuthacken

Grubenhölzer mit eingehackten Nuten waren aus dem bronzezeitlichen Bergwerk seit langer Zeit

bekannt. Allerdings wurde auch ihre Funktion erst nach der Entdeckung der Stiege 2004 verständlich: Sie dienten der Aufnahme der Zapfen der Stiegentritte bzw. der Distanzbretter<sup>28</sup>. Bei genauer Betrachtung des Nutgrundes fallen schräge, unter rund 45 Grad Winkel verlaufende Hackspuren auf. Erst beim experimentellen Nachbau der Stiege mit originalgetreuen Metallwerkzeugen wurde klar, dass dies notwendig ist, um die Späne vom Nutgrund abzutrennen. Die Nut wurde durch kreuzweises Einhacken mit einem Beil und nicht mit Hilfe von Dechseln erzeugt. Bei einem Holzfund vom Ende des 15. Jahrhunderts n. Chr. aus Orth an der Donau<sup>29</sup> konnten vergleichbare schräg verlaufende Hackspuren im Nutgrund identifiziert werden, was darauf hinweist, dass sich die Technik des Nut-Hackens mit Beilen, trotz unterschiedlicher Werkzeuge – zumindest was das Metall, wie Bronze oder Eisen betrifft, über nahezu 3 000 Jahre erhalten hat (Abb. 8).

### 5.3. Eschenspäne

Die meisten prähistorischen Spanschachteln stammen aus dem Salzbergwerk Hallstatt und werden in die ältere Eisenzeit datiert<sup>30</sup>. Alle unter-



Abb. 8 Nutgrund einer Spundwandkonstruktion aus dem 15. Jahrhundert von Orth an der Donau, mit ähnlichen Werkzeugspuren wie in der Bronzezeit.





Abb. 9 Eisenzeitliche Spanschachtel.

suchten Zargen dieser Spanschachteln bestanden aus dem Spätholzband von Eschenholz und zwar aus einem einzigen Jahrring (Abb. 9). Lange Zeit blieb ungeklärt, wie man solche Späne herstellen konnte. Eine ausführliche Recherche zeigte, dass sich diese Technik bis in das 20. Jahrhundert hinein zum Herstellen von Körben erhalten hat<sup>31</sup>. Bei der Produktion wurde frisches Eschenholz in radiale Teilstücke gespalten und in radialer Richtung geklopft und zwar so, dass sich auch Schubkräfte auf das Holz auswirken. Dadurch wird der Frühholzporenkreis zerstört, und die einzelnen Jahrringe (Spätholzbänder) lösen sich voneinander (Abb. 10). Auch diese Technik wurde experimentell nachvollzogen, um Spanschachteln nachzubauen.

## 6. Holznutzung und Waldbewirtschaftung

Wenn eine ausreichend große Anzahl an Holzfinden aus einem geografischen Raum und aus einer bestimmten Epoche analysiert werden kann, ist es auch denkbar, Aussagen über die Holznutzung und Waldbewirtschaftung zu machen. Diese können dann in Verbindung mit Pollenanalysen Angaben über die Waldzusammensetzung liefern<sup>32</sup>. Auf Grund des geografisch eng begrenzten Raumes und der sehr hohen Funddichte war es in Hallstatt möglich, relativ genaue Analysen der Holznutzung und Waldbewirtschaftung in der Bronzezeit durchzuführen<sup>33</sup>.

Das Einzugsgebiet für Beschaffung von Rundholz in der Umgebung des Salzbergtals ist durch Steilwände und die natürliche Waldgrenze beschränkt. Das Grubenholz wurde mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht bergauf

transportiert, weil die räumlichen Gegebenheiten des Weges es nicht erlaubten. Dies lässt vermuten, dass die Bergleute bereits in der Bronzezeit eine nachhaltige Waldbewirtschaftung betrieben. Die bronzezeitlichen Grubenhölzer weisen einen Durchmesser von knapp 0,05 m bis zu 0,25 m auf; der Mittelwert liegt bei 0,10 m. Betrachtet man die Krümmung der Jahrringe der Leuchtspäne, so kann man auf den Durchmesser des Stammteiles schließen, aus dem sie gespalten wurden. Auf diese Weise konnte nachgewiesen werden, dass die Baumteile zur Leuchtspanproduktion einen Durchmesser von rund 0,20–0,40 m hatten; der Mittelwert liegt bei 0,29 m. Diese Stammteile waren also dicker als jene, die für Grubenholz genutzt wurden. Dies ist relativ einfach zu erklären: Die knapp einen Meter langen Leuchtspäne konnten nur aus bester Holzqualität gewonnen werden. Diese astfreie Qualität findet man nur im unteren Teil des Baumstammes, nahe oder unter der Rinde, weil der Baum hier schon vor längerer Zeit seine Äste abgeworfen hat. Misst man den Durchmesser der Überwallungen (bei der Schwingen), sieht man, dass dieser eine Spur größer ist. Der Mittelwert liegt bei 0,39 m.

Anhand der Tanne konnte somit gezeigt werden, dass der gesamte Baumstamm – vom überwallten Strunk bis zum Wipfel – genutzt wurde. Damit sich diese Überwallungen ausbilden können, dürfen nur einzelne Bäume geerntet werden – dies entspricht dem heutigen Bild der Einzelstammnutzung. Demnach hatten die Bergleute der Bronzezeit ein hervorragendes, nachhaltiges Waldbewirtschaftungssystem.



Abb. 10 Durch das Klopfen des Eschenholzes können einzelne Jahrringe (Spätholzbänder) gewonnen werden.

## 7. Zusammenfassung

Durch die Fülle an Holzfunden und den perfekten Erhaltungszustand aus dem prähistorischen Salzbergwerk Hallstatt konnten viele unterschiedlichste Ergebnisse erzielt werden, so Angaben über die Holzartenverwendung, die spezielle Art der Eschenbearbeitung, die Bauweise der Holzstiege, die dendrochronologische Datierung usw. All diese Ergebnisse zeigen, dass die Bergleute der Bronze- und Eisenzeit auch sehr gute Forstleute und Holzbearbeiter waren. Eine nachhaltige Forstwirtschaft wurde für kommende Generationen mit Bedacht betrieben. Mehrere Bearbeitungstechniken sind entwickelt und perfektioniert worden, die im Laufe der Zeit zum Teil wieder verschwanden, zum Teil aber über Jahrtausende hindurch erhalten blieben. Es wurde mit Präzision vorgefertigt – vergleichbar mit heutigen genormten Produkten.

Der Kenntnisstand um die Verwendung und Bearbeitung von Holz war so detailreich, dass es bis heute nicht gelungen ist, alles zu verstehen oder wieder zu entdecken.

## Anmerkungen

<sup>1</sup> Begemann 1977, 206; Ziethen 2000, 65–78; Radkau 2007, 342.

<sup>2</sup> Wie z. B. in Kleinmariazell vgl. Wimmer/Grabner/Liebert 1997, 55–57; in Hallstatt vgl. Grabner et al. 2006, 40–49; Klein 2006, 122; Grabner et al. 2007, 61–68.

<sup>3</sup> Reschreiter 2008.

<sup>4</sup> Grabner 2005, 82.

<sup>5</sup> Klein 2006, 122; Heiss/Thanheiser 2008, 11–31.

<sup>6</sup> Kral 1994, 11–48; Ludemann 2007, 7–22; Manegold/Ludemann 2007, 25–38.

<sup>7</sup> Klein 2006, 122.

<sup>8</sup> Klein 2006, 122.

<sup>9</sup> Vgl. Kern et al. 2008, 239; Grabner et al. 2010, 171–176.

<sup>10</sup> Schoch 1990, 43–52.

<sup>11</sup> Z. B. Grosser 1977, 208; Bosshard 1982, 224; Sachsse 1984, 160; Schweingruber 1990, 226; Wagenführ 1999, 188.

<sup>12</sup> Bestimmung der Markstrahlen auf Quadratmillimeterflächen unter dem Mikroskop.

<sup>13</sup> Reschreiter/Barth 2005, 27–32.

<sup>14</sup> Klein 2006, 122.

<sup>15</sup> Kern et al. 2008, 239; Grabner et al. 2010, 171–176; Klein 2006, 122.

<sup>16</sup> Klein 2006, 122.

<sup>17</sup> Freundlichen mündliche Mitteilung basierend auf einem Vortrag von Grabner/Nicolussi 2011.

<sup>18</sup> Grabner/Reschreiter/Klein 2009, 101–104.

<sup>19</sup> Freundliche mündliche Mitteilung basierend auf einem Vortrag von Grabner/Nicolussi 2011.

<sup>20</sup> Kowarik/Reschreiter 2010, 105–116.

<sup>21</sup> Kowarik/Reschreiter 2011, 241–256.

<sup>22</sup> Barth/Grabner 2003, 85–89.

<sup>23</sup> Horsky et al. 2013.

<sup>24</sup> Klein 2006, 122.

<sup>25</sup> Klein 2006, 122.

<sup>26</sup> Reschreiter/Totschnigg/Grabner 2010, 32–34.

<sup>27</sup> Gayer 1876, 184.

<sup>28</sup> Reschreiter/Barth 2005, 27–32.

<sup>29</sup> Fiebig et al. 2009, 224–241.

<sup>30</sup> Reschreiter 2009, 115–122.

<sup>31</sup> Reschreiter et al. 2013, 139–144.



<sup>32</sup> Ludemann/Michiels/Nölken 2004, 283–292; Ludemann 2007, 7–22.

<sup>33</sup> Klein 2006, 122; Grabner et al 2006, 40–49; Grabner et al. 2007, 61–68; Grabner/Reschreiter/Klein 2009, 101–104.

### Abbildungsnachweis

Abb. 1; 2; 4 und 9 A. Rausch, Naturhistorisches Museum Wien.

Abb. 3; 5-8 und 10 Verfasser.

### Literatur

Barth/Grabner 2003

F. E. Barth/M. Grabner, Wirtschaftliche Fernbeziehungen des spätbronzezeitlichen Hallstatt. Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft Wien 133, 2003, 85–89.

Begemann 1977

H. F. Begemann, Was ist Holz. Eine Einführung in die Holzkunde (Gernsbach 1977).

Bosshard 1982

H. Bosshard, Holzkunde 1: Mikroskopie und Makroskopie des Holzes. Lehrbücher und Monographien aus dem Gebiete der exakten Wissenschaften. Reihe der experimentellen Biologie 18 (Basel 1982)

Fiebig et al. 2009

M. Fiebig/F. Preusser/D. Steffen/D. Thamó-Bozsó/M. Grabner/G. J. Lair/M. H. Gerzabek, Luminescence Dating of Holocene Fluvial Deposits from the Danube and Ebro. *Geoarchaeology* 24, 2009, 224–241.

Gayer 1876

K. Gayer, Die Forstbenutzung (Berlin 1876).

Grabner 2005

M. Grabner, Functional Tree-Ring Analysis: Wood as an information source to understand physiological, environmental and technological questions. Unpublizierte Dissertation an der Universität für Bodenkultur Wien (Wien 2005).

Grabner et al. 2006

M. Grabner/H. Reschreiter/F. E. Barth/A. Klein/D. Geihofer/R. Wimmer, Die Dendrochronologie in Hallstatt – Ein Statusbericht. *Archäologie Österreichs* 17/1, 2006a, 40–49.

Grabner et al. 2007

M. Grabner/A. Klein/D. Geihofer/H. Reschreiter/F. E. Barth/R. Wimmer, Bronze Age dating of timber from the salt-mine at Hallstatt, Austria. *Dendrochronologia* 24, 2007, 61–68.

Grabner/Reschreiter/Klein 2009

M. Grabner/H. Reschreiter/A. Klein, Das Grubenholz der bronzezeitlichen Fundstelle Christian-von-Tusch-Werk – Alter Grubenoffen. *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien* 139, 2009, 101–104.

Grabner et al. 2010

M. Grabner/A. Klein/H. Reschreiter/F. E. Barth, Wood supply of the Bronze Age Salt Mining Site at Hallstatt, Austria. In: P. Anreiter et al. (eds.), *Mining in European History and its impact on environment and human societies* (Innsbruck 2010) 171–176.

Grabner/Nicolussi 2011

M. Grabner/K. Nicolussi, Dendrochronologie – spezielle Anforderungen der Archäologie. Vortrag am Dritten Archäometrie Kongress in Salzburg 2011 (Salzburg 2011).

Grosser 1977

D. Grosser, *Die Hölzer Mitteleuropas* (Berlin, 1977).

Heiss/Thanheiser 2008

A. G. Heiss/U. Thanheiser, Bau und Brand – Aspekte der Holznutzung im römischen Aelium Cetium (St. Pölten). *Römisches Österreich* 31, 2008, 11–31.

Horsky et al. 2013

M. Horsky/J. Tintner/M. Grabner/K. Kowarik/H. Reschreiter/T. Prohaska, Sr isotope signatures of Austrian trees as a tool for the determination of origin of prehistoric wood. Poster at the European Geosciences Union General Assembly 2013, Vienna (Wien 2013). <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2013/EGU2013-7319.pdf> [Zugriff: 15.12.2016]

Kern et al. 2008

A. Kern/K. Kowarik/A. Rausch/H. Reschreiter, *Salzreich. 7000 Jahre Hallstatt* (Wien 2008).

Klein 2006

A. Klein, *Bronzezeitliche Holznutzung in Hallstatt*. Unpublizierte Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien (Wien 2006).

Kowarik/Reschreiter 2010

K. Kowarik/H. Reschreiter, Provisioning a mine. The infrastructure of the Bronze Age saltmines in Hallstatt. In: F. Mandl/H. Stadler (Hrsg.), *Archäologie in den Alpen. Alltag und Kult. Forschungsberichte der ANI-SA 3/Nearchos* 19, 2010, 105–116.

Kowarik/Reschreiter 2011

K. Kowarik/H. Reschreiter, Hall-Impact – Disentangling climate and culture impact on the prehistoric salt mines of Hallstatt/A. In: C. Gutjahr/Tiefengraber G. (Hrsg.), *Beiträge zur Mittel- und Spätbronzezeit sowie zur Urnenfelderzeit am Rande der Südostalpen, Akten des 1. Wildoner Fachgesprächs 2009 in Wildon, Steiermark (Österreich)*. (Wildon, 2011) 241–256.

Kral 1994

F. Kral, Der Wald im Spiegel der Waldgeschichte. In: Österreichischer Forstverein (Hrsg.), Österreichs Wald. Vom Urwald zur Waldwirtschaft (Wien 1994) 11–48.

Ludemann/Michiels/Nölken 2004

T. Ludemann/H. G. Michiels/W. Nölken, Spatial patterns of past wood exploitation, natural wood supply and growth conditions: indications of natural tree species distribution by Anthracological studies of charcoal-burning remains. *European Journal of Forest Research* 123, 2004, 283–292.

Ludemann 2007

T. Ludemann, Das Abbild der natürlichen Vegetation in der historischen Holznutzung. Synthese anthrakologischer Studien im Mittelgebirgsraum Zentraleuropas. *Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft* 19, 2007, 7–22.

Manegold/Ludemann 2007

M. Manegold/T. Ludemann, Spuren der historischen Landnutzung in der aktuellen Vegetation der Wälder Hinterzartens im Südschwarzwald. *Freiburger Universitätsblätter* 175, 2007, 25–38.

Radkau 2007

J. Radkau, Holz – wie ein Naturstoff Geschichte schreibt (München, 2007).

Reschreiter/Barth 2005

H. Reschreiter/F. E. Barth, Neufund einer bronzezeitlichen Holzstiege im Salzbergwerk Hallstatt, *Archäologie Österreichs* 16/1, 2005, 27–32.

Reschreiter 2008

H. Reschreiter, Schöpfer, Schale, Multer, Holzgefäße der älteren Eisenzeit aus dem Kilbwerk des Salzbergwerkes Hallstatt/Oberösterreich. Unpublizierte Diplomarbeit Universität Wien (Wien 2008).

Reschreiter 2009

H. Reschreiter, Fein verziert im Untergrund: Spannschachteln der älteren Eisenzeit. *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien*, 139, 2009, 115–122.

Reschreiter/Totschnigg/Grabner 2010

H. Reschreiter/R. Totschnigg/M. Grabner, Timber! Überlegungen zum Fällen von Bäumen in der Bronzezeit. *Archäologie Österreichs* 21/1, 2010, 32–34.

Reschreiter et al. 2013

H. Reschreiter/G. Winner/M. Grabner, Esche einmal anders. In: N. Bleicher/P. Schichterle/P. Gassmann/N. Martinelli (Eds.): *Dendrochronologie, Typologie, Ökologie*. Janus Verlag, Freiburg im Breisgau (Freiburg 2013) 139–144.

Sachsse 1984

H. Sachsse, Einheimische Nutzhölzer und ihre Bestimmung nach makroskopischen Merkmalen (Hamburg 1984).

Schweingruber 1990

F. H. Schweingruber, Mikroskopische Holz-anatomie. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf, Switzerland (Birmensdorf 1990).

Schoch 1990

W. Schoch, Möglichkeiten der Holzanalyse. In: Die ersten Bauern. Pfahlbau-funde Europas. Forschungsberichte zur Ausstellung im Schweizerischen Landesmuseum und zum Erlebnis-park/Ausstellung Pfahlbau-land in Zürich 1990, 1 (Zürich 1990) 43–52.

Wagenführ 1999

R. Wagenführ, Anatomie des Holzes (Leipzig 1999).

Wimmer/Grabner/Liebert 1997

R. Wimmer/M. Grabner/St. Liebert, Dendrochronologische Altersbestimmung von Holzfunden aus der Grabung Kleinmariazell. *Fundberichte aus Österreich* 36, 1997, 55–57.

Ziethen 2000

G. Ziethen, „Und ewig rauschen die Wälder“ (?) – Von den Holzvorkommen der Antike zum Raubbau an der Natur. In: Xylem und Phloem. Natur und Kulturgeschichte des Holzes. Palmengarten der Stadt Frankfurt am Main. Sonderheft 33 (Frankfurt am Main 2000) 65–78.

*Michael Grabner*

*Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Holz-technologie und Nachwachsende Rohstoffe, UFT Tulln  
Konrad Lorenz Str. 24  
A-3430 Tulln  
Österreich  
michael.grabner@boku.ac.at*

*Sebastian Nemestothy*

*Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Holz-technologie und Nachwachsende Rohstoffe, UFT Tulln  
Konrad Lorenz Str. 24  
A-3430 Tulln  
Österreich  
sebastian.nemestothy@boku.ac.at*

*Hans Reschreiter*

*Naturhistorisches Museum Wien,  
Prähistorische Abteilung  
Burgring 7  
A-1010 Wien  
Österreich  
hans.reschreiter@nhm-wien.ac.at*