

Prähistorische Gras- und Baumbastschnüre aus dem Salzbergwerk Hallstatt, Naturhistorisches Museum Wien

Untersuchung - Konservierung - Lagerung
Diplomarbeit

an der Universität für angewandte Kunst Wien

bei o. Univ.-Prof. Mag. Dr. Gabriela Krist

Fach: Konservierung-Restaurierung

vorgelegt von: Cordula Redl

Wien, 18.6.2020

Prähistorische Gras- und Baumbastschnüre aus dem Salzbergwerk Hallstatt, Naturhistorisches Museum Wien

Untersuchung - Konservierung - Lagerung

Die vorliegende Diplomarbeit thematisiert die Konservierung von Gras- und Baumbastschnurfragmenten aus dem prähistorischen Salzbergwerk Hallstatt. Hierbei lag der Fokus auf der Findung der schonendsten Methode zur Entsalzung und Trocknung der Schnurfragmente. Die Arbeit geht zunächst auf die Umstände ein, wie die Funde ins Bergwerk gelangt sind und weshalb sie dort über 3000 Jahren erhalten blieben. Dem folgt eine Bestands- und Zustandserfassung von vergleichbaren Objekten aus der Sammlung der prähistorischen Abteilung des NHM, die im Depot gelagert werden. Anschließend werden Testreihen zur konservatorischen Konzeptfindung durchgeführt und ausgewertet. Darauf aufbauend wird die ausgewählte Methode exemplarisch an fünf Schnüren getestet und evaluiert.

Schlagwörter: prähistorisches Salzbergwerk Hallstatt, Gras, Baumbast, Schnüre, Entsalzung.

Prehistoric grass- and bast strings from the Hallstatt salt mine, Naturhistorisches Museum Wien

Investigation – Conservation - Storage

This diploma thesis addresses the conservation of grass and bast cord fragments from the prehistoric Hallstatt salt mine. The focus of investigation is on finding the gentlest method for desalting and drying the plant fragments. The work first deals with the circumstances of how the finds got into the mine and why they were able to survive there for over 3000 years. This is followed by an inventory and condition report of the collection of comparable objects stored in the NHM depot. Test series for a conservation concept are then carried out and evaluated. Building on this, the method found is exemplarily tested and evaluated on five cords.

Keywords: prehistoric Hallstatt salt mine, grass, bast, cords, desalination.

Danksagung

Betreuung

o. Univ.-Prof. Mag. Dr. Gabriela Krist

Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien

Restauratorische Mitbetreuung

Univ.-Ass. Mag.art. Carine Gengler, MAS, BA

Univ.-Ass. Dipl.-Rest (FH) Tanja Kimmel

Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien

Naturwissenschaftliche Mitbetreuung

Univ.-Ass. Dr. Marta Anghelone

Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien

Mag. DR. Andreas G. Heiss

DI Thorsten Jakobitsch (BSc)

Österreichisches Archäologisches Institut der Österreichischen Akademie der Wissenschaften

Archäologische Mitbetreuung und Hilfestellung

Mag. Hans Reschreiter

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Prähistorischen Abteilung

Naturhistorisches Museum Wien

Auftraggeber

Naturhistorisches Museum Wien

Prähistorische Abteilung

Weiterer Dank

Univ.-Ass. Christoph Schießmann (BA)

Marion Haupt

Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien

Persönliche Danksagung

Meinen Studienkollegen, besonders den Kolleginnen aus der Textilkasse.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1. Die prähistorischen Gras- und Bastschnüre aus Hallstatt.....	2
1.1 Das Salzvorkommen im Salzkammergut	2
1.2 Die Geschichte des Salzabbaus in Hallstatt	4
1.3 Archäologische Grabungen im prähistorischen Salzbergwerk in Hallstatt.....	7
2 Exkurs - Prähistorische Gras- und Baumbastfunde	11
3 Bestandsaufnahme - Material und Herstellungstechnik	15
3.1 Material	16
3.1.1 Grasblätter	19
3.1.2 Stroh	22
3.1.3 Baumbast.....	23
3.2 Herstellungstechniken	25
3.2.1 Stränge	25
3.2.2 Drehung	26
3.2.3 Schnuranfänge.....	27
3.2.4 Knoten und andere besondere Merkmale.....	29
3.3 Fünf Gras- und Baumbastfunde aus der Grabungskampagne 2019.....	31
4 Erhaltungszustand und Schäden.....	34
4.1 Zustandserfassung und Zustandskategorisierung der Gras- und Baumbastfunde im Depot des NHM.....	36
4.2 Morphologie der Pflanzenzellen	40
4.3 Schäden und Schadensursachen an den fünf Gras und Baumbastschnüren aus Hallstatt	43
4.3.1 Schäden durch Gebrauch.....	43
4.3.2 Schäden durch die Lagerungen im Salzbergwerk	44
4.3.3 Schäden durch Bergung und Transport aus dem Bergwerk	45
4.3.4 Schäden durch Konservierungsmaßnahmen.....	46

4.3.5	Schäden durch Lagerung	50
5	Ziel der Konservierung und Restaurierung	51
6	Maßnahmenkonzept und Diskurs für die Behandlung der Funde	52
6.1	Bergung und Transport der Feuchtfunde	52
6.2	Freilegung	55
6.3	Entsalzung	55
6.3.1	Wasserbäder	56
6.3.2	Testreihe zur Hypothese I: Osmotischer Druck	60
6.3.3	Versuchsaufbau zur Ermittlung der Zeitspanne für die Entsalzungs-bäder	63
6.3.4	Entsalzung mit Kompressen	65
6.3.5	Testreihe zur Hypothese II: physikalische Schädigung aufgrund des Wassereintrags	66
6.4	Trocknung	71
6.4.1	Lufttrocknung	71
6.4.2	kontrollierte Lufttrocknung	72
6.4.3	Lösemitteltrocknung	73
6.4.4	Gefriertrocknung	73
6.4.5	Testreihe zur Hypothese III: Schädigung des pflanzlichen Materials durch Zugkräfte des Wassers beim Trocknen	78
6.5	Lagerung	81
7	Durchgeführte Maßnahmen	90
	Resümee	100
	Literaturverzeichnis	102
	Abbildungsverzeichnis	113
	Tabellenverzeichnis	114
	Diagrammverzeichnis	114
	Bezugsquellenverzeichnis	115

Anhang I: Mikroskopische Untersuchung von archäologischen Gras-Baumbastobjekten	I
Anhang II: Testreihen zur Entscheidungsfindung für die Entsalzungsmethode	VI
Anhang III: Testreihe zur Methodenfindung für die Trocknung	XVIII
Anhang VI: Versuch zur Ermittlung der Zeitspanne für die Entsalzungsbäder	XXIII
Anhang V: Evaluierung des Konzeptes an fünf Gras-Baumbastobjekten	XXIV
Anhang VI: Auszug aus der Inventar-Liste der Gras- und Baumbastschnüre aus dem prähistorischen Salzbergwerk	XLVIII

Einleitung

An der Ausgrabungskampagne im prähistorischen Salzbergwerk in Hallstatt konnte ich im August 2019 für zwei Wochen teilnehmen und einen Einblick in die Abläufe der Bergung von Funden bis hin zu ihrer Entsalzung sowie ihrer Vorbereitung für den Transport nach Wien in das Depot des NHM gewinnen.

In der Fachliteratur wird diskutiert, dass Baumbast und Gräser wichtige Materialien für Gegenstände des menschlichen Alltagslebens in der Urgeschichte darstellten. Baumbast- und insbesondere Grasobjekte sind seltene archäologische Funde. Nur unter besonderen Umgebungsbedingungen erhalten sie sich über Jahrtausende. Dies ist im prähistorischen Salzbergwerk in Hallstatt gegeben, wo sich im Heidengebirge der Abfall der Bronzezeit und Eisenzeit erhalten hat, unter anderem auch Baumbast- und Grasschnüre. Um Informationen zur Herstellung bzw. Gebrauch zu erhalten und diese der Wissenschaft zugänglich zu machen, sollen die Objekte untersucht und konservatorisch bearbeitet werden.

Einerseits ist das Salz dafür verantwortlich, dass die organischen Funde so gut erhalten sind. Andererseits sollten die Funde aus bestandserhaltenden Gründen nach der Bergung sofort entsalzt werden, um ein Auskristallisieren der Salze bei geringer relativer Luftfeuchtigkeit außerhalb des Bergwerks zu vermeiden. Laut Gengler und von Miller sollten alle organischen Objekte aus dem Salzbergwerk im Wasserbad entsalzt werden. Während sich bei Textilien, Leder und Holz keine augenscheinlichen Veränderungen bei dieser Behandlung ergeben, ist bei Schnüren, sowohl aus Gras, als auch Baumbast, ein Aufdrehen während des anschließenden Trocknungsvorgangs erkennbar. Dies führt zu einer Bestandsveränderung des Materials, welche mit Informationsverlust sowohl hinsichtlich der Herstellungstechnik als auch des optischen Bergezustands einher geht.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Ursache für das Aufdrehen der Schnüre zu eruieren und gegebenenfalls eine adäquate Maßnahme für eine entsprechende Entsalzung der Gras- und Baumbastobjekte zu identifizieren, damit eben kein Informationsverlust durch die Behandlung erfolgt. Dafür werden drei Hypothesen überprüft, die eine Erklärung für die Formveränderung der Gräser während der Trocknung liefern können.

Um die Schadensursache zu ermitteln, werden Testreihen zu den drei Hypothesen durchgeführt. Aus den daraus gewonnen Erkenntnissen soll ein konservatorisches Konzept für die Entsalzung von Gras- und Baumbastschnüre entwickelt werden.

1. Die prähistorischen Gras- und Bastschnüre aus Hallstatt

Die Naturmaterialien Gras und Baumbast wurden schon in frühester Geschichte der Menschheit verwendet. So wurden sie unter anderem für Bekleidung als auch zur Werkzeugherstellung eingesetzt.

Die für diese Arbeit herangezogenen Gras- und Baumbastschnüre stammen aus dem prähistorischen Salzbergwerk Hallstatt und lassen sich auf die Bronze- bzw. Eisenzeit datieren.¹

Das schmale Hochtal ist ein an prähistorischen Funden reicher Ort², welcher 300 m über der Stadt Hallstatt im oberösterreichischen Salzkammergut liegt, geologisch betrachtet befindet es sich in den nördlichen Kalkalpen. Dieser Reichtum an Funden ist dem Salzvorkommen geschuldet. Es wird vermutet, dass vor allem salzhaltige Quellen schon früh Menschen zum Siedeln anzogen. Die ersten Spuren des Bergbaus lassen sich bis zu über 7000 Jahre zurückverfolgen.³ Im Bergwerk blieben aufgrund der konservierenden Eigenschaften des Salzes die Gras- und Baumbastfunde bis heute erhalten. Im Anschluss erfolgt ein kurzer Überblick über die Entstehung und Geschichte des Salzbergwerks sowie über die ersten Schritte der Archäologie in Hallstatt bis zu den aktuellen Grabungskampagnen.

1.1 Das Salzvorkommen im Salzkammergut

Alles Salz der Erde stammt ursprünglich aus einem Meer. Im Durchschnitt weist der Salzgehalt eines Meeres 3,5% auf. Der Ursprung des Salzvorkommens im Salzkammergut liegt im Urmeer der Tethys. Durch Eindampfen des Wassers werden die Salze chemisch ausgefällt. Damit dieser Vorgang in der Natur auftritt, sind bestimmte Bedingungen erforderlich. So muss das Klima entsprechend trocken und heiß sein, das Gebiet sollte flach und vom Meer weitgehend abgeschnitten sein. Dafür bieten sich besonders flache Lagunen an, die nur zeitweise mit dem Meer verbunden sind.⁴

Die Barrentheorie von Carl Ochsenius aus dem Jahre 1877 ist die plausibelste Erklärung, wie die Salzlagerstätten auf der Erde entstanden sind.⁵ Dafür muss sich zunächst durch Hebungen oder Senkungen von Sandbänken bzw. durch das Wachsen eines Riffes eine Barre⁶ bilden. Dadurch entsteht eine Lagune, welche mit dem Meer noch verbunden ist.

¹ Die Datierung erfolgt anhand der Fundstelle.

² Koch-Waldner, T., Bronzezeitliche Funde aus dem Hallstätter Salzbergwerk – Christian von Tusch-Werk, Alter Grubenoffen, Westvortrieb, Grabungsjahre 1996-1999. Unter besonderer Berücksichtigung der Holzfunde, Dipl. Arb., Universität Wien, Wien 2010, S. 6f.

³ Kowarik K. / Reschreiter H., Der Salzbergbau beginnt, in: Kern, A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 50-65, S 50-57.

⁴ Rothe, P., Die Erde. Alles über Erdgeschichte, Plattentektonik, Vulkane, Erdbeben, Gesteine und Fossilien, Darmstadt 2008, S. 123f.

⁵ Lobitzer, H. / Mayr, M., Wie kommt das Salz in den Berg? In: Kern, A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 20-23, S 23.

⁶ Eine Barre ist eine dem Meer vorgelagerte tektonische Hebung. Siehe: Wagenbreth, O., Geschichte der Geologie in Deutschland, Berlin/Heidelberg 2015, S. 142.

Entscheidend ist dabei, dass sie aus dem Meer mit weniger Wasser versorgt wird, als aufgrund von entsprechenden klimatischen Bedingungen verdampft wird.⁷ Durch die daraus resultierende Übersättigung des Wassers in der Lagune fallen Stoffe aus. Zunächst setzen sich die Karbonate wie Kalk und Dolomit am Boden ab, gefolgt von einer Gips- oder Anhydritschicht. Anschließend fällt Steinsalz aus und zum Schluss setzen sich Kalium- und Magnesiumsalze am Boden ab.⁸

Diese notwendigen Bedingungen herrschten in der Oberperm (vor 260-251 Millionen Jahren) im heutigen Salzkammergut vor. Das damalige Salzkammergut war Teil des Superkontinents Pangäa und lag an der Küste zur Tethys.

Die Tethys breitete sich in der Perm aus und überflutete weite Teile des variszischen metamorphen Grundgebirges, dessen Reste unter anderem in den Alpen anzutreffen sind. Am nördlichen Festland entstanden kontinentale Ablagerungen. Aufgrund der Äquatornähe herrschte ein arides Klima vor und ermöglichte das Verdampfen des Meerwassers, wodurch sich lokale Salzvorkommen bildeten.⁹ Als diese Lagunen dann vollständig vom Meer durch Hebung oder Senkung des Meeresspiegels abgetrennt wurden, trockneten sie vollständig aus. Durch Verwehungen wurden dann die ausgefällten Salzsichten von Sandstein und Tonschichten überlagert und bildeten eine wasserundurchlässige Schicht.¹⁰

In der anschließenden Trias (vor 251-244 Millionen Jahren) dehnte sich die Tethys weiter gegen Westen aus. Im Zuge dessen wurde das heutige Salzkammergut endgültig von dem Schelfmeer überflutet. Dabei lagerten sich Kalk- und Dolomitschichten ab.

Im anschließenden Jura (vor 201,3-145 Millionen Jahren) zerfällt der Superkontinent Pangäa endgültig in Laurasia und Gondwana.

In der darauffolgenden Periode, der Kreide (vor 145-66 Millionen Jahren) beginnt die Adriatische Platte sich einige Millimeter pro Jahr Richtung Norden zu bewegen, wobei sie eine leichte Rotation gegen den Uhrzeigersinn vollführt und somit die Alpidische Orogenese¹¹ initiierte. Die anschließende Ostwärts-Bewegung Afrikas führte zur Anhebung der heutigen Ostalpen.¹² Durch die alpine Gebirgsbildung wurden die Ablagerungen von der Tethys, welche sehr weich und plastisch waren, vom Süden aus verfaltet, gebrochen und überschoben. Durch diesen Prozess wurde das Salz stark mit den anderen Schichten aus Ton, Anhydrit und Dolomit gemischt, woraus sich die Salzgesteinsbrekzie gebildet hat, das sogenannte Haselgebirge.¹³ Aufgrund seiner Plastizität und dem Bergdruck verformt sich das

⁷ LOBITZER / MAYR, Salz (2008), S. 23.

⁸ Thenius, E., Meere und Länder im Wechsel der Zeiten. Die Paläographie als Grundlage für die Biogeographie. Berlin-Heidelberg-New York 1977, S. 66.

⁹ Schönlaub, H.P., Die Entstehung der Alpen. Werden und Vergehen eines Gebirges, Innsbruck 2019, S. 49.

¹⁰ LOBITZER / MAYR, Salz (2008), S. 23.

¹¹ Die Alpidische Orogenese bezeichnet die Gebirgsbildung der Alpen. Siehe: Dilger, G., Orogenese. In: Bundesverband Geothermie. <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/o/orogenese.html>. Zugriff: 21.4.2020.

¹² SCHÖNLAUB, Alpen (2019), S. 51-55.

¹³ LOBITZER / MAYR, Salz (2008), S. 23.

Haselgebirge bis heute. So schlossen sich in diesem Steingemisch die durch Bergbau entstandenen Hohlräume innerhalb weniger Jahre wieder vollständig.¹⁴

1.2 Die Geschichte des Salzabbaus in Hallstatt

Salz ist seit jeher ein begehrter Bestandteil des Speiseplans der Menschen, da es essenziell für eine gesunde Ernährung ist.¹⁵ Daneben war es vor allem auch notwendig für die Haltbarmachung von Fleisch. Somit stellte es schon in der Bronzezeit ein begehrtes Handelsgut dar.¹⁶ Seit dem Neolithikum bis heute wird in Hallstatt Salz gewonnen, wobei sich die Salzgewinnung im Laufe der Zeit stark gewandelt hat.

Einer der ältesten Funde ist ein Pickel aus Hirschgeweih aus der Jungsteinzeit, Dieser lässt darauf schließen, dass schon damals erste Versuche zum Abbau von Steinsalz unternommen wurden.¹⁷

Mit Sicherheit lässt sich der systematische Salzbergbau aber erst ab dem 15. Jahrhundert vor Chr., in der mittleren Bronzezeit, eindeutig nachweisen. Dieser erfolgte bereits in einem größeren Umfang (Abb. 1). So sind drei Schachtanlagen aus dieser Zeit bekannt. Sie befinden sich im Bereich der neuzeitlichen Werke, dem Appoldwerk, dem Grünerwerk und dem Christian von Tuschwerk. Es handelt sich um prähistorische Schachtbauten, die vertikal von der Oberfläche aus in die Tiefe getrieben wurden, um den Kernsalzzügen zu folgen. Der Salzabbau erfolgte mittels Bronzepickel. Mit diesem wurden zuerst parallele Rillen in den Stein geschlagen, um anschließend das Material dazwischen herauszubrechen. Dadurch wurde kleinstückiges Salz, sogenanntes Hauklein, gewonnen (Abb. 2), welches dann mit Tragsäcken gefördert wurde. Die Funde und die Größe des Bergwerks lassen auf eine straff organisierte Arbeitsteilung schließen.¹⁸

¹⁴ Kowarik K. / Reschreiter H., Das „Heidengebirge“, in: Kern A., u.a. (Hg.) Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 36-39, S. 38.

¹⁵ Kowarik K. / Reschreiter H., Wertvoller als Gold, in: Kern, A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 18-19, S. 18.

¹⁶ KOWARIK / RESCHREITER, Salzbergbau (2008), S 50-57.

¹⁷ KOWARIK / RESCHREITER, Salzbergbau (2008), S 50-57.

¹⁸ KOWARIK / RESCHREITER, Salzbergbau (2008), S 50-57.

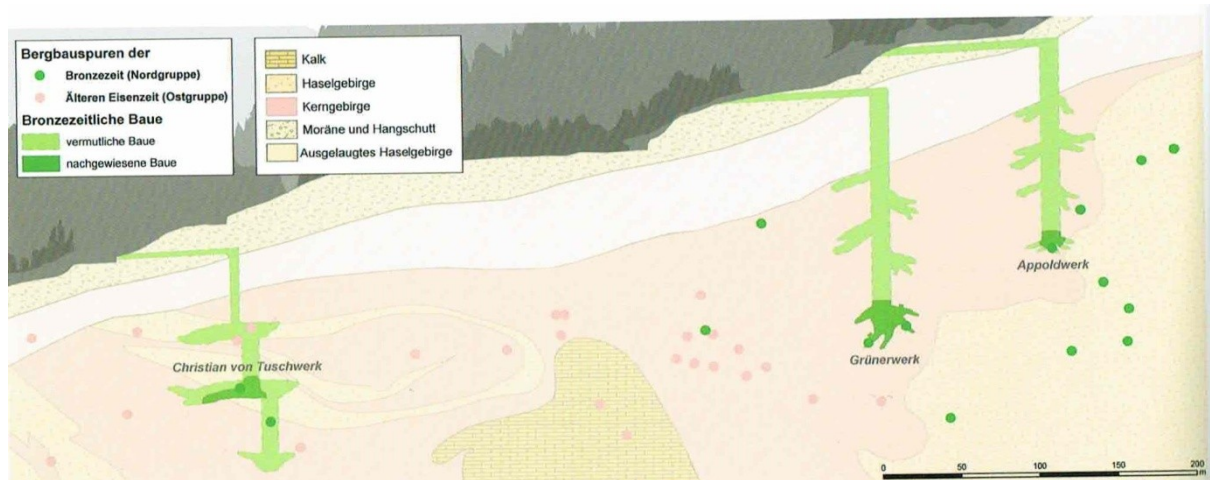


Abb. 1 Bergbau aus der Bronzezeit



Abb. 2 Gewinnung von kleinstückigem Salz in der Bronzezeit

Im 13. Jahrhundert v.Chr. wurden die Zugänge zu den bronzezeitlichen Abbaustätten durch einen Hangrutsch verschüttet. Die nächsten Bergbautätigkeiten lassen sich erst 300 Jahre später in der Eisenzeit nachweisen. In dieser Zeit wurde erneut Salzabbau unter Tage im großen Stil betrieben, jedoch an anderen Stellen (Abb. 3). So lassen sich Fundstellen im Kilbwerk, Kernverwässerungswerk und Stügerwerk (letzteres weist den einzigen erhaltenen Hohlraum aus dem prähistorischen Bergbau auf) dieser Epoche zuordnen.¹⁹ Der Salzbergbau aus der Eisenzeit unterscheidet sich von der bronzezeitlichen Abbaumethode. Hier wurden die Abbauhallen horizontal angelegt.²⁰ Auch die Salzgewinnung wurde geändert. Es wurden nun Salzplatten in Form von halben Herzen als Stück herausgelöst (Abb. 4). Hierfür wurden tiefe Rillen herzförmig ins Kernsalz geschlagen, um sie

¹⁹ Barth, F.E. / Lobisser, W., Das EU-Projekt Archaeolive und das archäologische Erbe von Hallstatt, Wien 2002, S. 25.

²⁰ Kowarik K. / Reschreiter H., Der Bergbau, in: Kern, A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 84-87, 84f.

anschließend als Herzhälften von der Wand zu lösen.²¹ Dafür wurden weiterhin Bronzepickel verwendet.²²

Für diese Zeit lässt sich aufgrund des zeitlich dazugehörigen Friedhofs in der Talsohle des Hochtals eine geschlechterspezifische Arbeitsteilung nachweisen. Die einseitige Abnutzung der weiblichen Skelette lässt darauf schließen, dass Frauen für den Transport der Lasten im Bergwerk zuständig waren. An männlichen Skeletten ist ersichtlich, dass sie vor allem Schlag- und Stoßbewegungen ausführten, was für die Ausübung von Abbautätigkeiten spricht. Auch Kinder waren schon in den Arbeitsprozess integriert.²³ Durch Grabbeigaben, die aus ganz Europa stammen, kann auf einen gewissen Wohlstand der Bergleute geschlossen werden. Aufgrund dieser zahlreichen und einzigartigen Funde aus dem Gräberfeld der älteren Eisenzeit, wird diese Periode (etwa 800 v. Chr. – 450 v.Chr.) als Hallstattzeit bezeichnet.²⁴

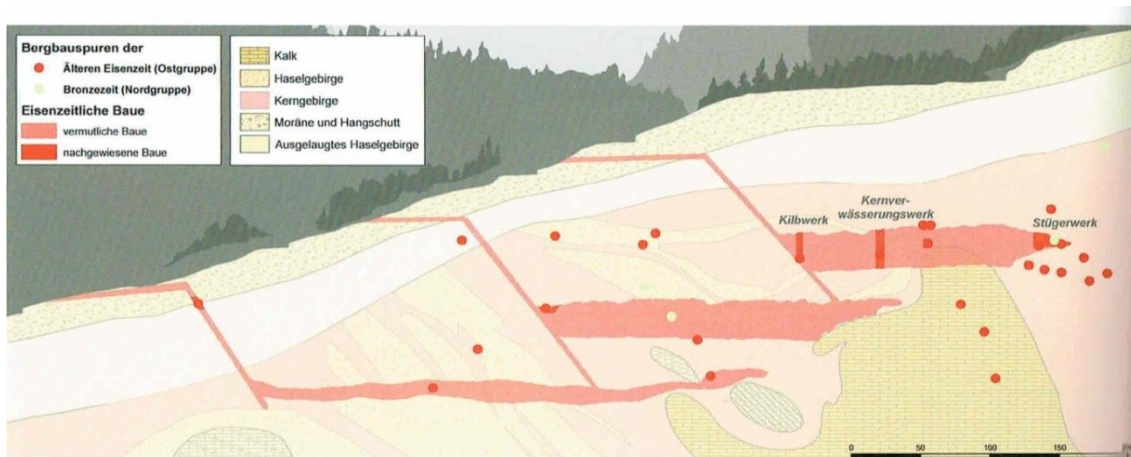


Abb. 3 Bergbau aus der Älteren Eisenzeit



Abb. 4 Salzabbau in Plattenform aus der Älteren Eisenzeit

²¹ Kowarik K. / Reschreiter H. / Pany, D., Die Herzen, in: Kern, A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 88-91, 88f.

²² KOWARIK / RESCHREITER, Bergbau (2008), S. 87.

²³ Pany, D., Die Bevölkerung des Hallstätter Hochtals in der Älteren Eisenzeit, in: Kern, A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 136-141, 140f.

²⁴ Sandgruber, R., Die Hallstattzeit in Oberösterreich (2008). <https://www.ooegeschichte.at/themen/wir-oberoesterreicher/wir-oberoesterreicher/hallstattzeit-in-oberoesterreich/>. Zugriff: 4.1.2020.

350 v.Chr. wurden vermutlich die Abbaustätten erneut verschüttet. Neuerliche Bergbauspuren lassen sich etwas höher im Bereich der sogenannten Dammwiese finden.²⁵ Jedoch sind keine der Abbaubereiche aus der Jüngeren Eisenzeit aufgrund des Bergdruckes heute noch zugänglich. Durch Zufall dürften neuzeitliche Bergmänner im 16. und 17. Jahrhundert dort prähistorische Stollen angefahren haben, in denen sie auch Funde bargen. Diese sind nur durch Aufzeichnungen aus dieser Zeit überliefert.²⁶ Es wird vermutet, dass dieses Bergwerk möglicherweise auch noch bis in die Römerzeit in Betrieb gewesen sei.²⁷

Archäologische Quellen zu Abbautätigkeiten im Zeitraum vom 5. bis zum 13. Jahrhundert fehlen. Es ist anzunehmen, dass der Salzabbau in dieser Zeitspanne nur in einem wesentlich kleineren Umfang weiterbetrieben wurde. Ab Anfang des 14. Jahrhunderts kann der Salzabbau wieder eindeutig nachgewiesen werden. Dieser wird kontinuierlich bis heute betrieben, wo nun das Salz durch Bohrlochsolegewinnung gewonnen wird.²⁸

Abschließend lässt sich sagen, dass ab der Bronzezeit der Salzbergbau in Hallstatt nachweisbar ist. Insgesamt sind drei prähistorische Phasen des Salzabbaues durch die archäologische Arbeit bekannt, diese sind aus der Bronzezeit, aus der älteren Eisenzeit sowie aus der jüngeren Eisenzeit. Des Weiteren wurde ein großes Gräberfeld entdeckt, das in die Eisenzeit fällt und namensgebend für die Hallstattzeit²⁹ ist, die von 800 v. Chr. bis 450 v.Chr. angesetzt wird. Des Weiteren wurden Spuren einer Bergbausiedlung aus der jüngeren Eisenzeit auf der Dammwiese archäologisch erfasst. Aus der römischen Besiedlungsphase haben sich Überreste von römischen Villen am Fuße des Salzbergs erhalten. Durch die Funddichte ist dieses Hochtal von großer archäologischer Bedeutsamkeit. 1997 wurde die Region Hallstatt-Dachstein/Salzkammergut in die Liste des Weltkulturerbes der UNESCO aufgenommen.³⁰

1.3 Archäologische Grabungen im prähistorischen Salzbergwerk in Hallstatt

Mitverantwortlich für den Erhalt des Titels Weltkulturerbe der UNESCO waren sicherlich die Interessen von Archäologen, die schon früh den prähistorischen Spuren folgten und ihnen hohe Bedeutung zukommen ließen.

Im Weiteren wird nur auf die archäologischen Ausgrabungen im Bergwerk eingegangen. Seit jeher ist die Bergung von archäologischen Funden aus dem Salzbergwerk eng mit den Bergleuten verbunden. Auch die aktuellen Grabungen in Hallstatt erfolgen mit der

²⁵ Reschreiter, H., Das Salzbergwerk Hallstatt, in: Grömer, K. (Hg.), Hallstatt Textiles: Technical analysis, scientific investigation and experiment on iron age textiles, Budapest 2013, S. 13-32, S. 28.

²⁶ Kowarik K. / Reschreiter H., Die Dammwiese, in: Kern, A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 162-165, S. 162.

²⁷ RESCHREITER, Hallstatt (2013), S. 28.

²⁸ Urstöger, H.J., Von 1311 bis heute, in: Kern A., u.a. (Hg.) Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 190-196, S. 190/194.

²⁹ Der schwedische Archäologe Hans Hildebrand führte diesen Begriff ein. Siehe: Kern, A., Das Hallstätter Gräberfeld. In: Kern, A. / Lammerhuber L. (Hg.), Hallstatt 7000, Baden 2010, S. 22-41, S. 25.

³⁰ Barth, F. E., Die Einmaligkeit Hallstatts, in: Kern A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, 2008 Wien, S. 14-15.

Unterstützung der Österreichischen Salinen AG, die auch noch heute Salz aus dem Haselgebirge fördert.³¹

Es kam in der Vergangenheit immer wieder vor, dass prähistorische Stollen zufällig angefahren wurden und somit vereinzelt Funde geborgen wurden. Den Bergleuten aus dem Mittelalter war schon bewusst, dass sie auf prähistorische Spuren stießen. Bereits 1607 gelangten die ersten archäologischen Funde in die Kunstkammer von Rudolph II.³²

Im 18. Jahrhundert tauchte dann auch erstmals die Bezeichnung „Heidengebirge“ auf. Diese Bezeichnung beinhaltet alles, was die prähistorischen Bergleute im Berg liegen ließen, wie etwa abgebrochene Pickelstiele, abgebrannte Leuchtspäne, Reste von Textilien, Schnüre usw. (Abb. 5). Der Begriff bezeichnet also den „Betriebsabfall des prähistorischen Bergbaus“³³. Durch den hohen Bergdruck wurden die durch den prähistorischen Bergbau entstandenen Hohlräume wieder geschlossen und diese Hinterlassenschaften zu festen Schichten verpresst. Den Bergleuten aus dem 18. Jahrhundert war bewusst, dass diese Funde auf vorchristliche Aktivitäten zurückzuführen sind und somit nur von Heiden stammen konnten. So entstand die Bezeichnung „Heidengebirge“.³⁴



Abb. 5 Grasschnur im Heidengebirge

Das Heidengebirge befindet sich im Haselgebirge und wird von diesem stark in seiner Zusammensetzung und seinem Charakter beeinflusst. Des Weiteren bedingt die jeweilige Salzabbaumethode der entsprechenden Epoche die unterschiedliche Zusammensetzung des Heidengebirges. Die bronzezeitlichen Hinterlassenschaften weisen einen geringeren Salzanteil auf, da hier kleinbrüchiges Salz abgebaut wurde und alles gefördert wurde. In der Eisenzeit hingegen wurden Platten herausgeschlagen, das dabei entstandene kleinbrüchige Salz wurde als Abfallprodukt am Boden der Abbauhallen liegen gelassen. Somit weist dieses Heidengebirge einen höheren Salzanteil auf. Stellen, die vom Laugewerk angefahren wurden, weisen kaum Salzurückstände auf, denn hier wurde fast alles ausgewaschen. Gengler untersuchte im Zuge ihrer Diplomarbeit die Salzzusammensetzung der drei

³¹ Kowarik K. / Reschreiter H., „Der Tradition verpflichtet, dem Fortschritt zugetan“ in: Kern A., u.a. (Hg.) Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, 2008 Wien, S. 26-29, S. 28.

³² KOWARIK / RESCHREITER, Tradition (2008), S. 26.

³³ KOWARIK / RESCHREITER, Heidengebirge (2008), S. 36.

³⁴ KOWARIK / RESCHREITER, Heidengebirge (2008), S. 36f.

unterschiedlichen Heidengebirgsarten (Tabelle 1).³⁵ Es zeigte sich, dass der Anteil an Salz aus dem bronzezeitlichen kernigen Heidengebirge am höchsten ist, und das Heidengebirge, welches von einem Laugewerk angefahren wurde, den niedrigsten Salzanteil aufweist. Jedoch ist die Zusammensetzung des Salzes weitgehend identisch, einzig der Gipsanteil ist beim ausgelaugten Salz höher als bei den anderen Gewinnungsverfahren.³⁶

Tabelle 1: Mengenverhältnisse der löslichen Salze im Heidengebirge, nach Gengler (2005)

Probe	Gesamtmenge an löslichen Salzen (M.-%)	Relative Mengenverhältnisse der löslichen Salze (%)						
		NaCl	KCl	CaSO ₄	K ₂ SO ₄	MgCO ₃	KNO ₃	K ₂ CO ₃
Kienspannhaltiges Heidengebirge	46,60	90,06	0,21	5,43	1,00	2,50	0,01	0,79
Kerniges Heidengebirge	76,04	96,57	0,05	3,29	0,00	0,09	0,01	0,00
Ausgelaugtes Heidengebirge	11,46	79,04	0,00	17,03	0,00	3,01	0,10	0,82

Erst im 19. Jahrhundert erfolgten die ersten wissenschaftlichen Erforschungen, begründet im damaligen Aufklärungsdrang. Die erste Sammlung prähistorischer Funde entstand durch das private Engagement der Bergleute Franz Steinkogler und Karl Pollhammer.³⁷

Jedoch kann erst unter dem Bergmeister Johann Georg Ramsauer von systematischen Grabungen gesprochen werden. 1849 wurde unter seiner Leitung im Gräberfeld die erste wissenschaftliche Grabung durchgeführt und die Funde mit Aquarellen dokumentiert. Da bei der Salzförderung im Bergwerk auch immer Funde freigelegt wurden, stellte Ramsauer dann die ersten Bezüge vom Gräberfeld zum prähistorischen Bergbau her.³⁸

In den 1860er Jahren leiteten die Bergmeister Josef Stapf und Bartholomäus Hutter weitere Grabungen im Bergwerk im Auftrag des Linzer Museums.³⁹

Im Appoldwerk erfolgte von 1879 bis 1880 eine umfangreiche Untersuchung durch die Bergwerksverwaltung.⁴⁰ Zwei Jahre später, 1882, wurde das Josef Ritschnerwerk erforscht. Diese Funde wurden dem damaligen k. k. Naturhistorischen Hof-Museum, dem heutigen Naturhistorischen Museum Wien (NHM), überlassen.⁴¹

1927 interessierte sich der Prähistoriker Adolf Mahr für das prähistorische Salzbergwerk. Gemeinsam mit Friedrich Morton untersuchten sie Fundstellen im Grünerwerk. In den 1930er

³⁵ Gengler, C., Prähistorische Textilien aus Hallstatt im Naturhistorischen Museum Wien. Untersuchung – Konservierung – Lagerung, Dipl. Arb., Universität für angewandte Kunst Wien, Wien 2005, S. 45.

³⁶ GENGLER, Textilien (2005), S. 45.

³⁷ KOWARIK / RESCHREITER, Tradition (2008), S. 28.

³⁸ Barth, F.E. / Neubauer, W., Appoldwerkgrabung 1879/90, Hallstatt 1991, S. 21-23.

³⁹ KOWARIK / RESCHREITER, Tradition (2008), S. 27.

⁴⁰ BARTH / LOBISSER, Erbe (2002), S. 16.

⁴¹ GENGLER, Textilien (2005), S. 43.

⁴¹ BARTH / LOBISSER, Erbe (2002), S. 17f.

Jahren übernahm der Bergmann Gustav Langer die Untersuchungen, dieser wurde dann von Othmar Schaubberger abgelöst.⁴²

Seit 1960 werden die archäologischen Grabungen vom NHM geleitet. Unter Karl Kromer, Werner Leschanovsky und Othmar Schaubberger⁴³ wurde im Kilbwerk mit archäologischen Grabungen begonnen. 1967 wurde die Grabungsleitung von Fritz Eckart Barth übernommen.⁴⁴ 1983 wurde das Grünerwerk schwerpunktmäßig erforscht⁴⁵ und 1990/91 das Christian Tuschwerk neu angefahren und seitdem archäologisch erfasst.⁴⁶ Seit 2001 leitet Hans Reschreiter⁴⁷ die Grabungen.⁴⁸ Gegenwärtig erfolgt alljährlich eine mehrwöchige Grabungskampagne im Salzbergwerk unter seiner Leitung.

Bei den aktuellen Grabungen erfolgt die Bergung der Funde mittels Presslufthammer (Abb. 6). Sobald ein Fund ersichtlich wird, wird versucht, ihn vorsichtig als Block herauszulösen. Die Funde erhalten im Bergwerk eine Fundnummer und werden luftdicht in Polyethylenbeuteln verpackt. Am Abend werden alle Funde des Tages heraus gefördert und in der Fundzentrale,⁴⁹ welche in der ehemaligen Schmiede⁵⁰ untergebracht ist, zur konservatorischen Bearbeitung übergeben. Ab der Entnahme der Funde aus dem Salzbergwerk sind sie ihrem natürlichen Zerfall ausgesetzt. Das eigentlich konservierende Salz, stellt sich außerhalb des Bergwerks als problematisch dar. Da die relative Luftfeuchtigkeit nun niedriger als im Berg ist, kommt es aufgrund der Trocknung zur Bildung von Salzkristallen im Objekt. Somit ist es erforderlich, sofort konservatorische Maßnahmen zu ergreifen. In der Fundzentrale werden die Funde zuerst fotodokumentarisch erfasst und anschließend wird mit der Entsalzung begonnen. Schnüre werden in Form einer Blockbergung (Abb. 7) geborgen. Dabei wird bei Auffindung eines Fundes versucht, einen größeren Brocken des Hasel- bzw. Heidengebirges mittels Presslufthammer herauszubringen. Erst in der Fundzentrale soll das Objekt aus dem Block geborgen werden.



Abb. 6 Bergung der Funde mittels Presslufthammer



Abb. 7 Herauslösen eines Blocks mit einer prähistorischen Grasschnur

⁴² KOWARIK / RESCHREITER, Tradition (2008), S. 27.

⁴³ KOWARIK / RESCHREITER, Tradition (2008), S. 28.

⁴⁴ KOCH-WALDNER, Christian von Tusch-Werk (2010), S. 22.

⁴⁵ BARTH / LOBISSER, Erbe (2002), S. 17.

⁴⁶ BARTH / LOBISSER, Erbe (2002), S. 18.

⁴⁷ Mag. Hans Reschreiter, Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Prähistorischen Abteilung.

⁴⁸ KOCH-WALDNER, Christian von Tusch-Werk (2010), S. 23.

⁴⁹ Darunter wird der Raum verstanden, in dem die geborgenen Funde fotodokumentiert werden und die ersten konservatorischen Behandlungen erfahren.

⁵⁰ Diese befindet sich nur einige Meter unterhalb des Ausgrabungstollens.

2 Exkurs - Prähistorische Gras- und Baumbastfunde

Gräser und Baumbast waren als Materialien für Gegenstände schon lange vor dem Neolithikum (5800/4000 – 3300/1800 v. Chr.) ein Bestandteil der menschlichen Kultur. Schon im Paläolithikum, als die Menschen noch nomadische Jäger und Sammler waren, wurden sie als Material für die Herstellung von Schnüren und Netzen verwendet. Diese Materialien waren in der Natur leicht

zugänglich, es bedurfte keiner besonderen Kultivierung.⁵¹ Nur einige wenige Funde sind aus der Altsteinzeit erhalten, die den Gebrauch von Gras und Baumbast belegen, unter anderem ein Seil aus Pflanzenmaterial aus der Höhle von Lascaux.⁵² Dieses Seil, mit einem Durchmesser von 6-8 mm, wurde aus drei Strängen in Z-Drehung (linksgedreht) zu einem S-gedrehten (rechtsgedreht) Seil geschlagen. Es wird auf 17000-15000 v.Chr. datiert.⁵³ Erst mit dem Sesshaftwerden der Menschen, der sogenannten neolithischen Revolution, wurden Kulturpflanzen geschaffen, darunter auch Lein, dessen Früchte zur Ölgewinnung verwendet werden konnten und die Halme zur Textilerzeugung.⁵⁴ Parallel dazu wurden aber weiterhin Gras und Baumbast verarbeitet. Rast-Eicher vertritt die Ansicht, dass um 4000 v.Chr. Baumbast einen dominanten Stellenwert in der Lebenswelt der Menschen einnahm. Baumbast wurde zu Netzen und für die Erzeugung von Schnüren und Seilen versponnen und geflochten.⁵⁵ Aus dem Mesolithikum ist ein Netz aus Lindenbast aus Šventoji in Litauen erhalten.⁵⁶

Lindenbast ist seit der Urgeschichte vor allem im Norden Europas gebräuchlich. Aber auch der rötlichere Weidenbast sowie Eichenbast, der aufgrund seines hohen Tanningehaltes mit der Zeit eine dunkelbraune Färbung erhält, waren verbreitet.⁵⁷ Aus der Jungsteinzeit sind viele pflanzliche Funde aus den sogenannten Feuchtbodensiedlungen erhalten, deren Hauptverbreitungsregion das nördliche Alpenvorland ist.⁵⁸ Zum Beispiel in Pfyn-Breitenloo (CH) wurde ein Hut aus Baumbast geborgen.⁵⁹ Von der Seeufersiedlung Arbon-Bleiche 3 berichtet Rast-Eicher von Fäden- und Schnurfragmenten.⁶⁰ In den Seeufersiedlungen wurden ebenso Wulsthalbgeflechte vorgefunden. Bei dieser Technik wurden Gräser zu einem Wulst verdreht. Dieser wurde anschließend mit einem Baststreifen zusammengenäht.

⁵¹ GRÖMER, Textilkunst (2010), S. 224.

⁵² Rast-Eicher, A., Am Anfang war – der Faden, in: Benguerel, S., u.a. (Hg.), Gesponnen, Geflochten, Gewoben. Archäologische Textilien zwischen Bodensee und Zürichsee, Thurgau 2010, S.36-46, S. 36.

⁵³ Barber, E.J.W., Prehistoric Textiles. The development of cloth in the neolithic and bronze ages with special reference to the Aegean, New Jersey 1991, S. 40.

⁵⁴ GRÖMER, Textilkunst (2010), S. 224.

⁵⁵ Rast-Eicher, A., Fibres. Microscopy of archaeological textiles and furs, Budapest 2016, S. 80.

⁵⁶ BARBER, Prehistoric Textiles (1991), S 20/40f.

⁵⁷ RAST-EICHER, Fibres (2016), S. 81f/ 85.

⁵⁸ RAST-EICHER, Faden (2010), S. 36.

⁵⁹ Leuzinger, U., Pfahlbausiedlungen zwischen Bodensee und Zürichsee, in: Benguerel, S., u.a. (Hg.), Gesponnen, Geflochten, Gewoben. Archäologische Textilien zwischen Bodensee und Zürichsee, Thurgau 2010, S.18-24, S. 24.

⁶⁰ Von denen ein Drittel einen Durchmesser von 6 bis 12 mm aufweist. Siehe: RAST-EICHER, Faden (2010), S. 39.

Diese Technik fand auch Verwendung bei der Herstellung von Matten, Körben und Schuhen (Abb. 8). Bei der Erzeugung von Hüten, Taschen und Sieben wurde hingegen meist die Zwirntechnik eingesetzt.⁶¹ Dabei werden Gräser oder Baumbaststreifen, durch Verdrehen und anschließendes Verzwirnen in die entgegengesetzte Richtung der Drehung, zu Objekten verarbeitet.

Auch die bekannte Gletschermumie aus dem Hauslabjoch vom Ende der Steinzeit (vor 5300 Jahren) hatte Objekte aus Gras und aus Baumbast bei sich (Abb. 10). Ihre Schuhe bestanden aus einem Netz, welches aus Lindenbast in Zwirntechnik gefertigt wurde. Dieses Netz wurde mit Leder/Fell überzogen, welches mit Baumbast als Nähfaden zusammengenäht wurde. Die Schuhe wurden zur Polsterung mit Gras ausgestopft. Hierfür wurde eine Reihe an unterschiedlichen Gräsern⁶² verwendet.⁶³ Der Mantel der Gletschermumie, mittels Zwirngeflecht hergestellt, wurde ebenfalls aus Gras⁶⁴ und Lindenbast gefertigt.⁶⁵ Die Grasbüschel wurden zu einer Öse umgebogen, durch die anschließend mit Baumbaststreifen eine Zwirnbindung durchgeführt wurde, welche in S-Drehung erfolgte.⁶⁶ Die Grashalme wurden acht weitere Male mit einem Abstand von sechs bis acht Zentimetern mit Zwirnbindungsreihen fixiert. Die restlichen 34 cm der Grashalme blieben lose. Diese Mantelform war in einigen Regionen, wie dem südlichen Alpenraum⁶⁷ sowie in Osteuropa, noch Anfang des 20. Jahrhunderts als Hirtenmantel und Regenschutz gebräuchlich.⁶⁸ Des Weiteren war bei den Beifunden auch eine Dolchscheide aus Bast in Zwirntechnik vorhanden, sowie eine Vielzahl an Schnüren,⁶⁹ die meistens wiesen eine Z-Drehung auf und waren zu zwei oder drei Strängen zu einem Zwirn in S-Richtung geschlagen.⁷⁰ An manchen ist ein Altweiberknoten⁷¹ ersichtlich, ebenso sind einfache Fingerknoten (Abb. 9) vorhanden. Sie wurden zum Großteil aus Lindenbast gefertigt, einige wurden auch aus den Gräsern⁷² hergestellt.⁷³

⁶¹ RAST-EICHER, Faden (2010), S. 41-44.

⁶² Es ließen sich *Brachypodium pinnatum*, *Nardus stricta*, drei Arten von *Festuca*, *Agrostis* und *Cyperaceae* nachweisen. Siehe: Oegg, K., The significance of the Tyrolean Iceman for the archaeobotany of Central Europe, in: *Vegetation History and Archaeobotany*, 18/2009, S. 1-11. <https://link.springer.com.uaccess.univie.ac.at/article/10.1007/s00334-008-0186-2>. Zugriff: 4.11.2019, S. 4

⁶³ OEGGL, *Archaeobotany* (2009), S. 4.

⁶⁴ *Brachypodium pinnatum* wurde nachgewiesen. Siehe: OEGGL, *Archaeobotany* (2009), S. 4.

⁶⁵ OEGGL, *Archaeobotany* (2009), S. 4.

⁶⁶ Goedecker-Ciolek, R., Konservierung der Beifunde einer Gletschermumie vom Ende der Steinzeit I. Bekleidung, in: *Arbeitsblätter für Restauratoren* 2/1994, S. 105-127, S. 118.

⁶⁷ Jöhler, B., Regenmantel, in: *Volkskundemuseum-Wien. Online Sammlung*. (o.D.)

<https://www.volkskundemuseum.at/online-sammlungen/oemv76266>. Zugriff: 2.1.2020.

⁶⁸ Machatschek, M., *Nährhafte Landschaft 4. Von Ferkelkräutern, Wiesenknopf, Ziegenmilch, Ruchgras, Rasch, Birnmehl, Kraterellen und anderen wiederentdeckten Nutz- und Heilpflanzen*, Wien-Köln-Weimar 2017, S. 244.

⁶⁹ Der Durchmesser beträgt von 0,5 bis 0,8 cm. Siehe: Egg, M. / Goedecker-Ciolek, R., *Ausrüstung und Kleidung*, in: Egg, M. / Spindler, K. (Hg.), *Kleidung und Ausrüstung der Gletschermumie aus den Ötztaler Alpen*, Mainz 2009, S. 57-164, S. 148.

⁷⁰ GOEDECKER-CIOLEK, *Gletschermumie* (1994), S. 124 / Goedecker-Ciolek, R., *Konservierung der Beifunde einer Gletschermumie vom Ende der Steinzeit II. Waffen, sonstige Ausrüstung*, in: *Arbeitsblätter für Restauratoren* 1/1996, S. 128-144, S. 138.

⁷¹ Siehe Kapitel 3.2.4, S. 28f.

⁷² *Molinia caerulea* und *Brachypodium pinnatum* konnten nachgewiesen werden. Siehe: EGG / GOEDECKER, *Ausrüstung und Kleidung*, (2009), S. 148.



Abb. 8 Lindenbastschuh aus der neolithischen Seeufersiedlung am Bielersee (CH)

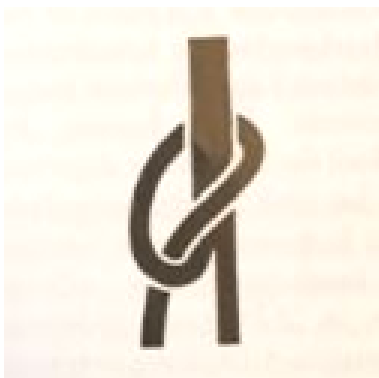


Abb. 9 Skizze eines einfachen Fingerknotens

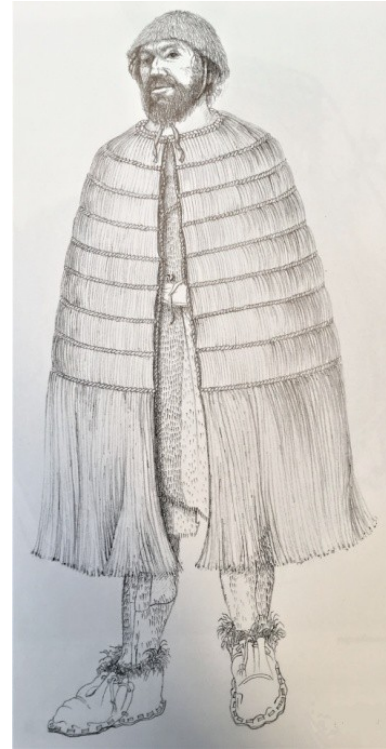


Abb. 10 Darstellung des Mannes aus dem Eis (Gletschermumie aus dem Hauslabjoch) mit Grasmantel und -schuhen

Espartogras (lat. *Stipa tenacissima*) war im Neolithikum und in der Bronzezeit in Spanien der Hauptwerkstoff für Gewebe und Geflechte.⁷⁴ Funde aus Espartogras sind hauptsächlich südlich der Alpen anzutreffen, aber auch in Eschenz (CH) wurde eine Schnur aus diesem Material gefunden. Rast-Eicher sieht darin eine mögliche Handelsbeziehung.⁷⁵ Ein weiteres Gras, welches in der Urgeschichte als Material Verwendung fand, ist Papyrus. Papyrus wurde für Seile, Matten, Papier und Sandalen verwendet und ist durch etliche Funde aus Ägypten belegt.⁷⁶

Bereits aus dem Neolithikum ist die Verwendung von Schilfrohr (*Phragmites australis*) zur Fertigung von Dächern bekannt.⁷⁷ In Catal Höyük (TR) sind damit Körbe gefertigt worden⁷⁸ und aus der Schnurkeramik - Kultur⁷⁹ haben sich Matten aus Schilfrohr erhalten.⁸⁰

⁷³ EGG / GOEDECKER, Ausrüstung und Kleidung, (2009), S 148.

⁷⁴ BARBER, Prehistoric Textiles (1991), S. 33f.

⁷⁵ RAST-EICHER, Fibres (2016), S. 114.

⁷⁶ RAST-EICHER, Fibres (2016), S. 113.

⁷⁷ RAST-EICHER, Fibres (2016), S 117.

⁷⁸ RAST-EICHER, Fibres (2016), S 117.

⁷⁹ Zeitlich lässt sich diese Epoche in die erste Hälfte des 3. Jahrtausend v. Chr. einordnen. Siehe: Urban, O. H., Der lange Weg zur Geschichte. Die Urgeschichte Österreichs. In: Herwig, W. (Hg.), Österreichische Geschichte bis 15 v.Chr., Wien 2003, S. 131.

⁸⁰ RAST-EICHER, Fibres (2016), S 117.

Eine Kombination von Pflanzenfasern mit Leder oder Fell wurde im Laufe der Bronzezeit von Wolle, als wärmendes Flächengebilde, in Mitteleuropa abgelöst.⁸¹

Gras wird auch heute noch als Handwerksmaterial, vor allem für Geflechte verwendet. Dafür wird mittlerweile das Material oft nach Mitteleuropa importiert, wie etwa Espartogras oder Peddigrohr und hier verarbeitet. Für gröbere Geflechte kommen heute noch heimische Weiden zum Einsatz.⁸² In Oberösterreich hat sich die traditionelle Herstellung der sogenannten Raschpatschen⁸³ erhalten und erfreut sich wieder zunehmender Beliebtheit. In anderen Regionen der Welt sind diese natürlichen Werkstoffe noch dominanter im Alltag vorhanden, so etwa in Peru, wo jedes Jahr die Q'isoachaka Hängebrücke über den Apurimac Fluss aus Gras neu geflochten wird.⁸⁴

⁸¹ RAST-EICHER, Faden (2010), S. 46.

⁸² Will C., International Basketry. For Weavers and Collectors, Pennsylvania 1985, S. 21-30.

⁸³ Als Raschpatschen bezeichnet man in Oberösterreich Hausschuhe, welche aus Raschgrass gefertigt werden. Siehe: MACHATSCHEK, Landschaft (2017), S. 246.

⁸⁴ Hegedüs, M., Q'eswachaka, die letzte funktionierende Hängebrücke der Inka (2018). <http://lifeisalongweekend.info/de/peru-de/qeswachaka/>. Zugriff: 19.12.2019.

3 Bestandsaufnahme - Material und Herstellungstechnik

Gras und Baumbast sind als Bindematerial, in Form von einzelnen Strängen, Schnüren und Seilen, in den prähistorischen Salzbergwerken in Hallstatt wie auch am Dürnberg bei Hallein⁸⁵ verbreitet aufzufinden. Da das Material durch seine leichte Zugänglichkeit und Bearbeitbarkeit nicht kostspielig oder arbeitsintensiv war, wurden die Produkte daraus nach Verwendung, beziehungsweise nach Verschleiß, vermutlich im Bergwerk einfach entsorgt.

Zu beachten ist, dass nur der Teil an Gras- und Baumbastobjekten für die Nachwelt erhalten geblieben ist, welcher von den prähistorischen Bergmännern im Bergwerk zurück gelassen wurde. Dies erfolgte je nach Epoche mitunter sehr selektiv. So weist Reschreiter darauf hin, dass vom bronzezeitlichen Bergbau zwar etliche entsorgte Werkzeuge, bisher jedoch keine Spuren von Essen, Trinken und Notdurft geborgen werden konnten. Deshalb vermutet er, dass es möglicherweise bestimmte definierte Bereiche für die jeweiligen Bedürfnisse gab, die bisher noch nicht entdeckt wurden. Hingegen wurden höchstwahrscheinlich im eisenzeitlichen Bergbau nicht mehr gebrauchte Gegenstände verbrannt oder anderweitig weiterverwendet. Daher sind aus dem eisenzeitlichen Bergbau weniger Gegenstände des Alltags erhalten, dafür aber mehr Funde aus den lebensnahen Bereichen der Menschen (wie zum Beispiel Exkrementen).⁸⁶ Somit wurde jeweils nur ein Ausschnitt des bergmännischen Lebens konserviert.

Da zum Großteil bei den Gras- und Baumbastfunden aus Hallstatt nur mehr Fragmente erhalten sind, ist es meist schwer zu bestimmen, um welche Art von Objekten es sich ursprünglich gehandelt hat. So können nur mehr bestimmte Kriterien wie Material, Beschaffenheit und/oder Technik zur Interpretation des Verwendungszweckes beitragen.⁸⁷ Daher stellt eine Materialbestimmung, sowie die Erfassung von Herstellungstechniken für das Verständnis dieser Funde einen hohen Stellenwert dar.

Das vorliegende Kapitel thematisiert prähistorische Gras- und Baumbastfunde und in dem Kontext im Speziellen, den Bestand der Schnüre aus dem prähistorischen Salzbergwerk Hallstatt. Eine durchgeführte Bestandserfassung soll einen Überblick über die verwendeten Materialien und Herstellungstechniken der bisher geborgenen Objekte geben. Weiters erfolgt eine Auseinandersetzung mit dem morphologischen Aufbau von Gras und Baumbast.

⁸⁵ Grömer, K., Prähistorische Textilkunst in Mitteleuropa. Geschichte des Handwerkes und Kleidung vor den Römern, Wien 2010, S. 284.

⁸⁶ RESCHREITER, Hallstatt (2013), S. 22.

⁸⁷ GRÖMER, Textilkunst (2010), S. 268.

3.1 Material

Für die Bestands- und anschließende Zustandserfassung der Gras- und Baumbastfunde wurden zunächst die Objekte im Depot des NHM begutachtet. Im Inventar des NHM sind insgesamt über 1000 Funde aus Gras, Bast oder Stroh aus dem prähistorischen Bergwerk von Hallstatt erfasst. Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, wurden bei der nachfolgenden Bestandserfassung nur die Funde berücksichtigt, die aufgrund ihres Erhaltungszustandes noch eindeutig formal einer Schnur oder einem Strang zugeordnet werden können. Sie weisen noch Verdrehungen auf bzw. sind noch als Bündel (Verbund) einzelner Halme/Blätter erhalten.

Alle Funde des NHM werden bei ihrer Inventarisierung⁸⁸ digital in Form einer Excel Liste erfasst (Abb. 11). Aus dieser Liste konnten 287 Fragmente aus den Kategorien Schnur bzw. Strang oder loses Bündel mit Drehung ausgemacht werden. Unter die Bezeichnung „Gras“ fallen die Blätter und unter „Stroh“ die Stängel von einkeimblättrigen Pflanzen. Sie lassen sich optisch leicht aufgrund der Farbigkeit und Form unterscheiden. Somit konnten 212 Fragmente aus Gras differenziert werden. Bei 11 Fragmenten liegt ein Gemisch aus Gras und Stroh vor, die Minderheit stellt die Materialgruppe Stroh dar, wovon nur ein Fragment erhalten ist. 63 Fragmente konnten dem Material Baumbast zugeordnet werden (Diagramm 1).

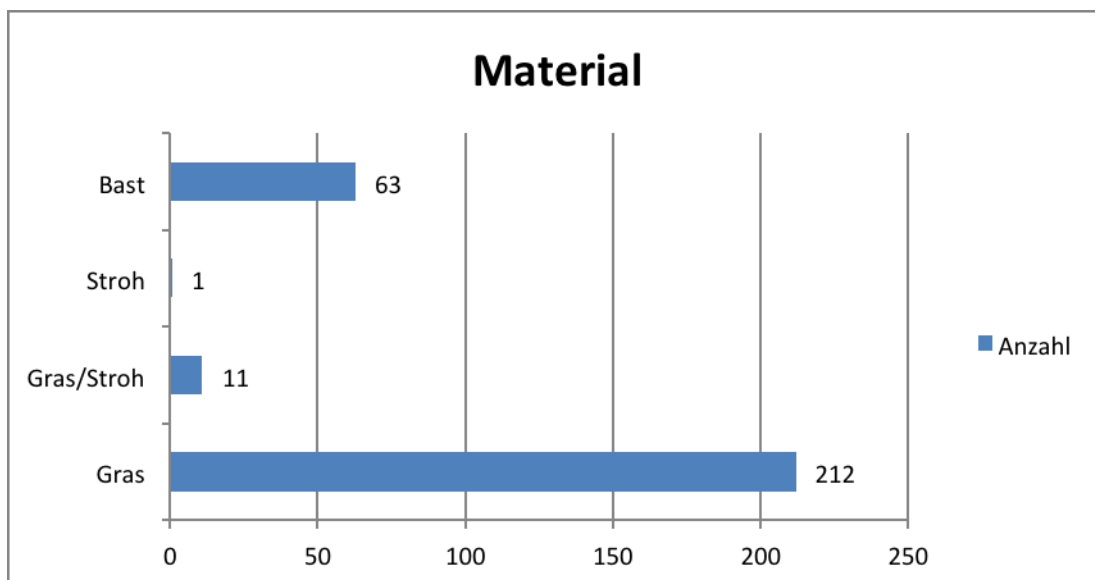


Diagramm 1 Anzahl der Gras- und Baumbastfragmente mit vorhandener Verdrehung, nach Material geordnet

Da zum Zeitpunkt der Erfassung nicht alle für die Bestandsaufnahme in Frage kommenden Gras- und Baumbastobjekte im Depot des NHM waren, konnte bei manchen

⁸⁸ Bis zu ihrer Inventarisierung, die meist nach einer konservatorischen Behandlung und Überführung aus Hallstatt ins Depot des NHMs erfolgt, besitzen die Funde nur eine Fundnummer (FN).

Inventarnummern nur auf die vorhandenen Informationen in der Datenbank⁸⁹ zurückgegriffen werden. Bei den Grasobjekten betraf dies zwei Funde, bei den Bastobjekten 50 Funde. Falls keine Informationen vorlagen, wurden die Funde unter dem Begriff „keine Daten vorhanden“ in den folgenden Diagrammen angeführt.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Inventarnummer	Fundnummer_Inv	Fundkategorie_Inv	Objektansprache	Objektbeschreibung	Anzahl	Maße	Material	Standort	Datum_Inv	BearbeiterIn_Inv	Standort 2	Standort_Anmerkung	T_Grabungsstelle	T_Vortrieb_Fundstelle
114414	05.089	Rinde/Bast	Gras- und Bastfasern	fünf Grasfasern und eine kleine Bastfaser	6			C-1-1-7	26-Apr-09	TKW, RT			Chr. v. Tuschwerk - Alter Grubenoffen 2005 Salzburg / Hallstatt / Gmunden / Oberösterreich / A	Chr. v. Tuschwerk - Alter Grubenoffen 2005 - West
119984	08.044	Gras	Gras- und Bastfasern	Grasschnur mit Knoten	1			C-14-2-1	09-Jun-10	MB RT			Chr. v. Tuschwerk - Alter Grubenoffen 2008 Salzburg / Hallstatt / Gmunden / Oberösterreich / A	Chr. v. Tuschwerk - Alter Grubenoffen 2008 - Ostprofil
120218	09.207	Rinde/Bast	Gras- und Bastfasern	Gras und Bastfasern	pl			C-13-8-7	01-Feb-11	MB RT			Kilbwerk 2009 Salzburg / Hallstatt / Gmunden / Oberösterreich / A	Kilbwerk 2009
120478	05.195	Rinde/Bast	Gras- und Bastfasern	Gras und Bastfasern	pl			C-14-2-3	17-Feb-11	MB RT			Enderwerk 2005 Salzburg / Hallstatt / Gmunden / Oberösterreich / A	Ostprofil 2005

Abb. 11 Auszug aus der Excel-Datenbank des NHM

Aufbauend auf die vorhandene Excel-Liste wurden die Daten erhoben und erweitert. Dafür wurden einige Kategorien hinzugefügt und die Unterscheidung zwischen Schnur, Strang und Bündel eingeführt.

Als Bündel wurden die Bestandteile der Gras- und Baumbastfunde, die aufgrund ihrer Fundsituation möglicherweise einmal miteinander verdreht waren, nun aber parallel und ohne Zusammenhang vorliegen, definiert (Abb. 12).

Als Strang (Abb. 13) wurden mehreren miteinander in S- oder Z-Richtung verdrehten Blätter/Streifen (Garn/Zwirn sind Synonyme dafür) bezeichnet.⁹⁰

Eine Schnur (Abb. 14) hingegen besteht aus mindestens zwei oder mehreren Strängen, die in die gegengesetzte Richtung der Garne miteinander verzwirnt werden, dabei wird vom Schlagen der Schnur gesprochen.⁹¹

⁸⁹ Die Datenbank wurde von Mag. Hans Reschreiter für diese Arbeit zur Verfügung gestellt.

⁹⁰ Eberle, H., u.a., Fachwissen Bekleidung, Haan-Gruiten 2005, S.55.

⁹¹ Norton, R.E., Interworking of Fibers and Elements. In: Florian, M-L.E. / Kronkright, D.P. / Norton, R.E., The Conservation of Artifacts Made from Plant Materials, Princeton 1992, S. 89-96, S. 90.



Abb. 12 Inv.Nr.
125432 ein Bündel



Abb. 13 Inv.Nr. 114468 ein S-
gedrehter Strang



Abb. 14 Inv.Nr. 113217 eine
Z-geschlagene Schnur

Zusätzlich wurden auch die Anzahl der Stränge und ihre Durchmesser erfasst, sowie ihre Drehrichtung und die der Schnüre bestimmt. Des Weiteren wurde ein Augenmerk auf besondere Merkmale, wie etwa Knoten oder Anfänge, gelegt. Neben der Bestandserfassung wurde auch der Zustand der Funde festgehalten und ihre Schäden dokumentiert. Ebenso wurden konservatorische Maßnahmen, wie durchgeführte Sicherungen der Drehungen und vorhandene Lagerungsbehelfe, in die Liste aufgenommen (Abb. 15).⁹² Für die Auswertung des Bestands nach den unterschiedlichen Herstellungstechniken wurden Fragmente die unter einer Inventarnummer angegeben wurden mit Subnummern versehen. Dabei wurde nach dem gleichen System, welches Gengler bei den Textilien aus Hallstatt angewendet hat, vorgegangen.⁹³ So wurden Fragmente die eindeutig von einem Objekt stammen mit einer zusätzlichen Zahl nach einem Schrägstrich versehen. Handelt es sich jedoch um Fragmente, die aufgrund unterschiedlicher Drehrichtung oder Strangdurchmesser höchstwahrscheinlich von mehreren Objekten stammen, werden sie mit einem kleinen Buchstaben unterschieden.

⁹² Siehe Anhang VI: Auszug aus der Inventar-Liste der Gras- und Baumbastschnüre aus dem prähistorischen Salzbergwerk.

⁹³ GENGLER, Textilien (2005), S. 64.

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
Inv.-Nummer	Fundnummer	Fundkategorie	Objektsprache	Objektbeschreibung	Objektbeschreibung neu	Anfang	Knoten/Sonstiger	Anzahl	Maße: Länge	Durchmesser Stränge	Durchmesser Schnur	verdrillt	geschlagen	Stränge	Material	Standort	Datum	Bearbeiter	T_Grabungsstelle	T_Vorratb_Fundstelle	Zustandskategorie	Schäden	Sicherung
91996	91996	Gras	Grasschnur	Grasbüschel, lose zusammengeknüpft	Zwei Fragmente einer Grasschnur, mit Anfang, S-gedrehte Lizen Z-Flüchtigung geschlagen	x	f	2	18cm	k.A.	2cm	S	Z	2	2	C-5-3-2	16-Jun-05	F.E. Barth	Chr.v. Tusch Vork - Alter Grabennotte n 1991 Salzberg f Halbschnitt f Gmunden f Oberösterreich f A	Chr.v. Tusch Vork - Alter Grabennotte n 1991 - S/N Hauptstelle	III	viele Auflagen, deformiert, zum Teil aufgedreht, lose	Fragmente
		Gras	Grasbündel						16cm	2cm	2cm	k.A.	k.A.	0					Chr.v. Tusch Vork - Alter Grabennotte n 1992 Salzberg f Halbschnitt f Gmunden f Oberösterreich f A	Chr.v. Tusch Vork - Alter Grabennotte n 1992 - S/N Hauptstelle	IV	viele Auflagen, deformiert, zum Teil aufgedreht, lose	Fragmente
92024	92024	Gras	Grasschnur	Gras in dicken Büscheln, leicht eingedreht und zu einem losen Knoten geschlagen	Grasschnur mit Anfang, aus zwei S-gedrehten Strängen mit einem lockeren Knoten	x	Knoten	2	25cm	f	1cm	S	Z	2	2	C-5-3-4	16-Jun-05	F.E. Barth	Chr.v. Tusch Vork - Alter Grabennotte n 1992 Salzberg f Halbschnitt f Gmunden f Oberösterreich f A	Chr.v. Tusch Vork - Alter Grabennotte n 1992 - S/N Hauptstelle	IV	viele Auflagen, deformiert, zum Teil aufgedreht, lose	Fragmente
		Gras	Grasschnur						34cm	f	2cm	S	Z	2	2				Chr.v. Tusch Vork - Alter Grabennotte n 1992 Salzberg f Halbschnitt f Gmunden f Oberösterreich f A	Chr.v. Tusch Vork - Alter Grabennotte n 1992 - S/N Hauptstelle	IV	viele Auflagen, deformiert, zum Teil aufgedreht, lose	Fragmente
92025	92025	Gras	Grasbündel mit Drehung	Dünnes Grasbüschel, leicht eingedreht und mit einem losen Knoten	Grasschnur mit leichter S-Drehung		Knoten	1	7cm	0,5cm	0,5cm	S	f	1	Gr	C-5-3-4	16-Jun-05	F.E. Barth	Chr.v. Tusch Vork - Alter Grabennotte n 1992 Salzberg f Halbschnitt f Gmunden f Oberösterreich f A	Chr.v. Tusch Vork - Alter Grabennotte n 1992 - S/N Hauptstelle	III	deformiert, lose	Fragmente
92049	92049	Gras	Grasbündel mit Drehung	Grasbüschel mit Knoten	Grasschnur mit leichter S-Drehung und Knoten		Knoten	1	11cm	ca. 1cm	ca. 1cm	S	f	1	Gr	C-5-3-4	16-Jun-05	F.E. Barth	Chr.v. Tusch Vork - Alter Grabennotte n 1992 Salzberg f Halbschnitt f Gmunden f Oberösterreich f A	Chr.v. Tusch Vork - Alter Grabennotte n 1992 - S/N Hauptstelle	III	deformiert, lose	Fragmente
92062	92062	Gras	Grasschnur	Grasbüschel mit losen Knoten	Grasschnur mit Anfang, Z-verdrillt und S-geschlagen Grasschnur mit			1	7,5cm	k.A.	k.A.	Z	S	2	Gr	C-5-3-7	16-Jun-05	F.E. Barth	Chr.v. Tusch Vork - Alter Grabennotte n 1992 Salzberg f Halbschnitt f Gmunden f Oberösterreich f A	Chr.v. Tusch Vork - Alter Grabennotte n 1992 - S/N Hauptstelle	III	stark deformiert	

Abb. 15 Auszug aus der erweiterten Excel-Tabelle

3.1.1 Grasblätter

Ein Grasblatt (Abb. 16 und 17) ist in seinem Aufbau von einer schützenden Schicht, der Epidermis, umgeben. Auf dieser befindet sich die Cuticula aus Cutin, einer Schicht aus Wachsen, welche mit Pektin mit der Epidermis verbunden ist. In der Epidermis an der Oberseite der Grasblätter sind Spaltöffnungen, sogenannte Stomate, vorhanden, die den Gasaustausch regeln und ein wesentliches Merkmal für die Artenbestimmung darstellen.⁹⁴

Unter der Epidermis erstrecken sich langgezogene dünnwandige schwammige Parenchymzellen, die für die Photosynthese zuständig sind.⁹⁵

Für den Stofftransport sind kollateral geschlossen Leitbündel zuständig, die aus Phloem und Xylem bestehen. Das Phloem ist aus Parenchymzellen aufgebaut, es befördert Nährstoffe durch die Pflanze. Das Xylem besteht meist aus abgestorbenen und verholzten Zellen und ist für den Wassertransport zuständig.⁹⁶ Um das Leitbündel ist eine Schicht aus Sklerenchymfasern, einem Festigungsgewebe, oft auch aus abgestorbenen Zellen, mit einer ligninhaltigen, zweiten Wandschicht angeordnet.⁹⁷ Das Kollenchym stellt hingegen ein Festigungsgewebe aus lebenden Zellen dar. Es besteht hauptsächlich aus Hemicellulose. Es verleiht der lebenden Pflanze Biegsamkeit. Diese Eigenschaft geht beim Trocknen, wenn das Kollenchym stark schrumpft und brüchig wird, verloren.⁹⁸

⁹⁴ FLORIAN, Deterioration (1987), S. 30f.

⁹⁵ FLORIAN, Deterioration (1987), S. 30f.

⁹⁶ FLORIAN, Deterioration (1987), S. 30f.

⁹⁷ FLORIAN, Deterioration (1987), S. 30.

⁹⁸ FLORIAN, Deterioration (1987), S. 30.

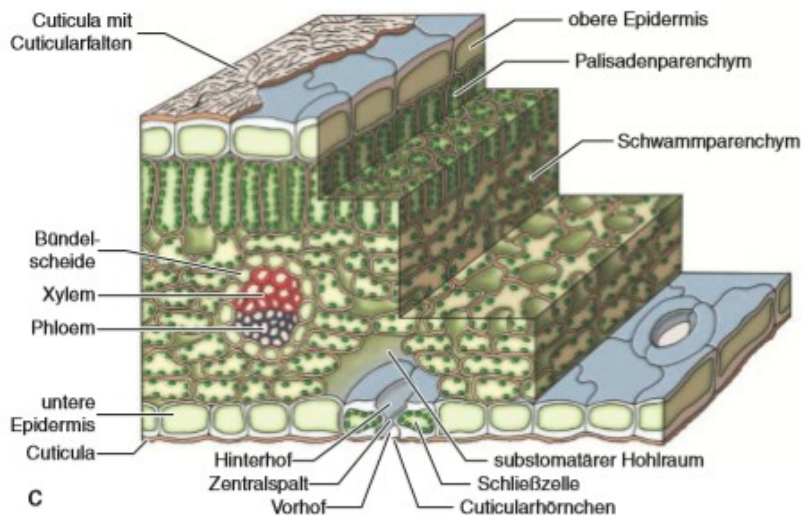


Abb. 16 Aufbau eines Blattes

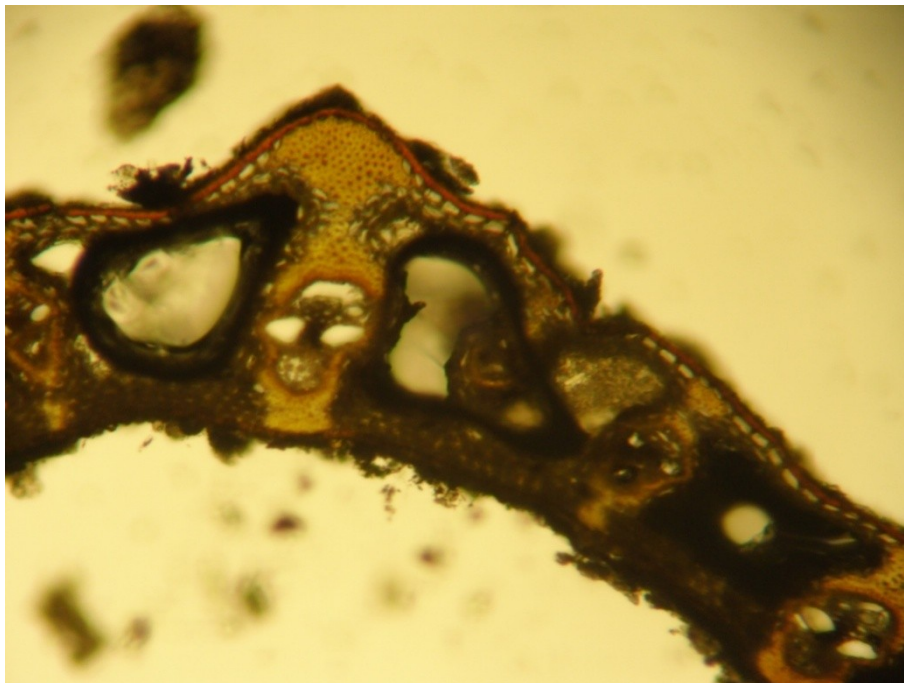


Abb. 17 Querschnitt eines Grasblattes, Probe P1 (FN: 19.104), 100fache Vergrößerung

Als erste Objektgruppe wurden die 212 Grasfragmente im Depot des NHM untersucht. Anhand von durchgeführten Querschnitten⁹⁹ von Proben aus FN (Fundnummer): 19.012, 19.104, 19.277, 19.217, 19.143 sowie Inv.Nr. 11.336 konnte überprüft werden, dass es sich hierbei um Grasblätter handelt. Da eine Probenentnahme bei den anderen Grasfragmenten nicht möglich war, wurde die Materialbestimmung aufgrund makroskopischer Gesichtspunkte durchgeführt.

⁹⁹ Die naturwissenschaftlichen Untersuchungen wurden am Institut für Konservierung und Restaurierung (Leitung: o. Univ.-Prof.Mag.Dr. Gabriela Krist) in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt.

Aufgrund des markanten Profils¹⁰⁰ im Querschnitt der untersuchten Proben lassen sich diese Blätter der Familie der Riedgrasgewächse (Cyperaceae) zuordnen (Abb. 18 und 19)¹⁰¹. Weitere Grasobjekte wurden im Zuge dieser Arbeit nicht untersucht.

Die Familie der Riedgrasgewächse gehört zur Gruppe der Sauergräser (Poaceae), welche wiederum der übergeordneten Klasse der einkeimblättrigen Pflanzen (Monocotyledoneae) zugeteilt ist. Ihr Hauptmerkmal ist, dass die Blätter direkt aus der Stielbasis entwachsen. Über 4000 Arten sind von der Familie der Riedgrasgewächse bekannt und sie lassen sich in mehr als 90 Gattungen unterteilen. Neben Papyrus¹⁰² gehört auch Carex brizoides, als Raschgras bekannt, zu dieser Familie, welches im Alpenvorland weit verbreitet ist und noch heute Verwendung findet.¹⁰³

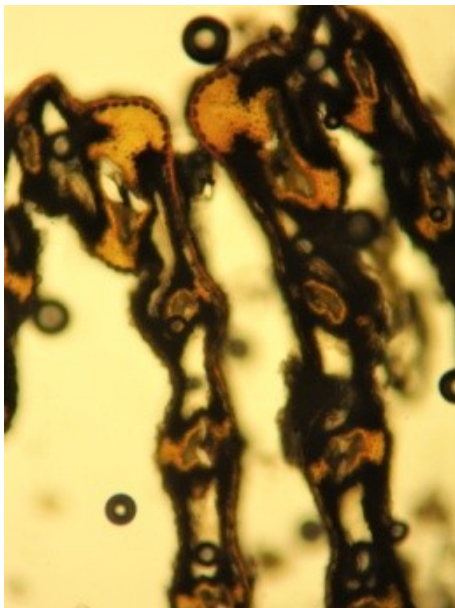


Abb. 18 Querschnitt eines Grasblattes P5 (FN: 19.104) mit 100facher Vergrößerung, mit markantem Erkennungsmerkmal eines V-Profiles



Abb. 19 Querschnitt eines Grasblattes P2 (FN: 19.012) mit 100facher Vergrößerung, mit markantem Erkennungsmerkmal eines V-Profiles

Aufgrund der durch den Umfang der Arbeit begrenzten Untersuchungen kann jedoch kein aussagekräftiges Bild für die gesamte Sammlung erstellt werden. Es wird vermutet, dass auch Objekte aus Süßgräser-Blättern (Poaceae), die ebenfalls der Klasse der Monocotyledoneae angehören,¹⁰⁴ gefertigt wurden. Vor allem bei Fragmenten, welche aus Gras und Stroh bestehen, ist dies anzunehmen. Hier wurden neben den Blättern auch Halme verwendet. Halme sind makroskopisch anhand ihrer Nodien (Knoten) zu identifizieren, um

¹⁰⁰ Riedgrasgewächse weisen in den Querschnitten ihrer Blätter V-, Vogelflug-, U-Profile auf. Siehe: Krüsi, B.O., Schlüssel zum Bestimmen von Gräsern und Grasartigen im vegetativen Zustand (2007). [Moodle.zhaw.ch/pluginfile.php/35371/mod_resource/content/0/GS-Schl-2007.pdf](http://moodle.zhaw.ch/pluginfile.php/35371/mod_resource/content/0/GS-Schl-2007.pdf). Zugriff: 11.2.2020.

¹⁰¹ Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Probenprotokoll zu Probe 5 und 2 in Anhang I mikroskopische Untersuchung von archäologischen Fasern.

¹⁰² Schmidt, B., Botanische Bestimmungsübungen. Eine Einführung in die Familien! Cyperace (1997) <http://www.biologie.uni-ulm.de/lehre/bestueb/cyperace.htm>. Zugriff: 2.1.2020.

¹⁰³ MACHATSCHEK, Landschaft (2017), S. 243.

¹⁰⁴ Ficenc, A., Pflanzenwelt. Familie Poaceae – Süßgräser. (2017) <https://www.pflanzenwelten.at/botanischer-garten-wien/poaceae/>. Zugriff: 2.1.2020.

die sich die Blattscheide (der untere Teil des Blattes) anlegt, welche nach oben hin zu einer flächigen Blattspreite ausläuft. Die Abstände zwischen den Nodien werden als Internodien bezeichnet und in diesem Bereich ist der Stängel hohl.¹⁰⁵ Allgemein kann noch bemerkt werden, dass die Blätter aus der Familie der Süßgräser (Poaceae) - eine der weltweit größten Pflanzenfamilien mit über 10.000 bekannten Arten - aufgrund ihrer unterschiedlich stark gerieften Blattoberseite unterschieden werden können.¹⁰⁶ Ebenso an ihrem Blütenstand, welche in Form von Ähren oder als Rispen ausgebildet vorliegen. Sie können einjährig oder mehrjährig sein.¹⁰⁷

Die Verarbeitung von Gras kann direkt nach der Ernte erfolgen. Sollte es aber vor der Bearbeitung getrocknet werden, ist dabei zu beachten, dass es keiner direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist, da dies zu Farbverlust und zur Brüchigkeit führt. Auch vor Feuchtigkeit muss Gras geschützt werden, um den damit einhergehenden physikalischen sowie biologischen Abbauprozess¹⁰⁸ zu verhindern.¹⁰⁹

3.1.2 Stroh

Die primäre Sprossachse (Abb. 20) von einkeimblättrigen Pflanzen, der Stängel, ist ein säulenförmiges Organ. Die Epidermis mit einer umschließenden Schutzschicht, der Cuticula, bildet die Oberfläche. Dem folgt das Grundgewebe, bestehend aus Parenchymzellen und dem Festigungsgewebe. Letzteres setzt sich aus Kollenchym, lebenden Zellen, dem Sklerenchym aus schon abgestorbenen meist verholzten Zellen (Zelllumen ist hier stark verkleinert) und langgestreckten Fasern zusammen. Das Leitbündel der einkeimblättrigen Pflanzen liegt in einer geschlossenen kollateralen Form vor, das bedeutet, dass Xylem und Phloem nebeneinander liegen und von einem Sklerenchymring umgeben sind. Die Leitbündel kommen zerstreut in der Sprossachse vor.¹¹⁰

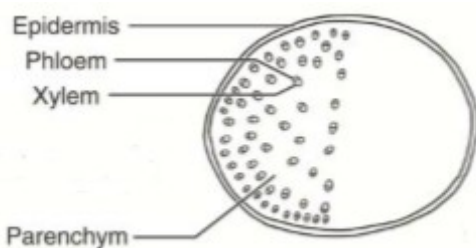


Abb. 20 Aufbau einer primären Sprossachse einer einkeimblättrigen Pflanze (Monocotyledoneae)

¹⁰⁵ Schmidt, B., Botanische Bestimmungsübungen. Eine Einführung in die Familien! Poaceae. (1997) <http://www.biologie.uni-ulm.de/lehre/bestueb/poaceae.htm>. Zugriff: 2.1.2020.

¹⁰⁶ KRÜSI, Bestimmen (2007).

¹⁰⁷ SCHMIDT, Poaceae. (1997).

¹⁰⁸ Siehe Kapitel 4.3, S. 42-49.

¹⁰⁹ MACHATSCHEK, Landschaft (2017), S. 254/256.

¹¹⁰ Noll, M., Kurze Einführung in die Gewebe der primären Sprossachse (2011). <http://www.mikroskopie-bonn.de/bibliothek/botanik/149.html>. Zugriff: 5.4.2020.

Unter den Begriff Stroh fallen alle nach der Ernte getrocknete Halme, die aufgrund ihrer ockerfarbenen Optik und ihrem rundlichen Querschnitt zwischen den Blättern hervorstechen. Im Vergleich zu Gras tritt Stroh in einer verhältnismäßig geringen Anzahl und hierbei meist in Kombination mit Grasblättern in der Sammlung des NHM auf. Es kann vermutet werden, dass sie auf Grund ihre Steifigkeit als Bindematerial seltener verwendet wurden. Des Weiteren lässt sich vermuten, dass die Blätter gemeinsam mit den Stängeln geerntet und verarbeitet wurden und somit der gleichen Ordnung wie die oben beschriebenen Gräser angehören.¹¹¹

3.1.3 Baumbast

Im Gegensatz zu Grashalme besitzen Baumstämme eine sekundäre Sprossachse, welche für das Dickenwachstum zuständig ist. Diese besteht aus dem Kambium, der Bereich, der nach außen abgegeben wird umfasst das sekundäre Phloem, die Baststrahlen, sowie die Holzstrahlen (Abb. 21).¹¹²

Der jüngste Anteil des Basts (Abb. 22 und 23¹¹³) besteht aus noch lebenden Zellen und ist dem Kambium am nächsten. Jedoch kollabieren diese Zellen und werden vom Nachbargewebe zusammengedrückt. Die dabei entstehenden Lücken werden durch Parenchymzellen gefüllt. Der helle Hart- und der dunkle Weichbast wechseln sich unabhängig vom Jahreswachstum ab. Der Weichbast besteht aus großlumigen Siebröhren mit dunkel aussehenden Geleitzellen und Bastparenchymzellen. Der Hartbast besteht aus Sklerenchymfasern, den sogenannten Bastfasern, die das Festigungsgewebe bilden.¹¹⁴

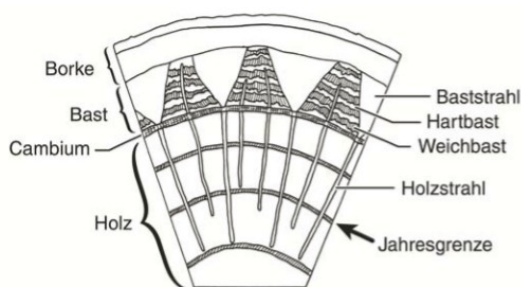


Abb. 21 Aufbau eines Stammes

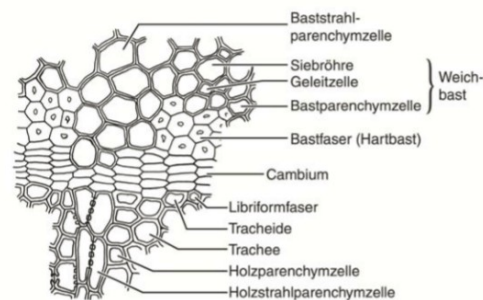


Abb. 22 Zellstruktur des Bastes

¹¹¹ Siehe Kapitel 3.1.1, S. 18-21.

¹¹² KÜCK / WOLFF, Grundpraktikum (2009), S. 58.

¹¹³ Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Probenprotokoll zu Probe 15 in Anhang I mikroskopische Untersuchung von archäologischen Fasern

¹¹⁴ KÜCK / WOLFF, Grundpraktikum (2009), S. 58f/71/173.

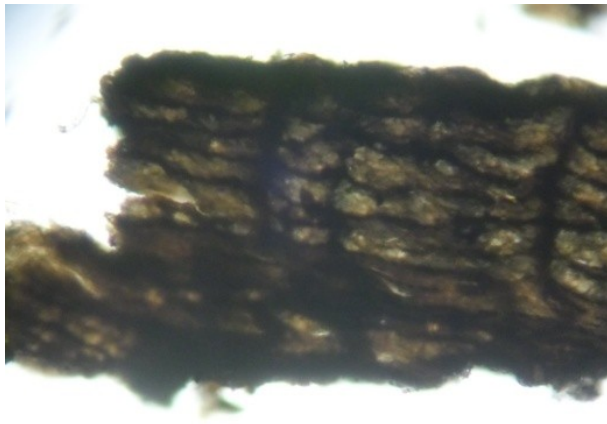


Abb. 23 Querschnitt eines Baststreifens P15 (FN: 19.277) mit 100facher Vergrößerung zeigt den hellen Hart- und den dunklen Weichbast

Baumbast lässt sich von einigen Arten, wie etwa der Linde, der Eiche und der Weide besonders gut zu verarbeiten. Eichen- und Weidenbast beinhalten jedoch Gerbstoffe, die eine schlechte Alterung aufweisen, sie färben den Baumbast dunkel und bedingen seine Brüchigkeit.¹¹⁵ Auch aus dem prähistorischen Salzbergwerk in Hallstatt sind Funde aus Baumbast vorhanden, hier ist vor allem Linde stark vertreten.¹¹⁶

Die Baststreifen können im Frühling direkt vom Baum geerntet und im Anschluss gleich verarbeitet werden. In dieser Zeit steht der Baum „im Saft“, das bedeutet, dass aufgrund der noch nicht vorhandenen Blätter ein Überdruck im Wasserleitsystem des Baumes vorherrscht.¹¹⁷ Somit sind die Baststreifen ausreichend mit Wasser getränkt und es bedarf keiner Vorbehandlung. Für die Ernte wird zuerst die Rinde entfernt und dann der Bast in Streifen vom Baum gezogen. Werden die Baststreifen nicht sofort weiterverarbeitet, können sie auch getrocknet werden und bei Bedarf durch das sogenannte Rotten¹¹⁸ wieder bearbeitbar gemacht werden.¹¹⁹ Es ist zu beachten, dass die Streifen bei einer zu trockenen Verarbeitung reißen. Ebenso kann ein zu starkes Befeuchten zu Spannungsverlusten während der Trocknung führen.¹²⁰ Je nach Verwendungszweck variiert die Dauer des Rottens. Durch das Rotten wird das Wachstum der Mikroorganismen gefördert, die einen Abbau des Faserverbands bewirken. Dadurch lassen sich die einzelnen Fasern aus dem Lignin herauslösen.¹²¹

¹¹⁵ Rast-Eicher, A., Baumbaste, Fasermaterial für Geflechte und Gewebe, in: Tugium: Jahrbuch des Staatsarchivs des Kantons Zug, des Amtes für Denkmalpflege und Archäologie, des Kantonalen Museums für Urgeschichte Zug und der Burg Zug 11/1995, S. 57-59, S. 58.

¹¹⁶ Löcker, K., Reschreiter, J., Rekonstruktionsversuche zu Bastschnüren und Seilen aus dem Salzbergwerk Hallstatt, in: Both, F. (Hg.), Von der Altsteinzeit über „Ötzi“ bis zum Mittelalter. Ausgewählte Beiträge zur experimentellen Archäologie in Europa von 1990 – 2003, Oldenburg 2005, S. 233-240, S. 233f.

¹¹⁷ Klug, P., Schnittzeitpunkt bei Bäumen (2019). Auf: Arboristik – Baumpflege. http://www.arboristik.de/baumpflege_04022019.html. Zugriff: 5.4.2020.

¹¹⁸ Dafür werden die Baststreifen ins Wasser gelegt.

¹¹⁹ RAST-EICHER, Baumbaste (1995), S. 58.

¹²⁰ LÖCKER / RESCHREITER, Rekonstruktionsversuche, S. 236.

¹²¹ RAST-EICHER, Baumbaste (1995), S. 58.

3.2 Herstellungstechniken

Viele der bisher in Hallstatt geborgenen Gras- und Baumbastfunde sind nur mehr fragmentarisch erhalten, wodurch eine Aussage, ob sie Teil einer Schnur oder nur ein verdrehter Strang waren, schwierig ist.

3.2.1 Stränge

Bei der Bestandsaufnahme zeigte sich, dass die meisten Objekte aus nur einem Strang bestehen. In Bezug auf die Anzahl der Stränge lassen sich Unterschiede zwischen den Materialgruppen erkennen (Diagramm 2). Auffallend ist, dass Grasschnüre aus nur zwei Strängen gefertigt wurden. Im Gegensatz dazu sind bei den Bastschnüren auch Objekte mit drei Strängen anzutreffen, wie 16 Fragmente aus der Sammlung des NHM zeigen. Zu 29 Fragmenten konnte keine Angabe gemacht werden, da sich, wie schon erwähnt, ein Teil der Schnüre nicht im Depot befindet und auch in der Excel-Datenbank keine näheren Angaben hierzu gemacht wurden.

In diesem Kontext muss angemerkt werden, dass die Anzahl an Strängen pro Objekt keine gesicherte Aussage zum ursprünglichen Zweck dieser Objekte geben kann. So müssen die erfassten Einzelstränge nicht unbedingt als Fragment einer Schnur gedeutet werden (Abb. 24 und 25). Wenn sie auch nicht so reißfest wie eine Schnur sind, kann es durchaus möglich sein, dass sie als Bindematerial benutzt wurden. Gleichfalls müssen Reste von Grasbündeln, nicht unbedingt Fragmente einer Schnur darstellen: unter anderem könnten sie auch lose als Polstermaterial verwendet worden sein.

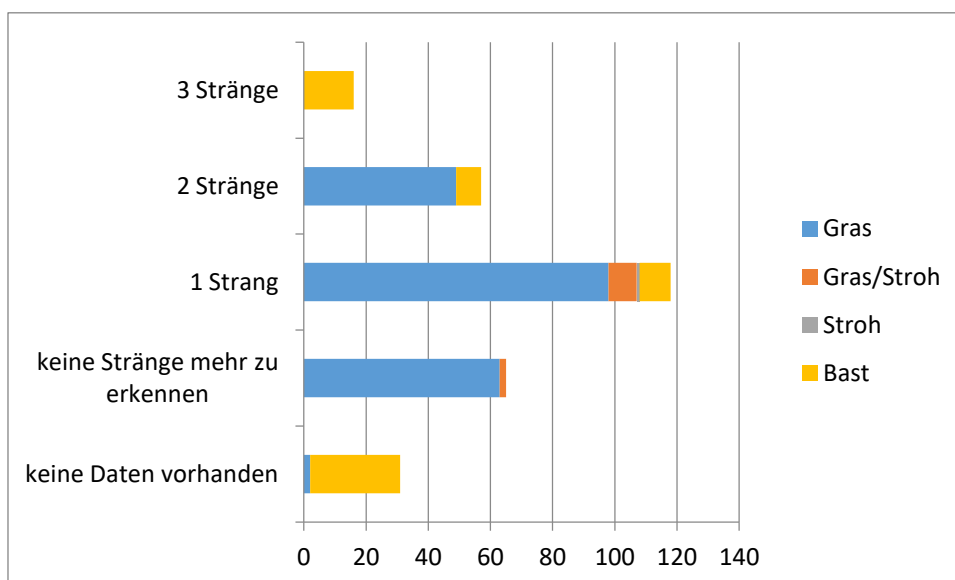


Diagramm 2 Aufteilung der Objekte nach Anzahl vorhandener Stränge



Abb. 24 leicht verdrehtes Gras/Strohbündel (Inv.Nr. 89.925), könnte als Polsterung gedient haben



Abb. 25 Grasbündel (Inv.Nr. 113.073) in keinem erkennbaren Zusammenhang

Beim Erfassen der Durchmesser der Stränge zeigt sich, dass diese zwischen 0,2 cm bis zu 3,5 cm variieren (Diagramm 3), wobei die Baststränge vermehrt einen Durchmesser unter 1 cm aufweisen. Bei einem Großteil der Objekte ist eine genaue Angabe des Durchmessers eines Stranges aufgrund ihres Zustandes nicht mehr möglich.

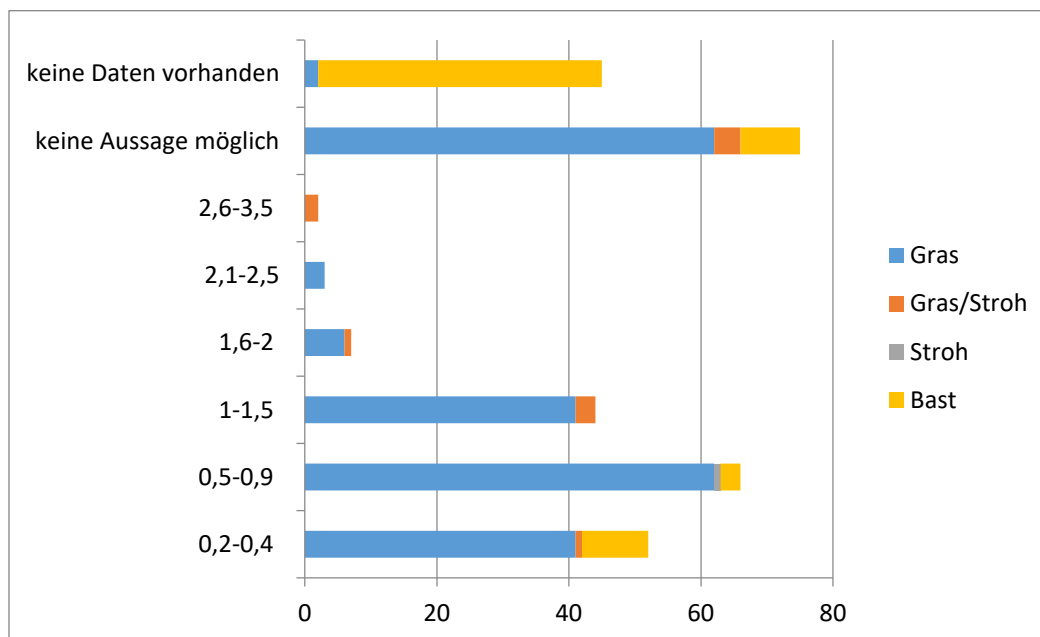


Diagramm 3 Objekte nach Durchmesser der Stränge

3.2.2 Drehung

Nach der Untersuchung der Stränge wurden die Objekte auf ihre vorhandene Drehung untersucht (Diagramm 4). Hierbei konnte bemerkt werden, dass bei den Objekten, die aus einem einzelnen Strang bestehen, der Anteil der S-gedrehten wesentlich höher, als der mit Z-Drehung. Auch bei den Schnüren ist die S-Drehung der Stränge öfter vertreten, wodurch

der Schlag zumeist in Z erfolgte. Die zweitgrößte Objektgruppe nach den S-gedrehten Strängen stellen die losen Bündel dar. Aufgrund des schlechten Zustandes dieser Gruppe ist keine Aussage möglich, ob es sich vielleicht einmal um eine Schnur oder nur um einen einzelnen verdrehten Strang gehandelt hat. Auch Rückschlüsse auf eine Drehung sind nicht möglich.

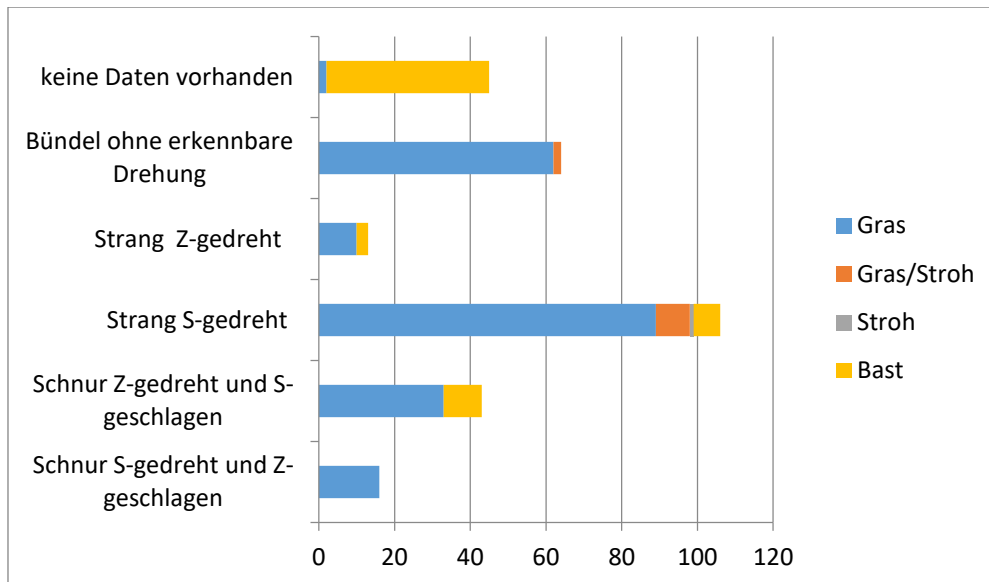


Diagramm 4 Objekte nach ihrer Herstellungstechnik gelistet

Anschließend wurden bei den erfassten Schnüren der Durchmesser gemessen (Diagramm 5). Diese variieren in einem Bereich zwischen 0,2 und 2,5 cm. Auffallend hierbei ist, dass aus Baumbast feinere Schnüre als aus Gras gefertigt wurden.

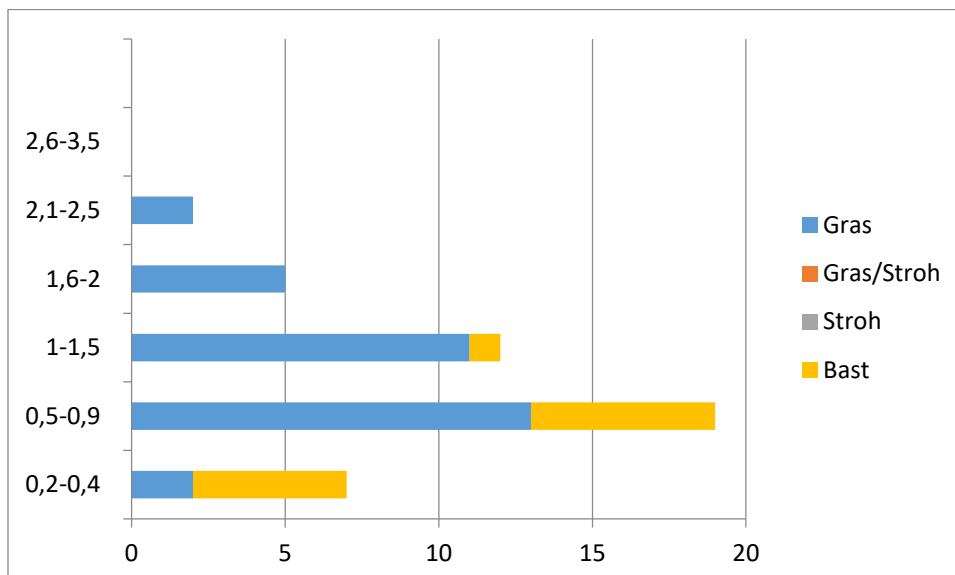


Diagramm 5 Durchmesser der Schnüre

3.2.3 Schnuranfänge

Eine hervorzuhebende Besonderheit bei den erhaltenen Funden stellt das Vorhandensein von Schnuranfängen dar. Den Anfang (Abb. 26) bildet ein Bündel Gras oder Baumbast, das

in der Mitte umgeschlagen und festgehalten wird. Von diesem werden mehrere Grasblätter beziehungsweise Baststreifen, zu mindestens zwei Strängen gefasst, welche jeweils in die gleiche Richtung verdreht werden. Zur Bildung der Schnur werden diese Stränge gleichzeitig verdreht und in die entgegengesetzte Richtung geschlagen. Dies geschieht, indem ein Strang in die Hand genommen, verdreht und in die entgegengesetzte Richtung geschlagen wird. Anschließend erfolgt dieser Vorgang mit dem nächsten Strang. Dies wird so lang unter Zugabe von neuen Grasblättern wiederholt, bis die erwünschte Länge der Schnur erzielt wurde (Abb. 27).



Abb. 26 Anfang einer stark aufgedrehten Grasschnur (Inv.Nr. 121.707)

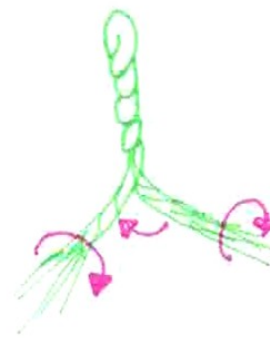


Abb. 27 ein Grasbündel wird in der Mitte umgelegt und mit zwei S-gedrehten Strängen in Z-Richtung zu einer Schnur geschlagen

Es wurden bisher 30 solcher Schnuranfänge bei den Grasobjekten entdeckt.

Jedoch ist nicht außer Acht zu lassen, dass diese als Anfänge von Schnüren gedeuteten Fragmente möglicherweise einem anderen Zweck gedient haben könnten (Abb. 28).

Bei einer ähnlichen Technik, die auch heute noch vereinzelt beim Garbenbinden (Abb. 29) in der Landwirtschaft angewendet wird, wird ein Grasbündel auf ähnliche Art verdreht und umgelegt. Dies ist die einfachste Art ein Bindematerial herzustellen. Hier wird ein leicht verdrehtes Grasbündel, um das zu Bindende geführt und anschließend beide Enden zusammengefasst und gemeinsam solange gedreht, bis diese einschnappen und in der Drehrichtung umspringen. Dieser eingeschnappte Teil, der dem oben beschriebenen Schnuranfang gleicht, wird zur Befestigung anschließend unter das Bindematerial der Garbe geschoben. Die Vorteile dieser Methode sind die einfache Herstellung und beim Garbenbinden das Vorhandensein des benötigten Materials vor Ort. Jedoch ist diese Bindung nicht sehr stabil und somit nicht von Dauer.¹²² Aufgrund der Vielzahl an aufgefundenen sogenannten Schnuranfängen, kann angenommen werden, dass diese Bindemethode auch im Bergwerk Anwendung fand, wie etwa um Werkzeug oder Leuchtpäne für den Transport zu bündeln.

¹²² Hösel, D., Garben binden wie anno dazumal (2017), in: erzgebirge.tv.
<https://www.erzgebirge.tv/2017/09/garben-binden-wie-anno-dazumal/>. Zugriff: 7.12.2019.



Abb. 28 Anfang einer Grasschnur oder verdrehtes Ende einer Bündelschnürung (Inv.Nr. 93.800)

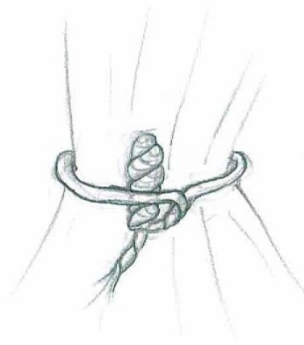


Abb. 29 Skizze einer Garbenbindung

Des Weiteren wurde bei einer Schnur ein sogenanntes Schloss gefunden (Abb. 30 und 31). Dabei wird der Anfang der einen Schnur durch die Anfangsschleife einer anderen geführt und anschließend wird jede Schnur für sich selbst fertig gestellt. Mit dem Schloss kann also eine zweite Schnur mit dem Anfang einer anderen Schnur verbunden werden.



Abb. 30 Schnur mit sogenanntem Schloss als Verbindungselement (Inv.Nr. 94.015)



Abb. 31 Skizze eines Schlosses

3.2.4 Knoten und andere besondere Merkmale

Zusätzlich sind bei den Grasobjekten 64 und bei den Bastobjekten 25 Knoten bekannt. Unter Knoten wird ein Verschlingen von Strängen bzw. Schnüren verstanden. In der Sammlung handelt es sich meist um den einfachen Knoten¹²³ (Abb. 32 und 33). Dieser entsteht durch das Verschlingen einer Schnur oder Stranges. Aber auch der sogenannte Altweiberknoten und Variationen davon sind vertreten (Abb. 34 und 35). Der Altweiberknoten besteht aus zwei Schnüren bzw. Schnurenden, die sich jeweils zweimal kreuzen, beziehungsweise zwei Halbknoten bilden. Diese Knotenvariante lässt sich leicht wieder lösen.¹²⁴

¹²³ Auch unter gewöhnlicher Knoten, Überhandknoten und halb Schlag bekannt. Siehe: Günzl, P./ Brandstätter, M./ Höfer, R., Segeln. Der neue Kurs. Wien 2010, S. 99.

¹²⁴ Ashly, C., The Ashley Books of Knots, New York 1944, S. 258.



Abb. 32 Grasbündel (Inv.Nr. 113.538) mit einfachem Knoten



Abb. 33 Skizze eines einfachen Knotens



Abb. 34 zwei mit Altweiberknoten verbundene Grasschnurfragmente (Inv.Nr. 113.651)



Abb. 35 Skizze des Altweiberknotens (links), Variation des Altweiberknotens (rechts)

Zwei Objekte sind in Ringform erhalten. Bei dem Objekt mit der Inv.Nr. 80.749 (Abb. 36) wurde eine Grasschnur vermutlich zunächst um ein Gebinde geführt und anschließend zum Befestigen in seine Anfangsschleufe gesteckt. Bei Objekt mit der Inv.Nr. 93.051 wurde das Schnurende durch die S-gedrehte Anfangsschleufe geführt (Abb. 37). Jedoch wurden nach der Anfangsschleufe beide Stränge wieder zu einem Strang zusammengeführt und gemeinsam in S-Richtung weiterverdreh.



Abb. 36 Inv.Nr. 80.749 vollständiger Ring mit Knoten

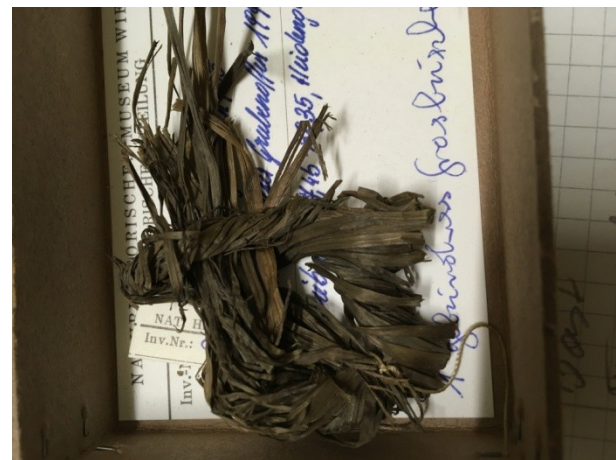


Abb. 37 Inv.Nr. 93.051 Grasgarn mit Ring/Schleufe

3.3 Fünf Gras- und Baumbastfunde aus der Grabungskampagne 2019

Die fünf Gras- und Baumbastobjekte aus der Grabungskampagne 2019 wurden noch nicht inventarisiert. Aufgrund dessen werden sie hier gesondert erfasst.

Das Material dieser Funde wurde anhand histologischer Präparate¹²⁵ ermittelt. Dabei zeigte es sich, dass die FN: 19.012¹²⁶, FN: 19.104¹²⁷, FN: 19.217¹²⁸ höchstwahrscheinlich aus Grasblättern, die der Familie der Riedgräser (Abb. 38) zuzuordnen sind, gefertigt wurden. Die FN: 19.143¹²⁹ weist hingegen neben den Riedgräsern auch höchstwahrscheinlich Grasblätter aus der Familie der Süßgräser auf (Abb. 39). Die FN: 19.277 beinhaltet Grasblätter aus der Familie der Riedgräser und Baumbaststreifen¹³⁰ (Abb. 40).



Abb. 38 P2 (FN: 19.012),
Riedgrasblatt bei 100facher
Vergrößerung

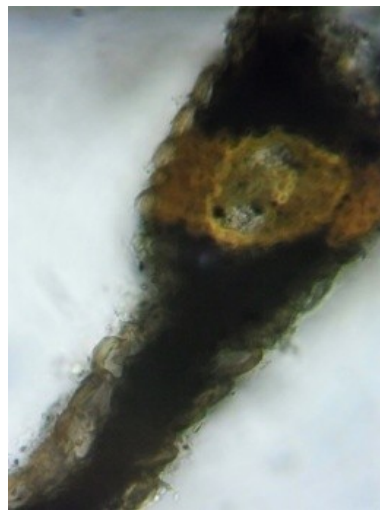


Abb. 39 P9 (FN: 19.143),
Süßgrasblatt bei 400facher
Vergrößerung



Abb. 40 P16 (FN: 19.277),
Baumbast bei 400facher
Vergrößerung

In Tabelle 2 sind die fünf Funde mit ihren Maßen aufgelistet.

Die FN: 19.012 (Abb. 41) und 19217 (Abb. 44) sind fragmentarisch erhaltene Schnüre, deren Anfangsschleife noch erhalten ist. Beide wurden aus zwei Strängen mit S-Drehung, die in Z-Richtung geschlagen wurden, gefertigt. Die FN: 19.104 (Abb. 42) besteht aus drei Strangfragmenten, die eine leichte S-Drehung aufweisen. Bei der FN: 19.143 (Abb. 43)

¹²⁵ Die naturwissenschaftlichen Untersuchungen wurden am Institut für Konservierung und Restaurierung (Leitung: o. Univ.-Prof.Mag.Dr. Gabriela Krist) in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt.

¹²⁶ Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Probenprotokoll Pr. 1-2, Anhang I Mikroskopische Untersuchung von archäologischen Gras-Baumbastobjekte.

¹²⁷ Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Probenprotokoll Pr. 3-6, Anhang I Mikroskopische Untersuchung von archäologischen Gras-Baumbastobjekte.

¹²⁸ Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Probenprotokoll Pr. 10-12, Anhang I Mikroskopische Untersuchung von archäologischen Gras-Baumbastobjekte.

¹²⁹ Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Probenprotokoll Pr. 7-9, Anhang I Mikroskopische Untersuchung von archäologischen Gras-Baumbastobjekte.

¹³⁰ Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Probenprotokoll Pr. 13-18, Anhang I Mikroskopische Untersuchung von archäologischen Gras-Baumbastobjekte.

handelt es sich um zwei Strangfragmente, die miteinander verbunden sind. Ein Garn wurde in der Mitte umgebogen und in S-Richtung verdreht, durch deren Anfangsschleife wurde vermutlich ein weiteres dünneres Garn mit S-Richtung geführt, jedoch lässt sich dies nicht mehr eindeutig nachvollziehen, da hier viele Grasblätter mit Bruchkanten vorliegen.

Die letzte FN: 19.277 (Abb.45) ist schwer einem Objekt zuzuordnen, da hier keine erkennbare Technik vorhanden ist. Möglicherweise hat es sich hierbei um eine Polsterung gehandelt.

Tabelle 2 fünf Gras- und Baumbastfunde aus der Grabungskampagne 2019 mit ihren Maßen

FN: 19.012 Grasschnur	 Abb. 41 Grasschnur	Maße: Länge: 17,2 cm Ø des Strangs: 0,4 cm Ø der Schnur: 2,0 cm Gewicht: 0,91 g
FN: 19.104 Grasstränge	 Abb. 42 drei Grasstrangfragmente	Fragment 1: Maße Länge: 14,4 cm Ø des Strangs: 4,1 cm Gewicht: 6,3 g Fragment 2: Maße Länge: 12,2 cm Ø des Strangs: 1,3 cm Gewicht: 1,2 g Fragment 3: Maße Länge: 4,8 cm Ø des Strangs: 0,8 cm Gewicht: 0,2 g

FN: 19.143 Grasstränge	 Abb. 43 zwei miteinander verbundene Grasstränge	Maße: Länge: 44,0 cm ø vom Strang 1: 2,1 cm ø vom Strang 2: 1,2 cm Gewicht: 10,3 g
FN: 19.217 Grasschnur	 Abb. 44 Grasschnur	Maximalmasse: 19,5 cm x 11,0 cm (LxB) ø des Strangs: 2,0 cm Gewicht: 62,8 g
FN: 19.277 Gras- und Baumbast- streifen	 Abb. 45 Gras- und Baumbaststreifen	Maße: 20,1 cm x 10,1 cm x 3,4 cm (LxBxH) Gewicht: 30,0 g

4 Erhaltungszustand und Schäden

Organische Materialien überdauern nur in Ausnahmefällen Jahrtausende. Natürliche Abbauprozesse setzen unter atmosphärischen Normalbedingungen sofort ein, indem ihre Makromoleküle aufgespalten werden und sich in Nährstoffe und Mineralien umwandeln. Somit müssen bestimmte Faktoren, wie Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Temperatur, Licht, Tannine, Salze und Feuchtigkeit zusammenspielen, damit organische Artefakte Jahrhunderte bzw. Jahrtausende überhaupt bestehen bleiben.¹³¹ Aufgrund dessen sind viele Materialien, mit denen die urzeitlichen Menschen arbeiteten, nicht mehr vorhanden und somit für die Wissenschaft nicht erfassbar. In unseren Breiten bestehen archäologische Funde meist aus Metall, Keramik, Stein und Glas.¹³² Barth verweist darauf, dass „[...] mehr als neunzig Prozent der hergestellten und benutzten Gegenstände, Gerätschaften und Kleider aus organischen Materialien, wie Holz, Bast, Rinde, Pflanzenfasern, Stroh, Tierhäuten oder –haaren usw. angefertigt worden sind, [...]“.¹³³ Falls sich durch günstige Bedingungen organisches Material erhalten hat, ist zu beachten, dass es aufgrund des Fundmilieus zu einer natürlichen Selektion kommt. Wenn die Umgebung ein alkalisches Milieu aufweist, erhalten sich nur die pflanzlichen Materialien. Hingegen bleiben in einem sauren Milieu nur die tierischen Materialien bestehen. In nur wenigen Ausnahmen können beide Materialgruppen erhalten bleiben. Ebenso sind vollständige Objekte nur selten vorhanden, meist liegen sie nur mehr in Form von Fragmenten vor.¹³⁴ Pflanzliche Objekte aus Gras oder Baumbast können in einem archäologischen Kontext nur unter ganz bestimmten Bedingungen erhalten bleiben, weshalb sie selten anzutreffen sind (siehe Tabelle 3).

¹³¹ Rodgers, B. A., the archaeologist's manual for conservation. A guide to non-toxic, minimal intervention artifact stabilization, New York (u.a.) 2004, S. 163f.

¹³² BARTH / LOBISSER, Erbe (2002), S.12f.

¹³³ BARTH / LOBISSER, Erbe (2002), S.12f.

¹³⁴ GRÖMER, Textilkunst (2010), S. 30ff.

Tabelle 3 Bedingungen, in denen sich organisches Material erhält, nach Grömer (2010)¹³⁵

Erhaltungsmöglichkeiten	Prozess	organisches Material
Metallkorrosion	Lösliche Metallsalze dringen durch Feuchtigkeitseinfluss in die Faserstruktur ein, durch chemische Verbindungen wird das organische Fasermaterial vollständig abgebaut und gleichzeitig durch die Produkte der Metallkorrosion ersetzt.	Die Form bleibt als Abdruck erhalten und vermittelt Information über die Herstellungstechnik aber auch teilweise über das Material.
Wüste	Durch eine extrem trockene Umgebung werden organische Materialien konserviert.	In der Wüste können sowohl tierische als auch pflanzliche Fasern erhalten bleiben.
Salz	Salz besitzt eine toxische Wirkung auf Mikroorganismen, durch den osmotischen Druck wird ihnen Wasser entzogen, wodurch ihnen die Nahrungsgrundlage fehlt und Abbauprozesse verlangsamt werden.	Im Salz werden sowohl tierische als auch pflanzliche Materialien erhalten.
Feuchtbodensiedlungen	Der Grund des Sees ist von Ablagerungen (Seekreide) bedeckt, welche ein alkalisches Milieu bedingen, geringer Sauerstoff verlangsamt den Oxidationsprozess.	In Feuchtbodensiedlungen erhält sich pflanzliches Material.
Eis	Eine Kombination von tiefen Temperaturen und Trockenheit, welche die natürlichen Abbauprozesse verlangsamen, führt zu Erhaltung der Materialien.	Sowohl pflanzliches als auch tierisches Material erhält sich im Eis.
kalkreiches Niedermoor	Sauerstoffmangel kombiniert mit Feuchtigkeit verhindert den oxidativen Abbauprozess.	Kalkreiches Niedermoor liegt im alkalischen Bereich, wodurch sich pflanzliche Materialien erhalten.
Inkohlung	Unter Luftabschluss bei starker Hitze kommt es zu einer Inkohlung und Verringerung der flüchtigen Bestandteile hin zu Kohlenstoff. Die Fasern sind meist in geschrumpfter Form erhalten.	Sowohl pflanzliches als auch tierisches Material erhält sich durch Inkohlung.

Pflanzliche Materialien erhalten sich nur in sehr spezifischem Umfeld über Jahrhunderte, so unter anderem auch im Salz. Neben den konservierenden Eigenschaften von Natriumchlorid kommen im prähistorischen Salzbergwerk ebenfalls die niedrigen Temperaturen sowie der Sauerstoffmangel zum Tragen, die zusätzlich zu einer Verlangsamung des Abbauprozesses beisteuern. Durch einen neutralen pH-Wert von 7, können sich in dieser Umgebung tierische

¹³⁵ GRÖMER, Textilkunst (2010), S. 33-40. Grömer bezieht sich nur auf die Erhaltungsbedingungen von organischem Material auf die Region von Mitteleuropa, zu trockenes Milieu (Wüste), siehe: Rast-Eicher, A., Fibres. Microscopy of archaeological textiles and furs, Budapest 2016, S. 15, zum Erhaltungsprozess unter Salz siehe: KOWARIK / RESCHREITER, Wertvoller (2008), S.18f.

wie auch pflanzliche Erzeugnisse erhalten.¹³⁶ Dieses Zusammenspiel der Erhaltungsfaktoren ermöglicht einen differenzierten Einblick in den Umgang mit verschiedenen Materialien bzw. Gegenständen der damaligen Zeit. Aus den Diplomarbeiten von Gengler¹³⁷ und Miller¹³⁸ geht der gute Erhaltungszustand der organischen Objekte hervor, die nach der Entsalzung noch eine hohe Flexibilität aufweisen.

Rast-Eicher hält fest, dass sowohl Flax als auch Wolle in Salz sehr gut erhalten bleiben. Sie weisen keine Schrumpfungen auf und ihre Farben werden bewahrt. Bei Bastfasern hingegen ist an der Oberfläche eine Degeneration ersichtlich. Beim Baumbast aus dem prähistorischen Salzbergwerk Hallstatt lassen sich auch Schäden durch Abbauprozesse feststellen, wie sie beim Rotten gezielt gefördert werden.¹³⁹

4.1 Zustandserfassung und Zustandskategorisierung der Gras- und Baumbastfunde im Depot des NHM

Eine Zustandsanalyse der gelagerten Schnüre im NHM soll einen Gesamtüberblick verschaffen, um Informationen über die häufigsten Schäden zu sammeln und um mögliche konservatorische Maßnahmen daraus zu konzipieren.

Um den Zustand der Gras- und Baumbastobjekte zu klassifizieren, wurden vier Zustandskategorien definiert. Die Einteilung erfolgte nach optischen Kriterien wie vorhandene Auflagen, Salzausblühungen, Deformierungen, lose / vereinzelte Fragmente, Verlust von Drehung und Brüchigkeit.

Kategorie 1

Objekte, die in diese Kategorie fallen zeigen einen guten Erhaltungszustand auf. Sie sind im Vorfeld alle erfolgreich entsalzt worden und zeigen daher nur wenige Auflagen von Salz, Gips oder Lehm auf. Exemplarisch für diese Kategorie steht ein Bastschnurfragment (Inv.Nr. 113.217) bei welchem die Drehung besonders gut erhalten ist (Abb. 46). Bei einem weiteren Objekt (Inv.Nr. 125.498), ist ein Knoten welcher zwei Grasbündel verbindet in seiner Form und Technik noch gut lesbar (Abb. 47). Wie bei den anderen Objekten dieser Kategorie, sind die einzelnen Blätter und Streifen noch flexibel und weisen daher kaum Brüche oder lose Bruchstücke¹⁴⁰ auf.

Da hier keine akute Substanzgefährdung, vorliegt, sind keine weiteren konservatorischen Maßnahmen erforderlich.

¹³⁶ GRÖMER, Textilkunst (2010), S. 34f.

¹³⁷ GENGLER, Textilien (2005), S. 91.

¹³⁸ Miller, D.v., Mit Haut und Haaren. Prähistorische Haut- und Lederfragmente aus dem Salzbergwerk Hallstatt. Bergung – Konservierung – Lagerung, Dipl. Arb., Universität für angewandte Kunst Wien, Wien 2006.

¹³⁹ RAST-EICHER, Fibres (2016), S. 48

¹⁴⁰ Unter Bruchstück wird in diesem Kontext ein Teil eines einzelnen, fragmentarisch erhaltenen Grashalmes, -blattes bzw. Baststreifens gesehen, der in keinem nachvollziehbaren Zusammenhang zum Garn bzw. Schnur steht.



Abb. 46 Bastschnurfragment (Inv.Nr. 113.217)



Abb. 47 Zwei Grasbündel mit Altweiberknoten (Inv.Nr. 125.498)

Kategorie 2

Objekte dieser Kategorie sind ebenfalls alle entsalzt, weisen jedoch noch einige Auflagen auf. Sie zeigen Formveränderungen wie Deformierungen und Knicke auf. Bei Schnüren und Stränge in dieser Kategorie ist eine Drehung noch vorhanden, doch ist eine Auflösung dieser, vor allem an den Enden, wie bei der Grasschnur (Inv.Nr. 89.812) schon erkennbar (Abb.48). Durch abnehmende Flexibilität brechen die Blätter und Streifen leichter, so sind einzelne Bruchstücke und lose Bestandteile vorhanden. Ein Beispiel hierfür stellt eine Grasschnur (Inv.Nr. 114.054) dar, bei welcher die Drehung sich leicht gelöst hat, einzelne Bruchstücke liegen bei. (Abb. 49).

Objekte, die in diese Kategorie fallen, bedürfen nur kleiner konservatorischer Eingriffe wie Sicherungsmaßnahmen oder Verbesserung der Lagerungsbedingungen, um einen weiteren Substanzverlust zu vermeiden.



Abb. 48 Grasschnur (Inv.Nr. 89.812), leicht aufgedreht



Abb. 49 Grasschnur (Inv.Nr. 114.054) leicht aufgedreht mit einigen wenigen losen Bruchstücken

Kategorie 3

Objekte der Kategorie 3 weisen trotz Entsalzung erkennbare Auflagerungen von Sedimenten bzw. Salzen auf. Sie liegen in einem fragilen Zustand vor, so dass der noch bestehende Zusammenhalt der Drehung und damit die Information über die Herstellung bzw. Verwendung, verloren zu gehen drohen. Dies ist unter anderem bei einer Baumbastschnur (Inv.Nr. 90.567) welche schon sehr stark aufgedreht ist und an den Enden die Verdrehung

schon komplett verloren ist, gut ersichtlich (Abb. 50). Zu den Auflagerungen und Deformationen fallen in dieser Kategorie auch die lagerungsbedingten Schäden wie zum Beispiel Verfärbungen aufgrund von Korrosionsprodukten hinzu. Beim Grasfund (Inv.Nr. 114.549) ist kaum noch ein Zusammenhang erkennbar, eine vorhandene Drehung ist fast bis zur Gänze verloren gegangen. Verfärbungen durch Rosten von Stecknadeln welche zur Sicherung des Objektes an einer Ethafoamplatte benutzt wurden, sind gut erkennbar (Abb. 51).

In dieser Kategorie sind konservatorische Maßnahmen in Form von Sicherungen und Lagerungsverbesserung erforderlich, da eine deutliche Substanzgefährdung vorliegt.

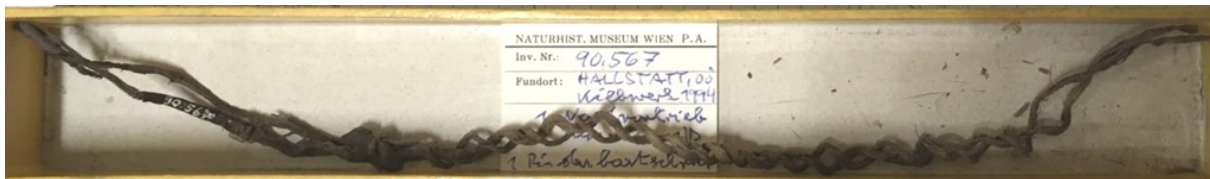


Abb. 50 Stark aufgedrehte Baumbastschnur (Inv.Nr. 90.567)



Abb. 51 Verfärbungen durch Korrosion von Stecknadeln (Inv.Nr. 114.549)

Kategorie 4

In diese Kategorie fallen einerseits Objekte, bei denen sehr viele Auflagerungen sowie Salze ersichtlich sind. Sie wurden nicht entsalzt und sind mit dem anhaftenden Haselgebirge, zum Teil noch als Fundkomplex gelagert. Die Grasschnur mit der Inv.Nr. 113.336 ist nicht entsalzt und wird mit Auflagerungen und Nebenfunden gelagert. Dieser Zustand dokumentiert zwar die Auffindungssituation, jedoch ist das Objekt durch die Verhärtung der Auflagerungen und der Auskristallisierung des Salzes besonders, vor allem durch mechanische Schäden, gefährdet. Auch kann in dem Zustand die Schnur nicht auf ihre Eigenschaften und Herstellungstechniken genauer untersucht werden (Abb. 52).

Andererseits fallen in diese Kategorie auch Funde, welche nur mehr als lose Bruchstücke ohne Zusammenhalt vorliegen, wodurch keine Aussage mehr über ihre ursprüngliche Form und Funktion gemacht werden kann. Als Beispiel für diesen Erhaltungszustand wäre das Grasschnurfragment mit der Inv.Nr. 11.560 zu nennen, welches nur noch als Ansammlung

von Bruchstücken erhalten ist. Herstellungstechnik wie Drehung oder Anzahl von Strängen ist bei Objekten dieser Zustandskategorie nicht mehr ersichtlich (Abb.53).

In dieser Kategorie ist der Substanzverlust zum Großteil schon eingetreten. Es müssen hier dringend Maßnahmen zur Sicherung gesetzt werden. Vor allem die Lagersituation sollte verbessert werden. Bedacht werden muss natürlich, dass es bei einigen Funden explizit erwünscht ist sie unbehandelt mit Heidengebirge zu lagern, um die Fundsituation zu dokumentieren. In diesem Fall soll natürlich keine Entsalzung durchgeführt werden. Trotzdem kann auch bei diesen Objekten anhand von Stützbehelfen die Lagerungssituation verbessert werden.



Abb. 52 Nicht entsalztes Grasschnur mit Heidengebirge (Inv.Nr. 113.336)



Abb. 53 Grasschnurfragment (Inv.Nr. 11.560) mit starken Auflagen, viele lose Einzelblätter ohne ersichtlichen Zusammenhalt

Auswertung der Zustandsanalyse

Nach Einteilung der erfassten Objekte in eine der vier Zustandskategorien und Eintragung in die erweiterte Excel-Liste, konnten die Ergebnisse in Form eines Diagramms dargestellt werden (Diagramm 6). Die größte Gruppe stellt die zweite Kategorie, mit 80 Funden dar. Die wenigsten Funde befinden sich in einem guten Erhaltungszustand (Kategorie 1).

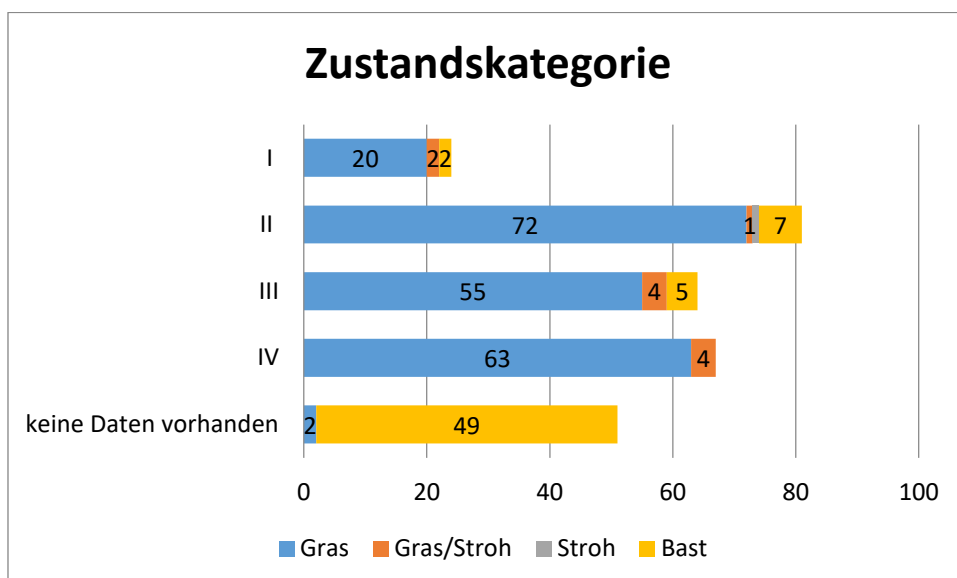


Diagramm 6 Objektgruppen nach Zustandskategorie

4.2 Morphologie der Pflanzenzellen

Um die Eigenschaften und in Folge auch die Schadenphänomene und –ursachen von Gras und Baumbast erläutern zu können, wird in diesem Kapitel auf den Aufbau und die Bestandteile von Pflanzen eingegangen. Die Eigenschaften der jeweiligen Pflanzenteile variieren aufgrund ihrer unterschiedlichen Zellen und deren Anordnung. Jedoch ist der Aufbau einer Pflanzenzelle in seiner Grundstruktur bei allen Pflanzen gleich. Die Pflanzenzelle weist mindestens eine Zellwand auf, die sich zum größten Teil aus Cellulose zusammensetzt. Diese besteht aus einer Mittellamelle aus Pektinen und Proteinen, sowie jeweils einer Primärwand an den Außenseiten. Pflanzenzellen, die für die Stabilität der Pflanzenfaser sorgen, können eine zweite oder sogar dritte Zellwand aufweisen. Zusammengehalten werden die Zellen durch Pektin, Hemicellulose und Lignin.¹⁴¹

Die kleinste Einheit der Zellwände (Abb. 54) von Pflanzenfasern wird von Elementarfibrillen (e), welche aus 40 bis 50 Celluloseketten bestehen, gebildet. 5 bis 20 solcher Elementarfibrillen werden zu Mikrofibrillen (d) formatiert, 10 bis 20 davon bündeln sich zu einer Makrofibrille (c).¹⁴²

Die Bündelung der Makrofibrillen (Abb. 55) entsteht durch Verbindung von Cellulosemikrofibrillen mit der Hemicellulose über Wasserstoffbrücken. Ebenfalls über Wasserstoffbrücken werden Pektine mit den Cellulosemikrofibrillen und der Hemicellulose verbunden. Untereinander verbinden sie sich über die Kalziumkationen (Ca^{3+} Ionen). Strukturproteine sind ebenfalls bei der Bildung von Makrofibrillen beteiligt, sie setzen sogenannte Klammern zwischen Mikrofibrillen.¹⁴³

¹⁴¹ FLORIAN, Deterioration (1987), S. 23f.

¹⁴² FLORIAN, Deterioration (1987), S. 25f.

¹⁴³ Mendel, R.-R., Zellbiologie der Pflanzen, Stuttgart Ulmer 2011, S. 126.

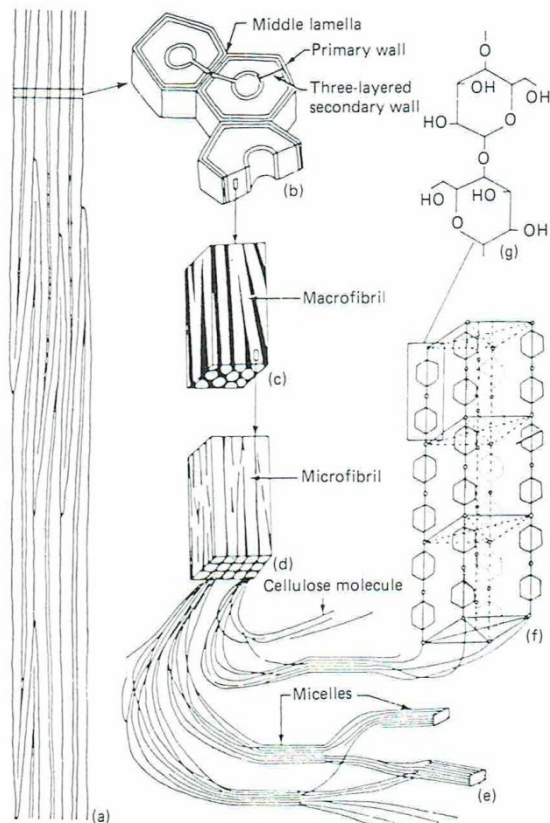


Abb. 54 Morphologischer Aufbau von Pflanzenfasern

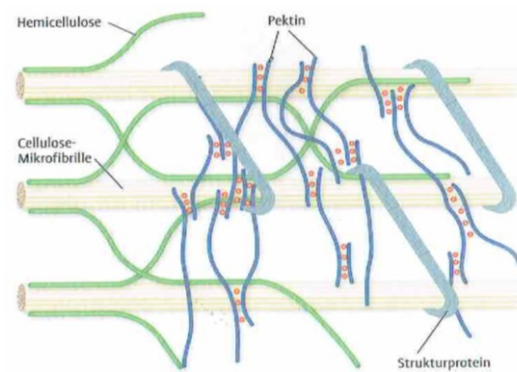


Abb. 55 Bildung der Makrofibrille

Der Hauptbestandteil einer jeder Pflanzenzelle ist Cellulose, ein Polysaccharid, welches aus mehreren Glucose-, beziehungsweise Cellobiose-Einheiten, aufgebaut ist. Diese liegen in einer sechseckigen Formation vor, bestehend aus fünf Kohlestoffatomen und einem Sauerstoffatom. Die Hydroxylgruppen befinden sich außerhalb des Ringes, somit ist das Zentrum des ansonsten polaren Polymers¹⁴⁴ unpolar.¹⁴⁵

Die einzelnen Glukoseeinheiten gehen eine kovalente Bindung über das Sauerstoffatom vom Kohlenstoffatom (C1) mit dem Sauerstoffatom vom Kohlenstoffatom (C4) der zweiten Einheit ein. Daraus resultiert die für Cellulose typische β -1,4-glycosidische Bindung (Abb. 56), welche eine lineare Molekülstruktur bildet. Bei dieser Bindung wird aus den zwei Hydroxylgruppen ein Wassermolekül freigesetzt. Kommt es zu einer Reaktion mit Wasser, setzt das Wassermolekül an dieser Stelle an und spaltet die kovalente Bindung. Dieser Vorgang wird als Hydrolyse bezeichnet und stellt einen Abbauprozess dar.¹⁴⁶

¹⁴⁴ Florian, M.-L.E., Chemistry and Structure of the Cell Wall. In: Florian, M.-L.E. / Kronkright, D.P. / Norton, R.E., The Conservation of Artifacts Made from Plant Materials, Princeton 1992, S. 20-26, S. 20.

¹⁴⁵ Brückle, I., Struktur und Eigenschaften von trockenem und nassem Papier, in: Banik, G. / Brückle, I. (Hg.), Papier und Wasser. Ein Lehrbuch für Restauratoren, Konservierungswissenschaften und Papiermacher, München 2011, S.89-128, S. 91-93.

¹⁴⁶ BRÜCKLE, Papier (2011), S. 91-93.

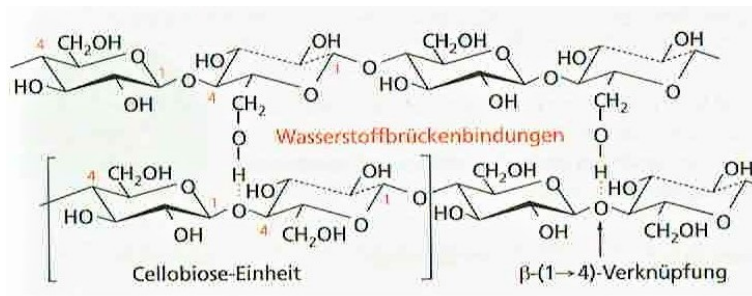


Abb. 56 Struktur der Cellulose

Je mehr Glukoseeinheiten zu einer Cellulosekette, auch als Micellen bezeichnet, verbunden sind, umso höher ist der Polymerisationsgrad. Dieser kann von 2500 bis 7000 betragen¹⁴⁷ und begründet die Festigkeit, welche je nach Pflanzenart bzw. Pflanzenteil variiert. Neben den kovalenten Bindungen werden auch Wasserstoffbrückenbindungen über die noch freien Hydroxylgruppen (es sind drei) mit benachbarten Molekülketten eingegangen. Diese geben dem Molekül axiale Steifigkeit.¹⁴⁸

Die Cellulose weist sowohl kristalline als auch amorphe Bereiche auf. In den amorphen Bereichen liegen die Celluloseketten kreuz und quer ohne größere Struktur, sie geben der Pflanze Flexibilität. Gleichzeitig fördern sie das Quellverhalten, und chemische Reaktionen laufen in diesen Bereichen schneller ab. Im kristallinen Bereich sind die langen Celluloseketten dicht aneinander gereiht und verleihen der Pflanze Steifigkeit.¹⁴⁹

Im amorphen Bereich an der Oberfläche der Cellulosemikrofibrillen kommt Hemicellulose als weichelastische Komponente vor und tritt ebenfalls im Verbund mit Lignin in den Zellwänden sowie in der Mittellamelle auf.¹⁵⁰

Hemicellulose ist ein Polysaccharid und der Cellulose im Aufbau sehr ähnlich. Sie ist ebenfalls durch die β -1,4-glycosidische-Bindung linear miteinander verbunden, weist aber wesentlich mehr Verzweigungen auf. Der große Unterschied zur Cellulose besteht darin, dass die Hemicellulose nicht nur aus einem Monomer besteht, sondern aus mehreren. Unter anderem aus Glucose, Mannose, Arabinose und Xylose. Ebenso ist sie niedermolekular, sie weist somit einen wesentlich geringeren Polymerisationsgrad als Cellulose auf, von nur 50-100. Des Weiteren besitzt sie neben einer Hydroxylgruppe andere funktionelle Gruppen wie Methoxy-, Carboxyl- und Acetylgruppen.¹⁵¹

Hemicellulose mildert aufgrund ihrer weichelastischen Beschaffenheit interne Spannungen in den Cellulosefibrillen und erhöht die Zugfestigkeit. Sie ist hygroskopisch und im Vergleich zu Cellulose ist sie mit Wasser stärker quellbar. Trocknet sie aus, wird sie spröde.¹⁵²

¹⁴⁷ Ernst, Ch., u.a. (Hg.), Duden. Chemie. 5. Bis 10. Klasse, Berlin 2014, S. 267.

¹⁴⁸ BRÜCKLE, Papier (2011), S. 91-93.

¹⁴⁹ FLORIAN, Cell Wall (1992), S. 20.

¹⁵⁰ Brückle, I., Stoffaufbereitung, in: Banik, G. / Brückle, I. (Hg.), Papier und Wasser. Ein Lehrbuch für Restauratoren, Konservierungswissenschaften und Papiermacher, München 2011, S.129-154, S. 132-134.

¹⁵¹ BRÜCKLE, Stoffaufbereitung (2011), S. 132-134.

¹⁵² BRÜCKLE, Stoffaufbereitung (2011), S. 132-134.

Lignin kommt gemeinsam mit Hemicellulose und Pektin in der Zellwand und der Mittellamelle vor. Es ist für das aufrechte Wachstum der Pflanzen erforderlich. Sein Anteil unterscheidet sich je nach Pflanzenart¹⁵³ und Pflanzenteil stark.¹⁵⁴

Lignin ist ein aromatischer Kohlenwasserstoff und ist in Wasser unlöslich. Es besitzt daher eine geringere hygroskopische Eigenschaft als Cellulose und Hemicellulose.¹⁵⁵ Lignin ist gegenüber Alkalien nicht gut beständig.¹⁵⁶

Pektin, sowie Hemicellulose und Lignin sind für den Zusammenhalt und die Festigkeit der Cellulosestruktur erforderlich und stellen den Hauptbestandteil des sogenannten Pflanzenleims dar. Pektin ist hauptsächlich in der Mittellamelle und der Primärzellwand vorhanden und unterscheidet sich stark nach Pflanzenart. In Blättern ist Pektin von großer Wichtigkeit für den Gewebezusammenhalt. Das Kollenchym, das Festigungsgewebe der Pflanze, weist einen Pektinanteil bei Trockengewicht von bis zu 45% auf, bei Rinde bis zu 7% und bei Holz zwischen 0,5 und 1,5%.¹⁵⁷

Pektin ist ein säurehaltiges lineares Polymer. Im warmen Wasser ist es löslich, ebenso im warmen Glycerol. Es wird durch den Einsatz von Ethanol und Aceton fest, wodurch es seine Fähigkeit zur Wasseraufnahme verliert.¹⁵⁸

4.3 Schäden und Schadensursachen an den fünf Gras und Baumbastschnüren aus Hallstatt

Verschiedene Abbauprozesse, wie etwa die photochemische, physikalische, chemische und biologische, sowie mechanische Schadensfaktoren und ihre Wechselwirkungen miteinander, spielen beim Abbau und Schädigung von Pflanzenmaterial eine Rolle.¹⁵⁹

Prinzipiell lassen sich die dokumentierten Schäden auf fünf verschiedene Ursachen zurückführen. Auf diese wird im Folgenden anhand der fünf Gras- und Baumbastfunde aus der Grabungskampagne 2019 näher eingegangen.

4.3.1 Schäden durch Gebrauch

Erste Schäden an den prähistorischen Gras- und Baumbastschnüre erfolgten vermutlich schon während ihres Gebrauches. Hierzu zählen vor allem mechanische Schäden wie Abriebspuren, Risse und Brüche. Somit sind einige fragmentarische Erhaltungszustände der Schnüre auf ihre Verwendung durch die prähistorischen Bergleute zurück zu führen. Es ist

¹⁵³ Im Gegensatz zu Holz, wo der Anteil zwischen 19 und 30% liegt, ist Lignin zum Beispiel in Samenfasern wie Baumwolle nicht vorhanden. Siehe: FLORIAN, Cell Wall (1992), S. 22.

¹⁵⁴ FLORIAN, Cell Wall (1992), S. 22.

¹⁵⁵ FLORIAN, Deterioration (1987), S. 27.

¹⁵⁶ FLORIAN, Cell Wall (1992), S. 23.

¹⁵⁷ FLORIAN, Cell Wall (1992), S. 24.

¹⁵⁸ FLORIAN, Deterioration (1987), S. 28.

¹⁵⁹ Kronkright, D.P., Deterioration of Artifacts Made From Plant Materials. In: Florian, M.-L.E. / Kronkright, D.P. / Norton, R.E., The Conservation of Artifacts Made from Plant Materials, Princeton 1992, S.139-194, S. 165-183.

anzunehmen, dass diese beschädigten Schnüre sowie anderes Bindematerial vor Ort entsorgt wurden und daher auch nur als Fragmente erhalten blieben.¹⁶⁰ Die aufgerissenen Stränge und Schnüre der FN 19.012, 19.104, 19.143 und 19.217 können darauf hinweisen. Ebenso kann das Aufreißen zum Verlust der Drehung bei diesen FN geführt haben.

4.3.2 Schäden durch die Lagerungen im Salzbergwerk

Die Schnüre wurden im Bergwerk über mehrere Jahrtausende im verpressten Heidegebirge gelagert. Deshalb ist eine Deformierung des Fundes aufgrund des Bergdrucks nicht auszuschließen. Ebenso kann es zu einer Verschiebung der Fundlage gekommen sein. Durch die hier vorherrschenden Bedingungen, niedrige Temperaturen, wenig Sauerstoff und keine UV-Strahlung, konnten natürliche Abbauprozesse, welche noch zu Zeiten ihres Gebrauchs begonnen hatten, wesentlich verlangsamt bzw. unterbrochen werden. Aufgrund dieser besonderen Erhaltungsbedingungen im prähistorischen Salzbergwerk sind die Funde, trotz ihres hohen Alters, in einem guten Zustand. Mikroskopische Untersuchungen von Querschnitten¹⁶¹ an Grasblättern und Baumbaststreifen (Abb. 57 und 58) weisen einen guten Zustand auf der Zellebene auf. Dabei zeigte sich, dass die Zellwände noch zum Großteil intakt sind, ebenso wie die Cuticula und Epidermis wie bei der P17¹⁶² der FN: 19.277 zu erkennen ist (Abb. 57). Das Aerenchym ist bei manchen Grasblättern etwas zusammengedrückt. Das Protoplast ist noch nicht vollständig ausgetrocknet, jedoch weist es eine Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist, wie bei P1¹⁶³ der FN: 19.012 zu sehen ist (Abb. 58). Es konnte weder bei entsalzten P19¹⁶⁴ (Abb. 59), noch bei frisch¹⁶⁵ aus dem Bergwerk geborgenen Funden (Abb. 57) ein Zellkollaps nachgewiesen werden.

¹⁶⁰ KOWARIK / RESCHREITER, Heidengebirge (2008), S 36f.

¹⁶¹ Die naturwissenschaftlichen Untersuchungen wurden am Institut für Konservierung und Restaurierung (Leitung: o. Univ.-Prof.Mag.Dr. Gabriela Krist) in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc, ÖAI durchgeführt.

¹⁶² Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Anhang Probenprotokoll zu Probe 17 in Anhang I mikroskopische Untersuchung von archäologischen Fasern.

¹⁶³ Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Anhang Probenprotokoll zu Probe 1 in Anhang I mikroskopische Untersuchung von archäologischen Fasern

¹⁶⁴ Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Anhang Probenprotokoll zu Probe 19 in Anhang I mikroskopische Untersuchung von archäologischen Fasern.

¹⁶⁵ Diese Funde stammen aus der Grabung 2019, sie werden bis zur Bearbeitung bei 75% relativer Luftfeuchtigkeit gelagert.

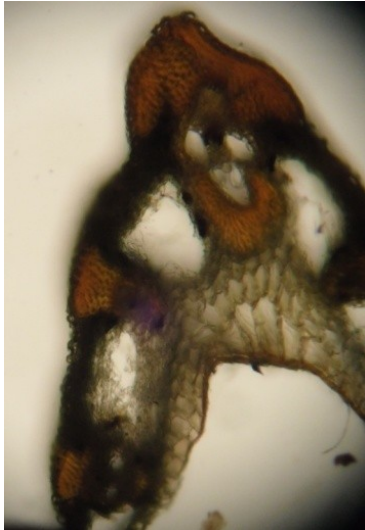


Abb. 57 Querschnitt eines Blattes P 17 (FN: 19.277), 100facher Vergrößerung

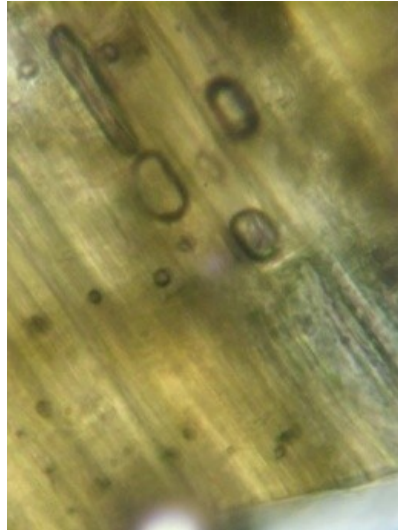


Abb. 58 P1 (FN: 19.012) bei 400facher Vergrößerung



Abb. 59 Querschnitt eines Blattes (Inv.Nr. 11.336) (P 19), 100facher Vergrößerung

Durch die Lagerung im Salz, welches antibakterielle Eigenschaften besitzt, wurde ein biogener Abbau unterbrochen. Dokumentiert ist aber, dass seit Beginn der Ausgrabungen ein Pilz¹⁶⁶, eingeschleppt worden ist. Auch wenn noch keine Schädigung durch einen biogenen Befall an den Gras- und Baumbastschnüren dokumentiert wurde, besitzt dieser die Eigenschaft Cellulose abzubauen und könnte für potenzielle Schädigungen verantwortlich sein.

4.3.3 Schäden durch Bergung und Transport aus dem Bergwerk

Manche Schadensbilder entstanden wohl durch die Bergung selbst, auch wenn diese soweit wie möglich schonend erfolgte. Durch die Verwendung von Presslufthammern kommt es immer wieder vor, dass Funde zu spät entdeckt werden und Schaden nehmen.

Auch bei der Ausführung der Funde aus ihrer gewohnten Umgebung kann es zu ersten Schädigungen, beziehungsweise Reaktivierung von Abbauprozessen kommen.

Aufgrund des geänderten Umgebungsklimas außerhalb des Bergwerkes können sich die bisher in Lösung befindlichen Salze auskristallisieren, mechanische Schäden und Brüche sind die Folge. Kalabis konnte in ihrem Vordiplom durch eine flächige Elementanalyse eines Querschnittes im Rasterelektronenmikroskop einer nicht entsalzten Probe (Inv.Nr. 114.253) zeigen, dass sich Salz auch im Inneren des Grasblattes nachweisen lässt.¹⁶⁷ Hiermit konnte bestätigt werden, dass im Zuge der Lagerung im feuchten und salzhaltigen Heidengebirge Salzionen sehr tief in die Pflanzenfaser migrieren können. Somit besteht die Gefahr, dass bei der Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit auf unter 75% eine Kristallisierung des Natriumchlorids eintritt. Indem die Kristalle durch die Fasern wachsen, werden diese dabei

¹⁶⁶ Siehe GENGLER (2005), Appendix 5

¹⁶⁷ Kalabis, S., Prähistorisches Gras aus dem Salzbergwerk in Hallstatt, NHM Wien. Versuche zur Konservierung, Sicherung und Festigung, unpub. Vordipl., Universität für angewandte Kunst Wien, Wien 2008, S. 15.

regelrecht gesprengt und dadurch in ihrer Festigkeit geschwächt. Durch anschließende Manipulation kann es aufgrund der Scharfkantigkeit der Kristalle zu irreversiblen Schädigungen des Materials kommen.¹⁶⁸

Bei den hier bearbeiteten Gras- und Baumbastfunden konnte der rF konstant gehalten werden, wodurch eine Auskristallisierung der Salze, und somit Schädigung des Materials, verhindert wurde.

4.3.4 Schäden durch Konservierungsmaßnahmen

Des Weiteren treten mechanische Schäden bei der Durchführung der konservatorischen Maßnahmen durch unvorsichtige Handhabung an den Funden in Form von Abriebspuren, Rissen und Brüchen auf. Vor allem bei der Entfernung von anhaftenden Auflagerungen kann es zu Abrieb an der Oberfläche kommen.¹⁶⁹

Da es wie schon beschrieben, bei Reduzierung der Luftfeuchtigkeit zu Auskristallisierung vorhandener Salze und damit verbundenen Schäden der Pflanzenfasern kommt, ist eine Entsalzung für die weitere Aufbewahrung der Funde notwendig. Hierbei kann das höchste Schadenspotential an den Gras- und Baumbastobjekten beobachtet werden. Nach der Behandlung im Wasserbad und der darauffolgenden Trocknung ist ersichtlich, dass die Objekte durch diesen Entsalzungsprozess stark deformiert werden. Es sind Formveränderungen wie Verlust von Drehung und Schrumpfungen dokumentiert. Auch scheinen die Fasern an Flexibilität einzubüßen und werden brüchig. Um der Ursache dieses Verhaltens nachzugehen wurden drei Hypothesen aufgestellt.

Hypothese I: Osmotischer Druck

Diese Hypothese geht davon aus, dass die semipermeable Membran innerhalb der Zelle der Baumbast- und Grasfasern nach der Bergung noch intakt ist, und dass noch keine vollständige Nekrose¹⁷⁰ der Zellen erfolgt ist. Im Inneren der pflanzlichen Zelle befindet sich der Zellinhalt, welcher als Cytoplasma oder Protoplast bezeichnet wird (Abb. 60). Dieser wird von der selektivpermeablen Zellmembran, auch Plasmalemma genannt, umgeben. Diese umschließt das Zellinnere und grenzt es zur Zellwand ab um das innere Milieu der Zelle aufrecht zu halten. Im Cytoplasma befindet sich neben dem Zellkern unter anderem auch der Zellsaft (Vakuole) welcher vom Tonoplast, einer ebenfalls semipermeablen Membran, umgeben ist.¹⁷¹

¹⁶⁸ GENGLER, Textilien (2005), S. 73f.

¹⁶⁹ KRONKRIGHT, Deterioration (1992), S. 176.

¹⁷⁰ Durch das Trocknen kommt es zu einer Cytorrhise/Nekrose der Zellen, dabei wird der Protoplast durch Wasserentzug verkleinert. Dies kann zu einem Kollaps der Zellen führen. Siehe: Brennicke, A. / Schopfer, P., Pflanzenphysiologie, Berlin/Heidelberg 2016, S. 58.

¹⁷¹ Kück, U. / Wolff, G., Botanisches Grundpraktikum, Berlin/Heidelberg 2009, S. 2f.

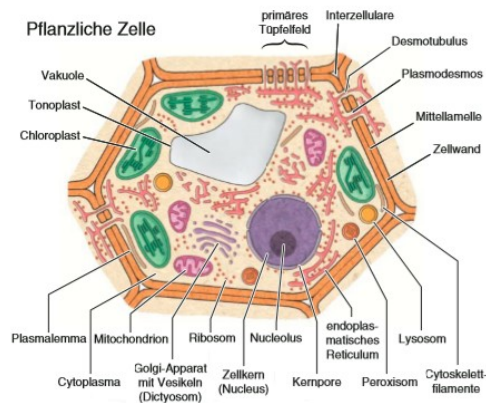


Abb. 60 Pflanzenzelle

Diese semipermeable Membran spielt eine wesentliche Rolle bei der Osmose. Dabei kommt es zwischen zwei, durch diese Membran getrennten Flüssigkeiten, aufgrund ihres Konzentrationsunterschieds, zu einer Diffusion, um ein Gleichgewicht zwischen ihnen herzustellen. Somit wandern die Lösemittelmoleküle zu der Flüssigkeit mit der höheren Konzentration an gelösten Stoffen.¹⁷² Genau diesen Prozess haben sich Pflanzen zunutze gemacht, um einerseits ihren Wasserhaushalt zu lenken und andererseits die Festigkeit der Pflanzenzelle bzw. der Pflanze zu erhöhen. Das ist aufgrund der Zellwand bei Pflanzenzellen möglich, da ein Turgordruck entstehen kann, indem der Protoplast an die Zellwand gedrückt wird. Dieser wird durch die Wasseraufnahme der Vakuole geregelt, welcher durch Osmose Wasser aufnimmt oder abgibt. In der Pflanzenzelle besteht ein osmotisches Gleichgewicht, wenn der Turgordruck gleich dem entgegenwirkenden Wanddruck ist. Nimmt dieser ab, wird ein Welken der Pflanze bemerkbar.¹⁷³ Dieses Ungleichgewicht kann durch ein hypertonisches Außenmedium erfolgen. Dabei wird Wasser aus der Vakuole und dem Protoplasten in das Außenmedium mit der höheren Konzentration diffundiert. Die Vakuole schrumpft, damit einher geht auch die Ablösung des Protoplasts von der Zellwand, dabei können Plasmastränge, sogenannte Hechtsche Fäden, entstehen. Dieser Vorgang wird als Plasmolyse bezeichnet (Abb. 61 b und c). Ist dieser Vorgang nicht allzu aggressiv gewesen, aufgrund zu hohen osmotischen Drucks, kann durch die Zugabe einer hypotonischen Lösung eine Deplasmolyse einsetzen, und es kommt zu einem voll turgeszenten Zustand (d in Abb. 61).¹⁷⁴ Somit kann die Plasmolyse reversibel sein, solange die Wasseraufnahme langsam erfolgt, um eine Schädigung des Protoplasten zu vermeiden.¹⁷⁵

¹⁷² KÜCK / WOLFF, Grundpraktikum (2009), 182f.

¹⁷³ Koops, M., Osmose (2017), <http://www.biologie-lexikon.de/lexikon/osmose.php>. Zugriff: 5.4.2020.

¹⁷⁴ KÜCK / WOLFF, Grundpraktikum (2009), S. 29ff.

¹⁷⁵ KÜCK / WOLFF, Grundpraktikum (2009), S. 30f.

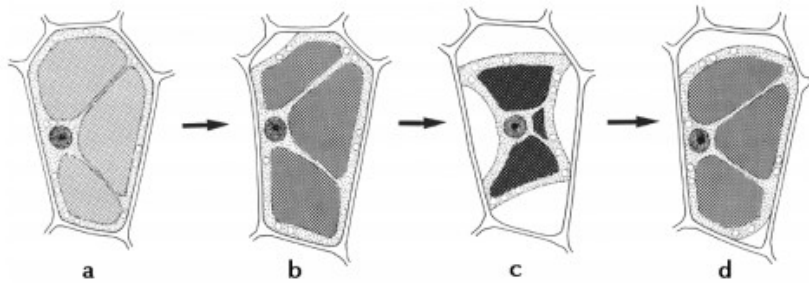


Abb. 61 Pflanzenzelle, a Vollturgeszenz, b Anfang der Plasmolyse aufgrund einer hypertonen Lösung, c stark fortgeschrittene Plasmolyse, d Deplasmolyse durch eine hypotone Lösung

So kann das Vorhandensein von Salz das Quellverhalten von Pflanzenfasern minimieren. Kommen hingegen Pflanzenzellen in eine salzfreie Lösung, will das salzfreie Wasser aufgrund des osmotischen Drucks das Ungleichgewicht der Ionen ausgleichen und es diffundiert in die Zellen. Da im makromolekularen Netzwerk der Cellulose ionisierbare Gruppen vorhanden sind kommt es zum Aufquellen.¹⁷⁶

Diese Eigenschaften können bei der Erhaltung des pflanzlichen Materials im Bergwerk Hallstatt sowie bei der Durchführung von konservatorischen Maßnahmen von Bedeutung sein.

Durch die Lagerung im Salzbergwerk bildet sich aufgrund der hohen Konzentration des Salzes und der hohen Luftfeuchtigkeit eine hypertone Lösung¹⁷⁷ außerhalb der Zellen. Dadurch entsteht ein osmotischer Prozess zwischen der Pflanzenzelle und ihrem Umfeld. Aufgrund des Konzentrationsunterschiedes diffundiert Wasser aus den Zellen durch die semipermeable Membran in die Umgebung mit höherer Konzentration und es kommt zu einer Plasmolyse.

Es wird angenommen, dass während des Entsalzungsbadens der Prozess der Deplasmolyse stattfindet. Ist in den Zellen eine hypertone Lösung vorhanden, kann durch Zugabe eines Hypotonikums (in diesem Fall Leitungswasser) eine neu turgeszente Zelle, durch das Diffundieren der Wassermoleküle in die Zellen, entstehen. Die zentrale Frage, ob zu große Konzentrationsunterschiede zwischen den Lösungen in den Zellen und dem Bad möglicherweise eine Schädigung der Zellwände durch Deplasmolyse verursachen, wird in der Fachliteratur diskutiert. Auf dieses Phänomen verweist Florian¹⁷⁸, sie rät generell davon ab, Objekte aus Pflanzenmaterial mit Leitungswasser oder sogar mit deionisiertem Wasser zu behandeln, da es aufgrund des unterschiedlichen osmotischen Potenzials zu einem Anschwellen des Protoplasten kommt und dies mögliche Schäden der Zellen hervorrufen kann. Da Natriumchlorid (NaCl) nur in Wasser wirklich gut löslich ist, müssen die Objekte aus dem Salzbergwerk, wenn sie entsalzt werden sollen, mit Wasser behandelt werden. Hier

¹⁷⁶ Florian, M-L.E., Deterioration of organic materials other than wood, in: Pearson, C. (Hg.), Conservation of marine archaeological objects, London (u.a.) 1987, S. 21-54, S. 25f.

¹⁷⁷ Eine Lösung mit einer höheren Konzentration als die in der Zelle vorhandenen.

¹⁷⁸ FLORIAN, Cell Wall (1992), S. 22.

stellt sich die Frage, ob durch den Einsatz einer nur leicht hypotonischen Flüssigkeit bei der Entsalzung von pflanzlichem Material, der osmotische Druck niedrig gehalten werden kann, um so eine Deplasmolyse zu erreichen.

Hypothese II: physikalische Schädigung aufgrund des Wassereintrags

Die zweite Hypothese zielt daraufhin ab, dass das Pflanzenmaterial ein starkes Quell- und Schrumpfverhalten hat. Dieses ist bedingt durch die polaren Gruppen der Cellulose, die gerne Wasserstoffbrücken mit zur Verfügung stehenden Wassermolekülen bilden. Im Zuge dessen kommt es bei einer Behandlung mit Wasser zu einer Quellung da die Abstände der Polymerketten aufgrund der eingelagerten Wassermoleküle zunehmen. Bei zu starker Quellung werden die Mizellen geschädigt, die kristallinen Bereiche werden somit zu amorphen umgewandelt. Bei der anschließenden Trocknung verbinden sich die Molekülketten enger miteinander, dies führt zu Schrumpfungen der Cellulose.¹⁷⁹ Dieser Vorgang kann durch eine fortgeschrittene Degradation der Zellwände verstärkt werden, dies kann sogar einen Zellkollaps (Abb. 62 und 63) verursachen.¹⁸⁰

Die so erfolgten Schädigungen der Zellstruktur äußern sich vor allem in zunehmender Steifigkeit und Rissbildung, durch herabgesetzte Flexibilität und Elastizität des Materials. Auch Deformierungen und Schrumpfungen können dabei auftreten.¹⁸¹

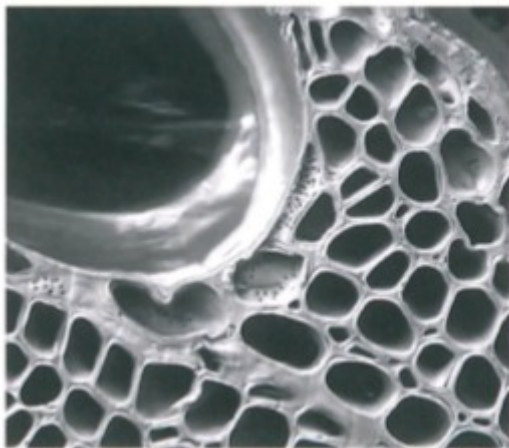


Abb. 62 Zellstruktur des Holzes

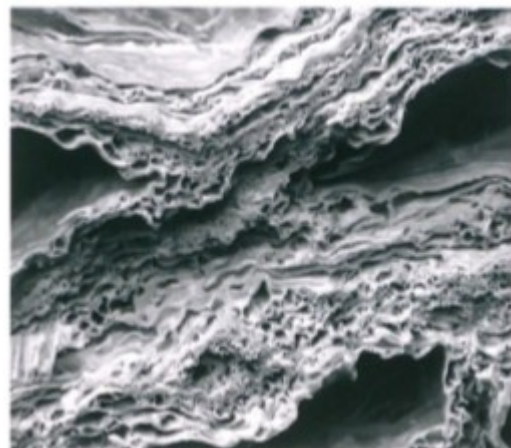


Abb. 63 Zellkollaps bei Holz

Diese Hypothese sieht vor, dass eine Reduktion der Flüssigkeitsmenge, Dauer der Befeuchtung oder Entsalzungsbades ein Quellen der Fasern reduzieren oder gar unterbinden könnte.

¹⁷⁹ FLORIAN, Cell Wall (1992), S. 21.

¹⁸⁰ Stelzner, I.M., Bestimmung prozessrelevanter Eigenschaften für die Gefriertrocknung in der Nassholzkonservierung. Dissertation an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Stuttgart 2017, S. 23.

¹⁸¹ KRONKRIGHT, Deterioration (1992), S. 148.

Hypothese III: Schädigung des pflanzlichen Materials durch Zugkräfte des Wassers beim Evaporieren

Diese Hypothese basiert auf der hohen Oberflächenspannung des Wassers aufgrund seiner polaren Molekülstruktur. Evaporiert das Wasser aus dem Objekt, kann es Schäden an der Zelle verursachen, da dabei hohe Zugkräfte entstehen.¹⁸²

Somit zielt diese Hypothese darauf, dass eine schonende Entfernung der freien Wassermoleküle die Zugspannung beim Trocknen herabsetzen und es in Folge zu geringerer Schrumpfung und Deformation der Fasern kommen könnte.

Die fünf Gras- und Baumbastobjekte zeigen weiterhin eine mittlere Flexibilität auf. Jedoch wurde bei allen eine Schrumpfung dokumentiert.¹⁸³

4.3.5 Schäden durch Lagerung

Da sich bei der Zustandsanalyse der gelagerten Gras- Baumbastobjekte im Depot vom NHM neben den bereits angeführten Schäden, auch Schäden infolge von falscher Handhabung oder nicht adäquater Lagerungsbehelfen anfinden lassen, muss ein optimierte Lagerung erfolgen. Welche wenn möglich auf alle Gras- und Baumbastobjekte übertragbar sein soll.

¹⁸² MUSKALLA / WITTKÖPER, Holz (2009).

¹⁸³ Siehe Anhang V: Evaluierung des Konzeptes an fünf Gras-Baumbastobjekten.

5 Ziel der Konservierung und Restaurierung

Ziel dieser Diplomarbeit ist in erster Linie der Erhalt der prähistorischen Gras- und Baumbastschnüre aus Hallstatt. Nach der Ausgrabung und Ausföhrung aus ihrer, bis dahin konservierenden Umgebung des salzhaltigen Heidengebirges, sind sie wieder den natürlichen Abbauprozessen ausgesetzt. Nach der notwendigen Entsalzung mit der bisher angewandten Methode in mehreren Wasserbädern, konnte beobachtet werden, dass es zu gravierenden Formveränderungen kommt. Dabei drehen sie sich nach der Trocknung in einigen Fällen vollständig auf. Dadurch geht der Verbund der einzelnen Grasblätter verloren und damit auch Informationen zur Herstellungstechnik sowie zum Verwendungszweck. Die vorrangige Fragestellung dieser Arbeit besteht darin, eine Methode der Behandlung zu eruieren, bei der, neben der konservatorischen Substanzerhaltung, auch die ursprüngliche Form der Funde erhalten bleibt. Das Ziel dabei ist, aus den gewonnenen Erkenntnissen einer eingehenden Auseinandersetzung mit den Eigenschaften und Schadensphänomenen von pflanzlichen Fasern, welche anhand mehrerer Testreihen unterstützt und überprüft werden sollen, ein konservatorisches Konzept für die Bestandserhaltung zu entwickeln. Dieses soll dann exemplarisch an fünf Gras-Baumbastobjekten aus der Grabungssaison 2019 angewendet werden.

Eine weitere zentrale Zielsetzung der Arbeit ist die Entwicklung eines Transportsystems für die Funde nach ihrer Bergung aus dem Bergwerk, um ein Auskristallisieren der Salze und mechanische Schäden, noch vor ihrer Entsalzung, zu vermeiden.

Ebenso soll ein optimiertes Konzept für die Lagerung der Schnüre im Depot des NHM erstellt und ebenfalls exemplarisch durchgeführt werden.

6 Maßnahmenkonzept und Diskurs für die Behandlung der Funde

Dieses Kapitel soll ein umfassendes Konzept für den Umgang mit den Gras- und Baumbastschnüren aus Hallstatt, ab dem Zeitpunkt der Auffindung im Bergwerk bis hin zur Lagerung im Depot des NHM diskutieren.

6.1 Bergung und Transport der Feuchtfunde

Archäologische organische Feuchtfunde werden bevorzugt im Block geborgen. Das bedeutet, dass die Objekte mit ihrem umgebenden Erdreich ausgestochen, mit diesem geborgen und als Block in die Werkstatt transportiert werden. Dort können sie unter kontrollierbaren Bedingungen dann freigelegt werden. Die Hauptanforderung an den Transport und vor allem an die Verpackung nach der Bergung stellt die Aufrechterhaltung des Klimas der Bergungsstelle bis zur Fundbearbeitung dar. Um dies zu erreichen werden in der Praxis verschiedene Methoden angewendet.

Die einfachste Variante, um Feuchtfunde nach der Bergung zu verpacken und zu transportieren, stellen Kunststofffolien, bzw. wiederverschließbare Polyesterfolien-Beutel dar, in denen die Objekte noch mit Erdreich umgeben luftdicht eingeschweißt werden.¹⁸⁴ Damit die Funde feucht bleiben, werden sie meist zusätzlich in ein befeuchtetes Papier und Zellstoff eingeschlagen.

Um die Blöcke vor mechanischen Schädigungen zu bewahren sowie als Schutz vor dem Austrocknen wurden in der archäologischen Praxis bis vor kurzem vor allem Gipsbandagen für den Transport als gängige Methode angewendet. Dabei wird der Fund mitsamt dem umgebenden Erdmaterial geborgen und anschließend mit einer Folie oder mit Zellstoff bedeckt. Darauf folgt schließlich eine Schicht mit befeuchteten Gipsbandagen. Nach der Trocknung des Gipses kann der Block aus dem Erdreich gelöst und anschließend auch die Unterseite wie beschrieben behandelt werden. Der Vorteil dieser Methode ist, dass sie schnell und einfach in ihrer Anwendung ist und dieses System die Stabilität des Fundkomplexes während des Transportes gewährleistet. Der Nachteil ist jedoch der fehlende Blick ins Innere. So können Zustandsveränderungen wie Austrocknung oder Schimmelbildung nicht kontrolliert werden, weshalb heute verstärkt davon Abstand genommen wird.¹⁸⁵

Bei größeren Blockbergungen wird meist die Kistenbergungsmethode angewendet. Dabei wird der Block in einer Box, falls erforderlich mit unterstützendem Verpackungsmaterial,

¹⁸⁴ MILLER, Leder (2006), S. 40.

¹⁸⁵ Bundesdenkmalamt (BDA), Standards für die konservatorische Behandlung von archäologischen Funden. Wien 2016, <https://bda.gv.at/publikationen/standards-leitfaeden-richtlinien/standards-fuer-die-konservatorische-behandlung-von-archaeologischen-funden/>. Zugriff: 18.4.2020.

befördert.¹⁸⁶ Die Gefahr bei dieser Methode stellt vor allem das Austrocknen der Funde dar, da die Boxen oft nicht luftdicht abschließen.

Aktuell erfolgt die Bergung von Gras- und Baumbastobjekten im Salzbergwerk je nach deren Zustand und Bestand entweder als Block mittels Boxen in der Kistenbergungsmethode oder es erfolgt eine Freilegung vor Ort. Als Boxen werden kleine offene Kunststoffbehälter verwendet. Um die Funde feucht zu erhalten, werden sie gemeinsam mit ihrem Fundzettel zusätzlich in einen PE-Beutel verpackt. Anschließend werden sie am Ende des Werktages mit Hilfe von offenen Euroboxen¹⁸⁷ aus dem Bergwerk gefördert. Größere Funde werden mit einer Plastikfolie umhüllt und luftdicht verschlossen direkt in eine Eurobox gelegt. Wenn nötig werden Ethafoamstücke zur Stabilisierung der Funde beigelegt. Damit wird ein Verrutschen während des Transportes verhindert.

Seitens des Auftraggebers besteht der Wunsch im Rahmen der Diplomarbeit ein Konzept für eine Transportbox zu erstellen, in der mehrere Funde gleichzeitig transportiert, bzw. gelagert werden können. Ein Hauptaugenmerk dabei liegt, neben der Stabilisierung, auf der Aufrechterhaltung der Luftfeuchtigkeit, die innerhalb der Box konstant bleiben muss, um ein Austrocknen der Funde vor Ihrer Entsalzung auf jeden Fall zu vermeiden. Auch sollte diese Box eine klimatisch stabile Lagerung bis zu einer eventuell zeitverzögerten Fundbehandlung ermöglichen.

Somit empfiehlt sich eine luftdicht, abschließbare Kunststoffbox für den Abtransport der Funde aus dem Salzbergwerk in die Fundzentrale. Eine transparente, seitlich zu öffnende Eurobox (Abb. 64)¹⁸⁸ erfüllt diesen Zweck. Die Box kann mit einem einfachen selbstgebauten Regalsystem, welches aus vier Gewindestangen, die als Steher fungieren, und Lochplatten aus Aluminium, als Regalböden, ausgestattet werden. Die Gewindestangen¹⁸⁹ können durch die Löcher der Lochplatte geführt werden. Mittels Muttern und Beilagscheiben können die Regalböden, je nach Fundgröße, höhenverstellt werden. Durch das Eigengewicht dieses Systems, sowie ihre Passgenauigkeit in die Box, wird keine zusätzliche Fixierung benötigt (Abb. 65). Für den Transport können die Objekte mit Ethafoam oder Luftpolsterfolie zusätzlich unterstützt und stabilisiert werden. Gegebenenfalls können sie auch noch mit einem Sprengdraht oder Baumwollband an die Lochplatte variabel fixiert werden. Für kleinere Objekte ist es weiterhin sinnvoll, kleine Plastikbehälter zu verwenden, welche gestapelt und entsprechend an die Lochplatte fixiert, im Regalsystem geschichtet werden.

Wichtig bei diesem System ist, dass das Klima innerhalb der Box, während des Transportes, konstant bleibt, damit die Funde nicht austrocknen. Versuche zur Lagerung von Funden aus

¹⁸⁶ BDA, Standards (2016), S. 28.

¹⁸⁷ Genormte Größen, damit sind sie leicht kombinierbar sind.

¹⁸⁸ Eurobox-System Tauro Box Flap Side, erhältlich bei OBI in den Abmessungen: 40lx30bx22h und 60lx40bx32h. Siehe: OBI, obi-eurobox-system-tauro-box-flap-side (o.D.).
<https://www.obideutschland.de/aufbewahrungsboxen/obi-eurobox-system-tauro-box-flap-side-40-x-30-x-22-cm-transparent/p/2615755>. Zugriff: 15.5.2020.

¹⁸⁹ Durchmesser ist je nach Vorhandensein von Lochplattenmaterial abhängig.

dem Heidengebirge mittels luftdicht verschweißter Folienverpackung haben gezeigt, dass das Klima über einen gewissen Zeitraum innerhalb der Verpackung konstant bleibt. Jedoch konnte die rF nicht auf Dauer über 70% gehalten werden wodurch es zur einer Kristallisierung der Salze kam.¹⁹⁰

Um dies zu verhindern, soll mittels einer übersättigten Natriumchloridlösung die relative Luftfeuchtigkeit aufgrund ihrer Deliqueszenzfeuchte¹⁹¹ konstant gehalten werden. Als Schutz vor dem Überschwappen der Salzlösung beim Transportieren muss diese in verschließbaren Gefäßen aufbewahrt werden. Hierfür kann ein handelsübliches Einmachglas verwendet werden in dessen Blechdeckel wird ein Loch ausgeschnitten und mit einer Gore-Tex®-Membran geschlossen. Dadurch kann Wasserdampf durch die Poren der Membran aus dem Glas in die Box dringen, jedoch keine Wassertropfen (Abb. 66).

Der Vorteil mit Salzlösungen zu arbeiten ist, dass diese gut funktionieren und ein stabiles Klima erzeugen.

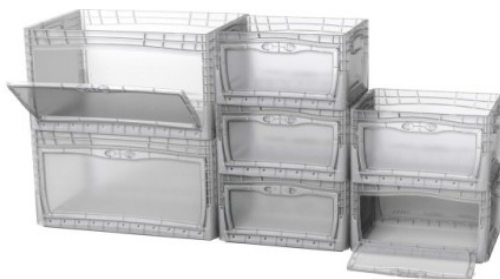


Abb. 64 Symbolfoto von Eurobox-System Tauro Box Flap Side

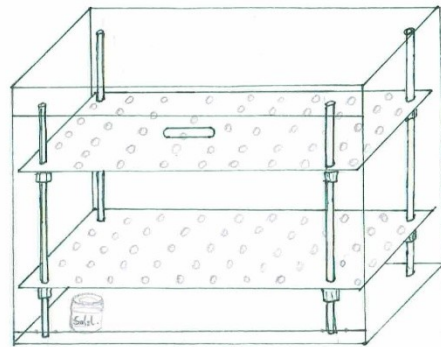


Abb. 65 Skizze von Box mit Regalsystem



Abb. 66 rF mittels übersättigter NaCl-Lösung in Einmachglas mit Gore-Text Membran im Deckel, auf 75% eingestellt

Der Vorteil einer Transportkiste mit stabilem, bzw. einstellbarem Klima wäre, dass die Objekte nicht gleich bearbeitet werden müssen, wenn sie aus dem Bergwerk kommen. Sie müssen lediglich kühl und ohne UV-Einstrahlung in der Fundzentrale gelagert werden. Es

¹⁹⁰ GENGLER, Textilien (2005), S. 71.

¹⁹¹ Steiger, M., Deliqueszenzfeuchte, 2012. salzwiki.de/index.php/Deliqueszenzfeuchte. Zugriff: 29.3.2020.

würde sich dabei empfehlen, dass der Deckel mit der Gore-Tex Membran des Einmachglases entfernt wird, damit der Wasserdampfaustausch einfacher stattfinden kann. Ebenso sollte der Deckel der Box luftdicht zugeklebt werden, um eine konstante rF zu ermöglichen. Eine transparente Kunststoffbox eignet sich dafür besonders gut, da von außen kontrolliert werden kann, wie sich die Funde verhalten und ob es zu einer Schimmelbildung¹⁹² kommt.

So können situationsbedingt die Funde ohne großen Aufwand für einen längeren Zeitraum in der Fundzentrale gelagert werden, bis die Kapazität für eine Weiterbehandlung gegeben ist. Ebenso kann diese Transportbox auch für einen Weitertransport von noch unbehandelten Funden nach Wien für eine Bearbeitung im NHM verwendet werden.

6.2 Freilegung

In der Fundzentrale werden die Funde aus dem Block geborgen bevor mit der Entsalzung begonnen wird, um weitere konservatorische Maßnahmen zu ermöglichen. Dies erfolgt mechanisch mittels Skalpell und Pinsel. Um das Objekte bei der Freilegung zu entlasten und zu stabilisieren kann ein Gipsbett angefertigt werden. Dafür wird der Fund mit einer Frischhaltefolie überzogen bevor die Baumwollbandagen mit Gips benetzt darüber gelegt und entsprechend der Form des Objektes angebracht werden.¹⁹³ Es werden die Auflagen, wie etwa Sedimente, entfernt. Im Zuge dessen können auch etwaige andere Beifunde wie Leuchtspäne, geborgen und dokumentiert werden. Eine genaue Kartierung ist nicht erforderlich, da die Fundlage aufgrund des Bergdrucks nicht mehr der originalen Ablagestelle/Positionierung entspricht. Das entfernte Sediment wird anschließend vorsichtig durch ein Sieb geschwemmt, um auch die kleinsten Funde zu bergen.¹⁹⁴ Diese Methode erlaubt es vorsichtig Auflagen Schicht für Schicht zu entfernen, ohne die Fundlage bzw. den Fundzusammenhalt zu gefährden.

6.3 Entsalzung

Aufgrund der Gefahr einer Kristallisation von eingebrachten Salzen in archäologischen Feuchtfunden ist es erforderlich diese zu entfernen bevor die Funde austrocknen. Alle Salze bestehen aus einem positiv geladenen Metall und einem negativ geladenen Nichtmetall. Die Ladung eines Salzmoleküls ist somit neutral. Metalle und Nichtmetalle bilden

¹⁹² Aufgrund des Schimmels der im Salzbergwerk anzutreffen ist. Laut Dr. K. Sterflinger handelt es sich um *Chrysosporium pannicola*, welcher auch auf Salinen Böden vorkommt und dessen Wachstumsoptimum bei 18°C liegt, jedoch auch bei Temperaturen unter 0°C aktiv ist, zerstört sowohl Cellulose als auch Keratin. Siehe: GENGLER, Textilien (2005), S. 167.

¹⁹³ Moll-Dou fertigte dafür Schutzkappen aus Polyester castbinden und Polycabrolacton-Verstärkungsgitter, welche sich thermoplastisch formen lassen. Siehe: Moll-Dau, F., Einblicke in die archäologische Textilkonservierung. Die konservatorische Begleitung eines neolithischen Bastschuhs von der Ausgrabung bis zur Präsentation, in: Archäologie Bern: Jahrbuch der Archäologischen Dienstes des Kantons Bern, Bern 2015, S. 204-211, S. 206.

¹⁹⁴ BDA, Standards (2016).

Ionenverbindungen, wodurch es zur Ausbildung von typischen Kristallgittern kommt.¹⁹⁵ Neben Kaliumchlorid (KCl), Kaliumsulfat (K_2SO_4), Magnesiumcarbonat ($MgCO_3$) und Kaliumnitrat (KNO_3) stellt Natriumchlorid (NaCl) den größten Anteil der vorhandenen Salze im Bergwerk Hallstatt dar.¹⁹⁶ All diese Salze, ausgenommen Magnesiumcarbonat ($MgCO_3$)¹⁹⁷, sind gut in Wasser löslich, weshalb Wasser ein gutes Lösungsmittel für den Entsalzungsvorgang ist. Bei Kaliumchlorid (KCl)¹⁹⁸ und Kaliumnitrat (KNO_3)¹⁹⁹ verbessert eine höhere Temperatur die Wasserlöslichkeit. Magnesiumcarbonat ($MgCO_3$)²⁰⁰ und Kaliumsulfat (K_2SO_4)²⁰¹ verursachen eine alkalische Reaktion.

Bei dem Lösevorgang richten sich die polaren Wassermoleküle mit ihrem polaren Teil zur Ladung der Ionen entgegengesetzt aus. Dadurch wird die Ladung der Ionen zu den entgegengesetzten Ladungen der gegenüberliegenden Ionen abgeschirmt, wodurch diese Ionen aus dem Kristallgitter herausgelöst werden. Jedes abgelöste Ion wird vollständig und in mehreren Schichten von Wassermolekülen umhüllt. Diese Hülle sorgt dafür, dass sich die Ionen unabhängig voneinander bewegen können. Dieser Vorgang wird auch als Hydratation der Ionen bezeichnet. Es ist ein exothermer Prozess, das heißt, es wird Energie dabei freigesetzt. Dafür muss die Hydratationsenergie größer als die Gitterenergie sein. Bei einer Wasser-NaCl-Lösung ist die Sättigung bei einer Temperatur von 20°C bei 36% erreicht, durch den Anstieg der Temperatur auf 50°C nimmt die Sättigung nur gering auf 37% zu.²⁰² Weshalb eine Entsalzung mittels Wasser angedacht wird, um die Salze aus dem Material zu entfernen.

Nachfolgend werden zunächst potenzielle Entsalzungsmethoden aus der Restaurierung zusammengetragen und kritisch auf ihre Anwendbarkeit an den Gras- und Baumbastschnüren aus Hallstatt betrachtet.

6.3.1 Wasserbäder

Die Entsalzung mittels Wasserbädern ist eine einfache und effektive Methode. Damit das Salz in Lösung geht, muss das zu entsalzende Objekt einige Zeit im Wasser liegen. Durch die einsetzende Diffusion wird ein Gleichgewicht der Ionenkonzentration zwischen dem Objekt und dem Wasser eingestellt und dadurch die Salz-Ionen aus dem Objekt heraus

¹⁹⁵ Thomanek, K., BFI Projekt. Salz ein wesentlicher Faktor in der Welterberegion. https://www.salzwelten.at/fileadmin/user_upload/Bilder/Hallein/Schulgruppen/Versuche/Salz_ein_wesentlicher_Faktor-HP.pdf. Zugriff: 20.11.2019, S. 28f.

¹⁹⁶ Siehe Kapitel 1.3, S. 6-9.

¹⁹⁷ Seilnacht, T., Magnesiumcarbonat $MgCO_3$. https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_mgco3.htm. Zugriff: 30.4.2020.

¹⁹⁸ Seilnacht, T., Kaliumchlorid KCl. https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_kcl.htm. Zugriff: 30.4.2020.

¹⁹⁹ Seilnacht, T., Kaliumnitrat KNO_3 . https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_kno3.htm. Zugriff: 30.4.2020.

²⁰⁰ Seilnacht, T., Magnesiumcarbonat $MgCO_3$. https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_mgco3.htm. Zugriff: 30.4.2020.

²⁰¹ Seilnacht, T., Kaliumsulfat K_2SO_4 . https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_k2so4.html. Zugriff: 30.4.2020.

²⁰² Banik, G., Eigenschaften von Wasser, in: Banik, G. / Brückle, I. (Hg.), Papier und Wasser. Ein Lehrbuch für Restauratoren, Konservierungswissenschaften und Papiermacher, München 2011, S. 28-64, S.40.

transportiert.²⁰³ Ist dieser Gleichgewichtszustand erreicht, muss das Wasserbad gewechselt werden, um wieder ein Ungleichgewicht herzustellen und die Ionen zur Diffusion anzuregen. So können allmählich die Salze aus dem Inneren der organischen Materialien gelöst und entfernt bzw. reduziert werden.

Diese Methode wurde unter anderem in einer Studie von Marsh-Letts und Adeloju zu antiken ägyptischen Leinen untersucht.²⁰⁴ Im Alten Ägypten war es üblich neben dem Pflanzenstoff *Saponaria officinalis*²⁰⁵ die Textilien mit Natrium (Na) oder Pottasche (K_2CO_3) zu waschen. Dadurch reicherten sich Salze in den Fasern an, weshalb viele Leinenobjekte aus dieser Region und Zeit eine Salzbelastung aufweisen. Bei der Versuchsreihe wurden unbehandelte sowie mit Natron (Na) getränkte rezente und antike Leinengewebe aus unterschiedlichen archäologischen Kontexten aus Ägypten als Probenmaterial verwendet. Um sie zu entsalzen, wurden sie in Wasserbäder mit deionisiertem Wasser gelegt. Bei dieser Methode konnte nachgewiesen werden, dass der Salzgehalt reduziert, das Salz aber nicht vollständig herausgewaschen werden konnte.²⁰⁶

Ebenso wird die Entsalzung mit Hilfe von Wasserbädern bei archäologischen Funden aus Seeufersiedlungen und Meeren angewendet, um gleichzeitig die Auskristallisierung der Salze zu vermeiden. Des Weiteren dient es als Vorbereitung zur Einbringung der Stabilisierungsmittel vor der Trocknung. Für die Stabilisierung müssen neben den Salzen auch die Abbauprodukte aus den Zellen der pflanzlichen Fasern ausgeschwemmt werden. Die entstandenen Hohlräume werden durch das eingebrachte Wasser ersetzt, welches anschließend durch ein Stabilisierungsmittel ersetzt werden kann. So legte Moll-Dau mittels Airbrush unter Verwendung von deionisiertem Wasser einen neolithischen Lindenbastschuh aus der Seeufersiedlung Sutz-Lattringen in Rütte am Bielersee (CH) frei. Anschließend wurde der Schuh in Reinigungsbäder aus deionisiertem Wasser gelegt um die Salze des Seewassers und die Holzabbauprodukte zu entfernen. Die Bäder wurden so oft gewechselt, bis der Leitwert des Wassers unter $50 \mu S/cm$ ²⁰⁷ lag.²⁰⁸ Anschließend wurde eine Gefriertrocknung durchgeführt.²⁰⁹

²⁰³ Lessmann, Ch., Eisenentsalzung mit Kompressensystemen. Untersuchung zur Anwendung an archäologischen Eisen-Organik-Kompositen, in: Restaurierung und Archäologie 9/2016, S. 43-56, S. 51.

²⁰⁴ Marsh-Letts, G.S. / Adeloju, S.B., Benath the surface: salt movement in archaeological textiles. In: Whelan, V.J. (Hg.), Strengthening the Bond: Science & Textiles. North American Textile Conservation Conference 2002, Philadelphia 2002, S. 69-76.

²⁰⁵ Auch bekannt unter den Begriff: Gewöhnliches Seifenkraut.

²⁰⁶ MARSH-LETTS / ADELOJU, Surface (2002), S. 70-73.

²⁰⁷ $\mu S/cm$ = Mikrosiemens pro Zentimeter gibt den elektrischen Leitwert im Bereich von einem Zentimeter an, der mit der Zunahme an gelösten Salzionen steigt. Somit ist der Leitwert ein guter Indikator, um den abnehmenden Salzgehalt der Wasserbäder nach zu vollziehen.

²⁰⁸ MOLL-DAU, Textilkonservierung (2015), S.204, 207f.

²⁰⁹ Darauf wird im Kapitel 6.4.4, S. 72-76.

In den Diplomarbeiten von Gengler und von Miller wurde die Methode der Entsalzung durch Wasserbäder an Feuchtfunden aus dem prähistorischen Salzbergwerk Hallstatt, insbesondere an den Materialgruppen Wolle, Fell und Leder angewendet.

Dafür wurde deionisiertes Wasser eingesetzt. Gengler betont, dass der Waschprozess so kurz wie möglich gehalten werden soll, um ein zu starkes Quellen der Fasern zu verhindern. Um die Textilfragmente zu sichern, wurden sie vor der Behandlung in Tüll eingenäht.²¹⁰ Das Intervall eines Bades betrug zwischen 10 und 15 min. Gut erhaltene Textilien wurden für 30 Sekunden in ein Ultraschallbad gelegt, um Auflagerungen von Heideengebirge abzusprengen. Ebenso wurde die Entsalzung bei fließendem, deionisiertem Wasser beschrieben, wobei das Objekt auf einer schräg gestellten Glasplatte auflag und zwei Minuten lang gespült wurde.²¹¹ Bei der Entsalzung der Fell- und Lederobjekte wurde bis auf das Ultraschallbad genauso vorgegangen.²¹²

Die letztgenannte Methode wird auch aktuell in Hallstatt an allen organischen Funden angewendet. Sofort nach der Ankunft der Funde in der Fundzentrale werden diese in ein Protokoll eingetragen und in eine Box, die mit Leitungswasser gefüllt ist, gelegt (Abb. 67 und 68). Jede Box erhält einen Zettel, auf dem die Fundnummer vermerkt ist, sowie das Datum, wann das Objekt ins Wasserbad kam. In den Abständen von 24 Stunden wird der Salinitäts-Wert (ppt)²¹³ des Wassers gemessen (Abb. 69). Dieser gibt die Konzentration an gelösten Stoffen im Wasser an. Er ist somit ein guter Indikator dafür, wieviel Salz in Lösung geht.²¹⁴ Nach der Messung wird das Wasserbad gewechselt. Je nach Beschaffenheit und Zustand der Objekte werden diese in den Entsalzungsbädern vorsichtig mit Pinseln mechanisch gereinigt, um Auflagerungen, welche zum Großteil aus lehmigem Material bestehen, zu entfernen. Jeder Wasserwechsel wird auf dem jeweiligen Zettel und im Protokoll festgehalten. Sobald der Wert unter 0,7 ppt liegt, wird für die weiteren Bäder deionisiertes Wasser verwendet, bis der Wert bei 0,01 ppt liegt. Für Gras- und Baumbastobjekte zeigt sich, dass dieser Vorgang im Durchschnitt drei Tage benötigt. Nach der Entnahme aus dem Wasserbad werden die einzelnen Bestandteile der Funde geordnet und in Form gebracht. Hierfür werden sie entweder auf Glasplatten aufgelegt oder mit passgenau angefertigten Konstruktionen aus Ethafoam gestützt. Teilweise werden sie mit Küchenrolle unterlegt, um die Feuchtigkeit schneller abzutransportieren. Dann erfolgt die Lufttrocknung (Abb. 70).

²¹⁰ GENGLER, Textilien (2005), S. 83f.

²¹¹ GENGLER, Textilien (2005), S. 83f.

²¹² MILLER, Leder (2006), S. 115-117.

²¹³ Ppt=parts per thousand. Dieser Wert gibt an, wie viele Teilchen im Wasser gelöst sind, somit geben 10 ppt an, dass rund 10 g Salz in einem Liter Wasser gelöst sind. Siehe: Feiler, B., Salinität in Meerwasseraquarien messen. In: Hanna@instruments (o.D.). <https://info.hannainst.de/parameter/salinitaet-in-meerwasseraquarien-messen> Zugriff: 30.3.2020.

²¹⁴ Baker, R.M. / Mueller-Harvey, I., Chemical analysis in the laboratory. A basic guide, Cambridge 2002, S. 41.

Nach Ende der Grabungskampagne im Herbst werden die Funde in das Depot des Naturhistorischen Museums überführt, wo sie inventarisiert und für die Lagerung im Depot vorbereitet werden. Wenn notwendig erfahren sie dann eine Restaurierung in Form von Sicherungsmaßnahmen.²¹⁵



Abb. 67 Fund wird nach der Bergung gleich in ein Wasserbad gelegt



Abb. 68 organische Funde in ihren Wasserbädern



Abb. 69 tägliche Messung des Leitwertes



Abb. 70 Lufttrocknung der entsalzten Funde

Bei der aktuell in Hallstatt durchgeführten Methode zeigt die Entfernung der Sedimente und die Entsalzung der Gras- und Baumbastobjekte, mit Ausnahme der Formveränderung, gute Erfolge. Die bei den Hallstatttextilien von Gengler eingesetzten Ultraschallbäder sind bei den Grasfunden nicht zu empfehlen, da die Gefahr vom Verlust des Zusammenhalts durch die Vibration zu groß ist. Auch das Spülen der Objekte, auf einem schrägen Brett birgt die Gefahr, dass kleine Bruchstücke weggespült werden.

Um eine geeignete Methode für die Entsalzung der Gras- und Baumbastfunde zu entwickeln, müssen im vorhergehenden Kapitel gestellten Hypothesen zu den dokumentierten Schäden bei der Entsalzung, in Form von Testreihen überprüft werden.

²¹⁵ Kowarik K. / Reschreiter H., Der Weg der Funde, in: Kern, A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 210-212, S. 210.

6.3.2 Testreihe zur Hypothese I: Osmotischer Druck

Zur Überprüfung, ob ein starkes osmotisches Druckgefälle²¹⁶ während des Entsalzungsbad es ursächlich für die eingangs beschriebenen Schäden ist, wurde eine Testreihe angelegt. Es sollte dabei untersucht werden, ob Schäden an den Zellwänden durch zu starke Plasmolyse oder Deplasmolyse aufgrund eines hohen Gradienten der Ionenkonzentrationen innerhalb und außerhalb der Zellen verursacht werden. Dazu wurde ein weniger starkes - nämlich mit Salzlösungen beginnendes und ein starkes - durch Leitungswasser - Ionenkonzentrationsgefälle im Wasserbad getestet um einen möglichen Unterschied auf die Vakuole der Zelle aufgrund von Osmose nachvollziehen zu können.

Testaufbau / Durchführung

Als Probenmaterial wurden lose, beiliegende Bruchstücke von den FN: 19.143, 19.217 und 19.277 entnommen. Da einige Objekte aus verschiedenen Pflanzenarten bestehen, welche sich in unterschiedlichen Erhaltungszuständen befinden, wurden drei Proben (eine Probengruppe) zufällig entnommen, die im Testverlauf den gleichen Behandlungen unterzogen wurden.

Für eine statistische Aussage wurde jeder Testabschnitt mit 3 Proben durchgeführt. Die ausgewählten Proben wurden zunächst mit einem Zentimetermaßband in der Länge und der Breite gemessen und mit einer Feinwaage²¹⁷ abgewogen. Mit I wurden alle Proben bezeichnet, die mit Salzlösungen behandelt wurden. Die römische Ziffer II erhielten alle Proben, die nur mit Wasserbädern entsalzt wurden. Die jeweiligen Proben, die dasselbe Verfahren, sprich gleiche Entsalzungs- und Trocknungsmethode, unterliefen, wurden mit der gleichen arabischen Ziffer bezeichnet (Probengruppe) und mit den Kleinbuchstaben a, b und c eindeutig gekennzeichnet.

Um das Verhältnis von der benötigten Wassermenge für das Entsalzungsbad der jeweiligen zu behandelnden Probe zu ermitteln, müssen mehrere Faktoren bedacht werden.

Da eine Natriumchlorid-Lösung bei 36%²¹⁸ gesättigt ist, musste die Wassermenge (ml) mindestens das Dreifache des in der Probe vorhandenen Salzes (g) betragen. Da die tatsächliche Menge an Salz in den Proben jedoch unbekannt ist, wurde vereinfacht das Gesamtgewicht der Probe, welches wesentlich höher ist als nur das des enthaltenen Salzes, zur Berechnung der Wassermenge herangezogen. Ebenso musste die Menge an Wasser ausreichend sein, um die Probe völlig benetzen beziehungsweise diese im Wasserbad schwimmend vorliegen zu haben. Um während der Testreihe den Leitwert der einzelnen Bäder messen zu können, musste zusätzlich die verwendete Messzelle vollkommen mit

²¹⁶ Siehe Kapitel 4.3.4, S. 45-49.

²¹⁷ Digitale Feinwaage TS-100, der Firma: G&G GmbH.

²¹⁸ BANIK, Wasser (2011), S.40.

Wasser bedeckt sein. Somit wurde, um bei den einzelnen Bädern genügend Wasser zur Verfügung zu haben sowie eine einheitliche und vergleichbare Wassermenge für alle Proben zu erhalten, der Faktor 2000 gewählt. Für die Ermittlung der Lösungsmittelmenge (ml) eines Bades wurde somit jeweils das Gewicht (g) der Probe mit dem vorher bestimmten Faktor multipliziert. Das Zeitintervall für die Dauer eines Bades wurde mit 30 Minuten gewählt. Gleichzeitig mit der Verdünnung der Lösung bzw. dem Badwechsel wurde der Leitwert²¹⁹ der Lösung gemessen.

Ein Teil der Proben wurden mit Salzlösungsbädern beginnend entsalzt (Abb. 71). Um den osmotischen Druck niedrig zu halten, wurde der berechneten Wassermenge Natriumchlorid zugefügt. Für das erste Entsalzungsbad wurde eine 24,3% Salzlösung gewählt, basierend auf dem angenommenen hohen Salzgehalt²²⁰ in den organischen Funden. Insgesamt wurden für die Entsalzung zehn Bäder benötigt, in denen der Salzgehalt schrittweise reduziert wurde, bis der gemessene Leitwert des Bades bei 70 mS/cm lag. Danach erfolgten zwei reine Leitungswasserbäder bis zum Erreichen des Leitwerts von 400 μ S/cm, welcher annähernd dem Leitwert des Wiener Leitungswassers²²¹ entspricht. Bei diesen wurde das gesamte Bad gewechselt, ebenso wurde bei den zwei abschließend durchgeführten Bädern mit deionisiertem Wasser verfahren. Der Entsalzungsprozess wurde beim Erreichen des Leitwerts von 11 μ S/cm²²² beendet.

Bei den mit II bezifferten Proben wurde bei der Entsalzung sofort mit reinem Leitungswasser begonnen. Im Gegensatz zum vorhergehenden Versuchsaufbau (Entsalzung beginnend mit Salzlösungen) wurden hierfür nur fünf Bäder durchgeführt, die jeweils komplett gewechselt wurden. Die ersten drei erfolgten mit reinem Leitungswasser, bis der Leitwert bei 500 μ S/cm lag. Wasserbad 4 und 5 erfolgte mit deionisiertem Wasser, der Entsalzungsprozess wurde ebenfalls beim Erreichen des Leitwerts von 11 μ S/cm beendet. Für die Evaluierung des Entsalzungsprozesses wurde die Leitfähigkeit²²³ am Ende von jedem Bad gemessen.

Die Trocknung aller entnommenen Proben erfolgte an der Luft. Um dies zu beschleunigen wurden sie auf einen Löschkarton gelegt (Abb. 72).

²¹⁹ Leitwert wurde mit dem Leitwert-Messgerät Qcond 2200 Art.-No. 620-4722 der Firma VWR International GmbH gemessen 0-2000 μ S/cm Messbereich, Messgenauigkeit $\pm 0,5\%$.

²²⁰ GENGLER, Textilien (2005), S.45.

²²¹ Der Leitwert des Wienerleitungswassers liegt bei 398 μ S/cm bei 20°C.

²²² Der Leitwert von deionisiertem Wasser liegt bei 11 μ S/cm bei 21°C.

²²³ Leitwert wurde mit dem Leitwert-Messgerät Qcond 2200 Art.-No. 620-4722 der Firma VWR International GmbH gemessen 0-2000 μ S/cm Messbereich, Messgenauigkeit $\pm 0,5\%$.



Abb. 71 Entsalzungsbäder der Grasproben

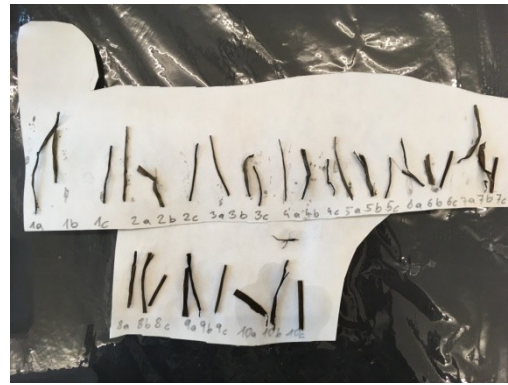


Abb. 72 Lufttrocknung der Grasproben

Auswertung

Die histologischen Präparate²²⁴ der Fasern wurden im Durchlichtmikroskop vor²²⁵, während und nach den²²⁶ Entsalzungsbehandlungen untersucht. Bei den Proben I2c²²⁷ und I1b²²⁸ (Abb. 74 und 77) konnte nach der Entsalzung, mittels reduzierender Salzlösungen, keine Veränderungen im Zellinneren ausgemacht werden. Bei den Proben II4b²²⁹ und II2b²³⁰ (Abb. 75 und 78), die nur mit Leitungswasser behandelt wurden lässt sich ebenfalls keine Veränderungen ausmachen.²³¹ Als Vergleich dienen die Querschnitte der Proben 17²³² und 14²³³, die den Zustand einer Probe vor der Entsalzung zeigen (Abb. 73 und 76). Die Zellwände der Grasblätter aller Proben zeigen einen guten Zustand auf. Es ist keine Veränderung der Vakuole ersichtlich, was darauf hinweist, dass keine Deplasmolyse stattgefunden hat. Es können keine Unterschiede beim Zustand der Zellen zwischen den in Salzlösungsbädern und den in Leitungswasserbädern entsalzten Proben festgestellt werden. Aufgrund dieser Ergebnisse kann die Hypothese I, also dass der osmotische Druck eine wesentliche Schadensursache bei der Entsalzung der Grasblätter einnimmt, nicht bestätigt werden.

²²⁴ Die naturwissenschaftlichen Untersuchungen wurden am Institut für Konservierung und Restaurierung (Leitung: o. Univ.-Prof.Mag.Dr. Gabriela Krist) in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc, ÖAI, durchgeführt.

²²⁵ Siehe Anhang I mikroskopische Untersuchung von archäologischen Fasern, Tabelle 1.

²²⁶ Siehe Anhang II Testreihen zur Entscheidungsfindung für die Entsalzungsmethode, Tabelle 5.

²²⁷ Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Anhang Probenprotokoll zu Probe I2c in Anhang I und Anhang II.

²²⁸ Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Anhang Probenprotokoll zu Probe I1b in Anhang I und Anhang II.

²²⁹ Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Anhang Probenprotokoll zu Probe II4b in Anhang I und Anhang II.

²³⁰ Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Anhang Probenprotokoll zu Probe II2b in Anhang I und Anhang II.

²³¹ Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Anhang Probenprotokoll zu Probe 14, 17, I2c, II4b, I1b, II2b in Anhang I und Anhang II.

²³² Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Anhang Probenprotokoll zu Probe 17 in Anhang I und Anhang II.

²³³ Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Anhang Probenprotokoll zu Probe 14 in Anhang I und Anhang II.



Abb. 73 Querschnitt Probe 17, mit 100facher Vergrößerung

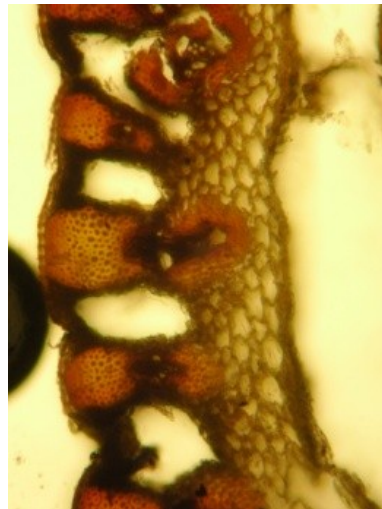


Abb. 74 Querschnitt der Probe I2c mit 100facher Vergrößerung



Abb. 75 Querschnitt der Probe II4b mit 100facher Vergrößerung

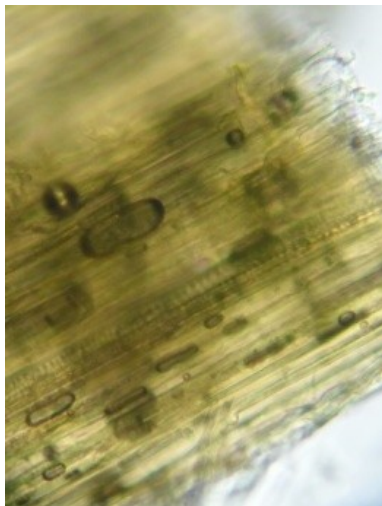


Abb. 76 Längsschnitt P14, mit 400facher Vergrößerung

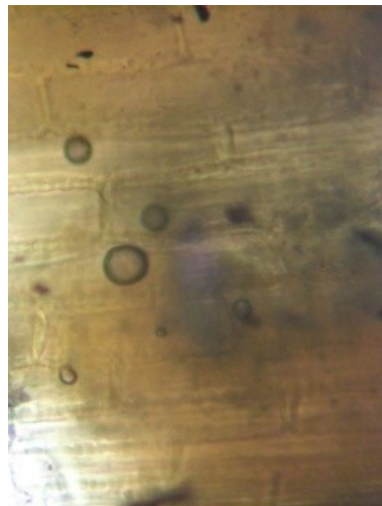


Abb. 77 Längsschnitt der Probe I1b mit 400facher Vergrößerung

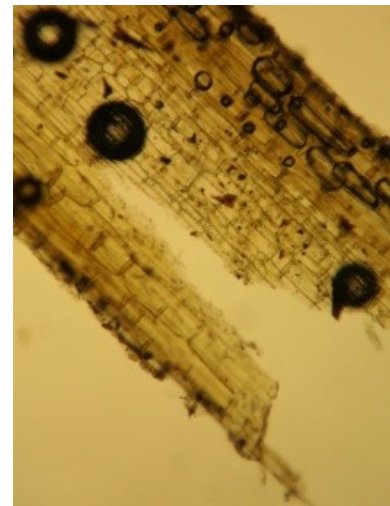


Abb. 78 Längsschnitt der Probe II2b mit 400facher Vergrößerung

6.3.3 Versuchsaufbau zur Ermittlung der Zeitspanne für die Entsalzungsbäder

Dieser Versuch soll dazu beitragen, die Dauer und eventuell die Anzahl der Bäder zu reduzieren. Die Verkürzung der Verweildauer der Gras- und Baumbastfunde im Wasser könnte das schädigende Quellen der Fasern reduzieren.

In dieser Versuchsreihe soll die Frage, wie lange die Salze benötigen, um aus den pflanzlichen Objekten zu migrieren, geklärt werden.

Für diese Untersuchung wurde der FN: 19.277 eine Probe entnommen. Um die Wassermenge zu definieren wurde wie bei den vorhergehenden Testreihen das Gewicht der Probe in g mit dem Faktor 2000 multipliziert. Das Gewicht der Probe beträgt 0,41 g, wodurch sich eine Menge von 820 ml Leitungswasser²³⁴ für das Entsalzungsbad ergab. Es wurde alle

²³⁴ St. Pöltner Leitungswasser 492 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

zwei Minuten der Leitwert des Wassers mittels Leitwert-Messgerät²³⁵ erfasst und in ein Diagramm eingetragen, bis der Wert konstant blieb. Nach diesem Durchgang wurde die Probe in ein frisches Leitungswasserbad gelegt und die Leitwerte für weitere 10 Minuten erfasst.

Auswertung

Aus dem Diagramm 7 ist abzulesen, dass die Menge der gelösten Teilchen in den ersten 20 Minuten im ersten Wasserbad stark anstieg und danach abflachte.

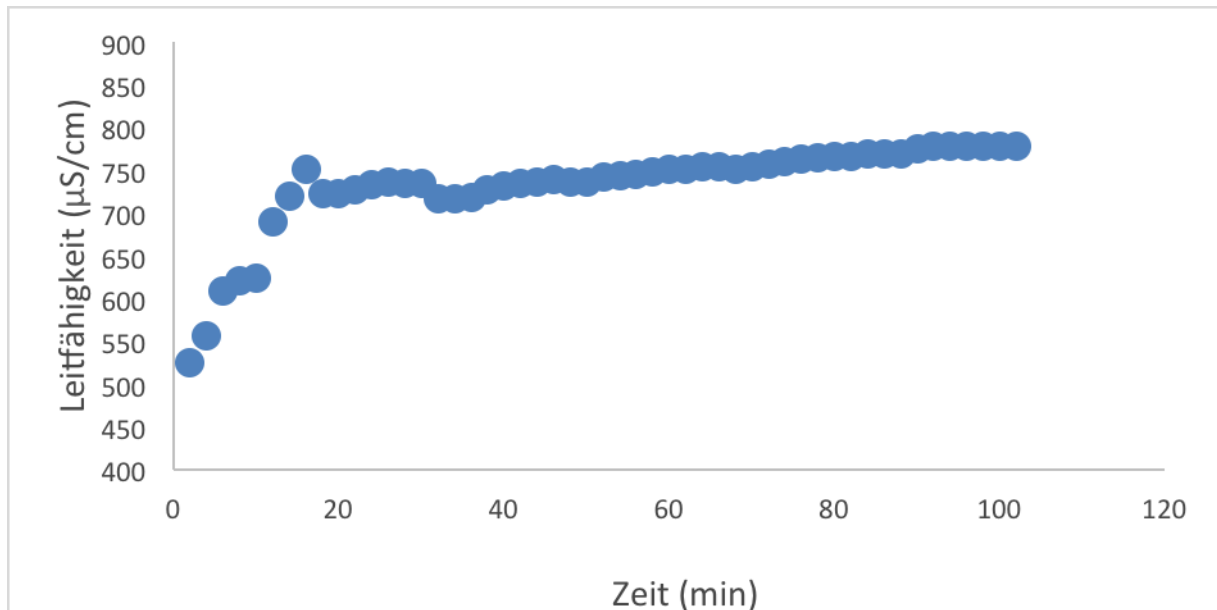


Diagramm 7 Menge der gelösten Teilchen²³⁶ im Verlauf der Zeit im 1. Entsalzungsbad

Im 2. Wasserbad blieb der Leitwert konstant bei 492 µS/cm, welcher dem des Leitungswassers entspricht und somit anzeigte, dass keine Entsalzung mehr erfolgt, da sie bereits vollständig abgeschlossen ist.

Der Versuch zeigte, dass der Großteil der Salze aus der Probe bereits nach 20 Minuten in Lösung ging. So ist es empfehlenswert für die Verkürzung des Entsalzungsprozesses den Leitwert während des gesamten Vorganges zu dokumentieren, um bei Erreichen eines Plateaus den Prozess zu beenden und anschließend nur mehr ein Spülbad durchzuführen. Dieses Spülbad dient dann einerseits dazu noch mögliche anliegende Ionen zu entfernen und andererseits kann es als Überprüfung dienen, ob der Entsalzungsprozess wirklich abgeschlossen ist, indem der Leitwert konstant bleibt und nicht mehr steigt.

²³⁵ Leitwert wurde mit dem Leitwert-Messgerät Qcond 2200 Art.-No. 620-4722 der Firma VWR International GmbH gemessen 0-2000 µS/cm Messbereich, Messgenauigkeit $\pm 0,5\%$.

²³⁶ Siehe Anhang IV Versuch zur Ermittlung der Zeitspanne für die Entsalzungsbad Tabelle 13.

6.3.4 Entsalzung mit Kompressen

Diese Methode der Entsalzung stammt ursprünglich aus der Stein- und Putzrestaurierung.²³⁷

Die Verwendung von Kompressen als zeitlich begrenzter Flüssigkeitsspender wird aber auch an organischen Materialien angewendet.

Bei dieser Methode löst sich zuerst das Salz und wird aufgrund physikalischer Prozesse aus dem Objekt transportiert. Dabei kommen zwei Stofftransportarten vor, die Diffusion und die Advektion. Die Advektion erfolgt durch die Kapillarwirkung des Kompressenmaterials, wobei Wasser mit den gelösten Salzen bewegt wird und die Ionen dadurch tendieren sich an der beginnenden abzutrocknenden Oberfläche der Komresse zu sammeln. Bei der Diffusion bewegen sich die Ionen von selbst, bedingt durch Konzentrationsunterschiede zwischen Objekt und Komresse.²³⁸ Der Stofftransport über Diffusion erfolgt beim Einsatz der Komresse wie bei der Badentsalzung.²³⁹

Die Entsalzungsmethode mit feuchten Kompressen sieht vor, dass diese am Objekt zunächst luftdicht abgedeckt werden damit die Feuchtigkeit auch durchdringen kann.²⁴⁰ Dadurch wird das Objekt befeuchtet und die Salze gehen in Lösung um anschließend transportiert zu werden. „Die Salzionen diffundieren aufgrund des Konzentrationsgefälles zwischen dem ionenreichen und ionenarmen Material in die Komresse.“²⁴¹ Anschließend muss die Abdeckung entfernt werden, damit die Komresse trocknen kann. Die Komresse trocknet zunächst an der vom Objekt abgewandten Oberfläche, wodurch die Flüssigkeit in die Komresse aufgrund der Kapillarwirkung zurückgezogen wird. Dies hat zur Folge, dass die gelösten Salze mit dem Wasser in die Komresse transportiert werden.²⁴² Der Erfolg dieser Entsalzungsmethode ist vom flächigen Kontakt der Komresse mit dem Objekt während der Trocknung abhängig. Der Prozess ist erst abgeschlossen, wenn die Komresse vollständig abtrocknet ist. Bei dieser Methode kann auch auf die Wasserempfindlichkeit der zu entsalzenden Materialien eingegangen werden, indem der Feuchtigkeitsgrad der Komresse angepasst wird.²⁴³

Diese Methode wurde auf den sogenannten Salzbänden aus Marburg (DE) angewandt. Zum Schutz vor Kriegsschäden während des II. Weltkriegs wurden 1944 ca. 230.000 Bücher der Universitätsbibliothek Marburg in das 30 km entfernte Salzbergwerk Hattorf an der hessisch-thüringischen Grenze (D) gebracht. Dort brach jedoch im April 1945 ein Brand aus und als die Lösversuche mit Wasser nichts halfen wurde der Stollen zum Ersticken des Feuers

²³⁷ LESSMANN, Kompressensystemen (2016), S. 44.

²³⁸ LESSMANN, Kompressensystemen (2016), S. 44.

²³⁹ LESSMANN, Kompressensystemen (2016), S. 51.

²⁴⁰ LESSMANN, Kompressensystemen (2016), S. 44.

²⁴¹ Kosel, B. / Hähner, U. / Pataki, A., Die Marburger Salzbände. Reduzierung hoher Salzkonzentrationen aus Büchern. In: *Papier Restaurierung* 5/2/2004, S. 11-17, S. 14.

²⁴² LESSMANN, Kompressensystemen (2016), S. 44.

²⁴³ KOSEL / HÄHNER / PATAKI, Salzbände (2004), S. 14.

zugemauert. Ein Jahr darauf wurde dieser zur Begutachtung der entstandenen Schäden wieder geöffnet. Als Schadensbilder erwiesen sich neben Hitzespuren auch Schädigungen durch auskristallisierte Salze. Letztere traten vor allem nach der Bergung auf, als die nassen Bücher trockneten. Durch diese Auskristallisation kam es zu einer Volumenzunahme. Salzkristalle wuchsen zum Teil durch mehrere Seiten hindurch. Dadurch wurde die Benutzung der Bücher ohne mechanische Folgeschäden fast unmöglich.²⁴⁴

Um die originale Buchbindung nicht zu öffnen wurde zur Entsalzung ein mobiler Saugtisch, auch Buchkeil genannt, verwendet. Dieser wird zwischen dem zu entsalzenden Blatt und den anderen Seiten in das Buch eingelegt. Das Blatt wurde, in dieser Position unter konstantem Sog, mit 40°C warmen demineralisierten Wasser gespült. Diese Methode konnte aber nicht an allen Seiten, aufgrund der Kristalle, die mehrere Seiten miteinander verbanden, und ebenso wenig am Bucheinband durchgeführt werden. Somit wurde für Bucheinbände und zusammenhängende Seiten eine Entsalzungsmethode mit Kompressen angedacht.²⁴⁵ Als Kompressenmaterial wurden Zellstofflocken oder Löschkarton eingesetzt, welche mit demineralisiertem Wasser befeuchtet wurden. Die verwendete Flüssigkeitsmenge betrug bei großflächigen Kompressen 2/3 des Kompressengewichtes, bei kleinflächigen Kompressen 5/3 des Kompressengewichtes. Des Weiteren wurde ein dünnes reißfestes Seidenpapier (8,5 g/m², ungeleimt) als Zwischenschicht von Objektoberfläche und Kompressen eingesetzt. Mit dieser Vorgehensweise konnten die Objekte erfolgreich entsalzt werden.²⁴⁶

Diese Methode ist auch für die Gras- und Baumbastobjekte interessant, vor allem in Hinblick auf die geringeren benötigten Wassermengen, die möglicherweise zu einem geringeren Schrumpfen führen können. Auf das Vermeiden des Schrumpfungsvorganges zielt Hypothese II ab.²⁴⁷

6.3.5 Testreihe zur Hypothese II: physikalische Schädigung aufgrund des Wassereintrags

Um die aufgestellte Hypothese zum Einfluss von Wasser auf das Quellvermögen der Cellulose und die möglicherweise dabei entstehenden physikalischen Schädigungen zu erfassen wurde eine zweite Testreihe angelegt.

²⁴⁴ KOSEL / HÄHNER / PATAKI, Salzbände (2004), S. 11f.

²⁴⁵ KOSEL / HÄHNER / PATAKI, Salzbände (2004), S. 13f.

²⁴⁶ KOSEL / HÄHNER / PATAKI, Salzbände (2004), S. 14f.

²⁴⁷ Siehe Kapitel 4.3.4, S. 45-49.

Testaufbau / Durchführung

Für eine statistische Aussage wurde jeder Testabschnitt mit 3 Proben durchgeführt. Alle verwendeten Proben wurden aus den noch nicht bearbeiteten feuchten Funden²⁴⁸ mit der FN: 19.143, 19.217 und 19.277 entnommen, dabei handelte es sich um lose beiliegende Bruchstücke. Die ausgewählten Proben wurden zunächst mit einem Zentimetermaßband in der Länge und der Breite gemessen und mit der Feinwaage²⁴⁹ abgewogen, danach erfolgte die Entsalzung mittels Kompressen. Die so behandelten Proben wurden mit der römischen Ziffer III versehen. Die jeweiligen Proben, die dasselbe Verfahren, sprich gleiche Entsalzungs- und Trocknungsmethode, unterliefen, wurden mit der gleichen arabischen Ziffer bezeichnet (Probengruppe) und mit den Kleinbuchstaben a, b und c eindeutig gekennzeichnet.

Als Kompressenmaterial wurde unterhalb der Probe ein Löschkarton und oberhalb der Probe eine handelsübliche Watte verwendet. Zwischen Probe und Watte wurde eine Schutzschicht aus einer Lage Japanpapier²⁵⁰ platziert, damit die darauffolgende wassergetränkte Watte nicht an den Grashalmen hängen bleibt.

Das Verhältnis von Kompressen zu Wasser wurde auf 1:3, sprich 10 g Watte zu 30 ml Wasser festgelegt.²⁵¹ Für die Entsalzung wurde Leitungswasser verwendet.

Als Einwirkzeit der Befeuchtung wurde ein Zeitrahmen von drei Stunden gewählt. Damit die Komresse in dieser Zeit nicht anfängt zu trocknen, wurde sie mit einer Folie abgedeckt.

Anschließend wurde die Folie abgenommen und die Komresse inklusive der darunter liegenden Probe an der Luft trocknen gelassen (Abb. 79). Im Durchschnitt dauerte dieser Vorgang 24 Stunden. Bei der Probengruppe III1a-c wurde eine Komresse aufgebracht. Bei III2a-c erfolgte der Vorgang nach dem ersten Trocknen noch ein weiteres Mal und bei der letzten Probengruppe III3a-c noch fünf Mal. Diese Wiederholungen wurden durchgeführt, um den Wirkungsgrad der Entsalzung zu erhöhen. Dies war notwendig, da die Probengruppe III1a-c noch steifer im Vergleich zu den Proben II war.

²⁴⁸ Die unbearbeiteten Funde werden bei einer rF von 75% aufbewahrt.

²⁴⁹ Digitale Feinwaage TS-100, der Firma: G&G GmbH.

²⁵⁰ Sanmore Roll, No.635 620/R von Japico-Feinpapier-Vertriebs-GmbH.

²⁵¹ Dieses Verfahren wurde an die Kompressenbehandlung der Marburger Salzbände angelehnt. Siehe: KOSEL / HÄHNER / PATAKI, Salzbände (2004).



Abb. 79 Entsalzung mittels Kompressen von Grasproben

Auswertung

Die Ergebnisse der histologischen Präparate²⁵² wurden evaluiert.²⁵³ Es wurden die Proben II mit den Proben III verglichen.

Bei den mikroskopischen Untersuchungen der histologischen Präparate²⁵⁴ konnten keine Veränderungen der Zellstruktur festgestellt werden, weder bei den mit Kompressen als auch bei den mit Leitungswasser behandelten Proben. Keine Probe wies einen Zellkollaps auf. Diese Methode scheint somit auch keinen negativen Einfluss auf den Zustand der Zellen zu haben.

Die Auswertung der ersichtlichen Schäden erfolgte nach den Kriterien Flexibilität, Rissbildung und Deformierungen. Diese wurden in je drei Zustandskategorien unterteilt. Dabei sind zwar keine quantitativen Aussagen möglich, jedoch können qualitative getroffen werden, die eine gewisse Tendenz der einzelnen Entsalzungsmethoden anzeigen.

Die beste Zustandsstufe der Deformierung geht von kaum einer Veränderung der Probe in seiner Form aus; die mittlere Stufe steht für nur geringe dreidimensionale Veränderungen und die letzte beschreibt starke Formveränderungen, wie ein Einrollen, ein Verwerfen oder einen kompletten Formverlust.

Dokumentiert wurden die Deformierungen indem zwei Fotos aufgenommen wurden, einmal vor der Behandlung und einmal danach.

Die Proben, die mit Wasserbädern entsalzt wurden, zeigen ein uneinheitliches Bild auf, es sind sowohl leichte wie auch starke Deformierungen nach der Behandlung ersichtlich. Besonders stark treten sie nach den Entsalzungsbädern mit deionisiertem Wasser auf. Bei

²⁵² Die naturwissenschaftlichen Untersuchungen wurden am Institut für Konservierung und Restaurierung (Leitung: o. Univ.-Prof.Mag.Dr. Gabriela Krist) in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI durchgeführt.

²⁵³ Siehe Anhang II Testreihen zur Entscheidungsfindung für die Entsalzungsmethode, Tabelle 7.

²⁵⁴ Siehe Anhang II Testreihen zur Entscheidungsfindung für die Entsalzungsmethode, Tabelle 5 und 7.

den mit Kompressen entsalzten Proben sind diese zwar etwas zusammengedrückt, haben aber ansonsten ihre Form behalten (Abb. 80 und 81).²⁵⁵



Abb. 80 Probe III2c vor der Entsalzung



Abb. 81 Probe III2c zeigt nach der Entsalzung eine Deformierung auf

Um die Flexibilität der Proben nach der Entsalzung zu beurteilen, wurden folgende Kriterien festgelegt: lässt sich eine Probe in alle Richtungen verbiegen, ist sie als flexibel, das heißt in eine gute Zustandsstufe einzuordnen. Wenn sie sich etwas biegen lässt bevor sie bricht, wird sie der mittleren Zustandsstufe zugeteilt und wenn sie sich kaum ohne zu brechen biegen lässt, dann wird sie als steif eingestuft und somit dem schlechtesten Zustand zugeordnet.

Bei der Auswertung der Flexibilität nach der Entsalzung zeigte sich jedoch ein uneinheitliches Bild. Der Zustand der Proben, die in Wasserbädern entsalzt wurden, ist sehr heterogen. So sind einige Proben steif, andere wiederum noch flexibel. Die mit Kompressen behandelten Proben zeigten hingegen im Schnitt eine etwas höhere Flexibilität auf.²⁵⁶

Bei der Bewertung der Rissbildung umfasst die Stufe mit dem besten Zustand, die Proben, die keine Veränderung zum Vorzustand aufweisen. Die mittlere Stufe nehmen die Proben ein, deren bereits vorhandenen Risse durch die Behandlung verstärkt wurden. In die letzte Stufe werden Proben eingeteilt, wenn sie neue Brüche nach der Entsalzung aufweisen.

Die Rissbildung ist bei den Proben mit deionisierten Wasserbädern am höchsten, gefolgt von den mit Kompressen behandelten. Nur die mit Leitungswasser entsalzten Proben weisen hier ein gutes Resultat auf.²⁵⁷

Zusammenfassung der Ergebnisse und Wahl der Maßnahmen für die Entsalzung

Durch die Testreihen zeigte sich, dass der Einfluss des osmotischen Druckes nicht nachgewiesen werden konnte und daher vermutlich eine vernachlässigbare Rolle spielt. Im Zuge dieser Testreihen war nur eine leichte Tendenz erkennbar, dass deionisiertes Wasser einen negativen Einfluss auf die Deformierung und Rissbildung hat. Auf der Ebene der Zellstruktur und der Flexibilität konnten keine relevanten Unterschiede zwischen den beiden Probengruppen, die nur mit Leitungswasser und denen die im Anschluss auch noch mit deionisiertem Wasser behandelt wurden, erfasst werden. Da aber auch durch die Fachliteratur dazu geraten wird, auf deionisiertes Wasser zu verzichten, soll die Durchführung der Entsalzung der Gras- und Baumbastfunde ausschließlich mit Leitungswasser durchgeführt werden.

²⁵⁵ Siehe Anhang II Testreihen zur Entscheidungsfindung für die Entsalzungsmethode, Tabelle 6 und 8.

²⁵⁶ Siehe Anhang II Testreihen zur Entscheidungsfindung für die Entsalzungsmethode, Tabelle 6 und 8.

²⁵⁷ Siehe Anhang II Testreihen zur Entscheidungsfindung für die Entsalzungsmethode, Tabelle 6 und 8.

Abschließend kann man zusammenfassen, dass die Ergebnisse von den mittels Kompressen entsalzten Proben sehr vielversprechend in Bezug auf Formveränderungen und Flexibilität der Grasblätter sind und somit die Hypothese II unterstützen. Leider war es aber im Zuge dieser Diplomarbeit nicht möglich, die nach dieser Methode entsalzten Proben auf einen eventuellen Restbestand an Salz zu untersuchen, um eine erfolgreiche vollständige Entsalzung zu belegen.²⁵⁸ Auch muss bei dieser Methode noch der Frage nachgegangen werden, ob bei wiederholten Entsalzungsvorgängen durch erneute Kompressenaufbringung nach vollständigem Austrocknen der Proben, es nicht zu faserschädigenden Auskristallisierungen der Salze kommt, so wie es bei anderen organischen Funden aus Hallstatt bereits beschrieben wurde.²⁵⁹ Somit stellt die Thematik der Entsalzung von Gras- und Baumbastobjekten mittels Kompressen noch ein interessantes Feld für weitere Forschungen dar.

Als Konzept für die Entsalzung der Gras- und Baumbastfunde wird ein Wasserbad empfohlen. Da die physikalischen Schädigungen aufgrund der Wasserzufuhr als relevant für das anzutreffende Schadensphänomen bei den Gras- und Baumbastschnüre ausgemacht wurden, soll die Anzahl und die Dauer der Entsalzungsbäder reduziert werden. Während der Entsalzungsbäder soll der Leitwert kontinuierlich gemessen werden und bei Erreichen eines Plateaus, das Wasser im Bad getauscht, beziehungsweise nur noch ein letztes Bad durchgeführt werden. Im Gegensatz zu den Proben aus den Testreihen, welche mehr oder weniger frei vorlagen, liegen die zu bearbeitenden Funde als Blockbergung vor. Um die Dauer der Entsalzungsbäder, die gleichzeitig als Freilegungsbäder fungieren, zu reduzieren, müssen diese Auflagerungen soweit wie möglich vor dem Wasserbad mechanisch entfernt werden.

Da die Reduzierung von Deformationen durch Einnähen in ein Tüllgewebe vor dem Entsalzungsbad, bei anderen organischen Funden, gute Resultate gezeigt haben,²⁶⁰ sollen auch die Gras- und Baumbastfunde eine physische Stütze erhalten. Hierfür sind die Freilegung der Funde aus dem Block und die Entfernung der Auflagerungen, damit die Schnüre fest zwischen zwei Tülllagen eingenäht werden können, ebenfalls eine Voraussetzung.

²⁵⁸ Aufgrund der behördlich festgelegten Ausgangssperren im Zuge der CoVid-19 Pandemie und damit resultierender Schließung der Universitäten für das Sommersemester 2020, konnten keine weiteren naturwissenschaftlichen Untersuchungen, wie zum Beispiel REM-Aufnahmen durchgeführt werden.

²⁵⁹ GENGLER, Textilien (2005), S. 73f.

²⁶⁰ GENGLER, Textilien (2005), S. 83.

6.4 Trocknung

Durch eine Trocknung soll eingebrachtes Wasser aus dem Objekt entfernt werden. Dieser Vorgang bedeutet in den meisten Fällen Stress für das Objekt. Durch den Entzug vom volumeneinnehmenden Wasser kann es zu Schrumpfungen und Brüchen in den Funden kommen. Infolgedessen sind meist weiterführende Maßnahmen nach einer Trocknung durch Einbringen von Festigungsmitteln notwendig.²⁶¹

Um einen potenziellen Trocknungsstress zu minimieren, wurden unterschiedliche Trocknungsmethoden aus dem Feld der Restaurierung von Feucht- und Nassfunden zusammengetragen und kritisch auf ihre Anwendbarkeit an den Grasschnüren aus Hallstatt betrachtet. So wird zunächst auf die Trocknung bei Raumklima, dann auf eine kontinuierliche Herabsetzung der relativen Luftfeuchtigkeit, auf die Lösemitteltrocknung und auf die Gefriertrocknung eingegangen.

6.4.1 Lufttrocknung

Die Lufttrocknung ist eine einfache und auch kostengünstige Methode. Jedoch ist sie mit großem Risiko verbunden. Vor allem bei pflanzlichen Funden, deren Zellwände nicht mehr intakt sind, wie etwa bei Funden aus den Seeufersiedlungen, wo das Wasser bis zur Trocknung als Stabilisierungsmedium fungierte. Eine Lufttrocknung führt hier unweigerlich zum Zellkollaps. Dabei wird beim Entzug des Wassers die Zellwand verworfen. Dies kann so weit gehen, dass sie bricht und das Zelllumen verloren geht. Infolgedessen kommt es zu starken Schrumpfungen der Objekte, da sich nun die benachbarten Zellwände berühren. Zusätzlich können aufgrund unterschiedlichen Trocknungsverhaltens der Zellen, Spannungen durch ungleichmäßiges Schrumpfen entstehen. Die Folge davon sind irreversible Schäden von Zellwänden, die unter dieser Spannung aufreißen.²⁶² Rast-Eicher schreibt, dass alle Bastfunde aus den Seeufersiedlungen, die nur luftgetrocknet wurden, die Zeit nicht überdauerten und regelrecht zerbröselten. Verkohlte Funde bilden die Ausnahme, in dem Fall liegen die Fasern karbonisiert vor, wodurch sie gegenüber äußeren Einflüssen stabil sind.²⁶³

²⁶¹ Jenssen, V., Conservation of wet organic artefacts excluding wood. In: Pearson, C. (Hg.), Conservation of marine archaeological objects, London (u.a.) 1987, S. 122-163, S. 123f.

²⁶² Brather, St., Restaurierung organischer Materialien (o.D.).

http://www.landesarchaeologen.de/fileadmin/Dokumente/Dokumente_Kommissionen/Dokumente_Grabungstechniker/Grabungstechnikerhandbuch/25_5_Restaurierung_organischer_Materialien.pdf. Zugriff: 2.1.2020.

²⁶³ Dietrich, A. / Rast-Eicher, A., Neolithische und bronzezeitliche Gewebe und Geflechte. Die Funde aus den Seeufersiedlungen im Kanton Zürich, Zürich 2015, S. 13.

Bei den antiken ägyptischen Leinen aus der zuvor schon erwähnten Versuchsreihe²⁶⁴ von Marsh-Letts und Adeloju wurden einige Proben ebenfalls luftgetrocknet. Die Autoren beschreiben, dass diese versprödeten und in ihrer Konsistenz ähnlich wie Papier wurden.²⁶⁵

Die Textilien, sowie Leder- und Fellfunde aus dem prähistorischen Salzbergwerk Hallstatt werden bis heute, nach der Entsalzung im Wasserbad, ebenfalls luftgetrocknet. Gengler beschreibt in ihrer Diplomarbeit, dass zunächst das überschüssige Wasser mittels eines Schwämmchens entfernt und dann die Textilfunde fadengerade ausgelegt wurden. Anschließend wurden sie luftgetrocknet.²⁶⁶

Momentan findet diese Methode bei der Trocknung von Gras- und Baumbastobjekten in Hallstatt Verwendung. Jedoch sind auch hier die oben genannten Formveränderungen anzutreffen.

6.4.2 kontrollierte Lufttrocknung

Von Miller führte bei den Leder- und Fellfunden Versuche zu unterschiedlichen Trocknungsmethoden durch, unter anderem auch die sogenannte kontrollierte Trocknung an der Luft. Dabei wurde das Objekt mit einem saugfähigen Material ummantelt, in diesem Fall mit Zellstofftüchern, welches dann luftdicht mit einer Polyester- oder mit einer Aluminiumfolie abgedeckt wurde. Innerhalb dieses Pakets bildet sich nach einer gewissen Zeit ein Feuchtigkeitsgleichgewicht zwischen Objekt und Zellstofftüchern. Das saugfähige Material fungiert in diesem System als Puffer, indem es die Bildung von Wassertropfen an der Objektoberfläche verhindert. Zusätzlich bietet die Verwendung einer steiferen Folie, wie zum Beispiel Aluminiumfolie, dem Objekt eine gewisse stützende Wirkung und kann dadurch bei der Trocknung einer Deformierung erfolgreich entgegenwirken. Dies wurde meist eine Nacht so belassen bevor die luftdichte Hülle entfernt wurde und das Objekt bei Raumklima vollständig trocknen konnte. V. Miller erzielte damit gute Resultate.²⁶⁷ Muskalla und Wittköpper beschreiben ein ähnliches Vorgehen bei Nassholzfunden, die in luftdichten Verpackungen getrocknet werden, in dem diese in regelmäßigen Intervallen geöffnet werden, um einen Luftaustausch zu ermöglichen, bevor sie wieder luftdicht verschlossen werden, bis das Klima in der Verpackung dem des Raumes entspricht.²⁶⁸

Die kontrollierte Lufttrocknung verspricht somit auch bei den Gras- und Baumbastfunden ein besseres Ergebnis als bei der bis jetzt praktizierte Lufttrocknung. Da davon ausgegangen

²⁶⁴ Siehe Kapitel 6.3, S. 54-58.

²⁶⁵ MARSH-LETTS / ADELOJU, Surface (2002), S. 70-73.

²⁶⁶ GENGLER, Textilien (2005), S. 83f/90f.

²⁶⁷ MILLER, Leder (2006), S. 115-117.

²⁶⁸ Muskalla, W. / Wittköpper, M., Holz. In: Gebhard, R. / Egg, M., Das KUR-Projekt: Massenfunde in archäologischen Sammlungen. Eine Kooperation der Archäologischen Staatssammlung München und des römisch-Germanischen Museums Mainz, (2009). https://www.hornemann-institut.de/german/epubl_txt/2012_KURProjekt_Mazzola.pdf. Zugriff: 28.4.2020.

wird, dass sie ähnlich wie bei Muskalla und Wittköpper wirkt, zumal es sich ebenfalls um pflanzliches Material handelt.

6.4.3 Lösemitteltrocknung

Bei dieser Methode werden die noch nassen Objekte gleich in Lösemittelbäder gelegt, in denen das Lösemittel allmählich das sich im Objekt befindende Wasser ersetzt. Wird das Objekt dann herausgenommen, evaporiert das Lösemittel während des Trocknungsprozesses. Prinzipiell verursacht ein Lösemittel mit einer geringeren Polarität ein geringeres Quellen der Fasern. Ebenso kann die Affinität der H-Bindungsstellen an den Polymerketten für die austretende Flüssigkeit verringert werden, wodurch das Schrumpfungsverhalten und die Gefahr von Brüchen minimiert wird. Der Vorteil dieser Methode ist, dass sie nicht aufwendig ist. Jedoch können dadurch eventuell vorhandene Farbstoffe und Öle gelöst werden, sowie chemisch gebundenes Wasser entzogen oder auch die Degeneration von Proteinen beschleunigt werden.²⁶⁹ Für die Lösemittelbäder können Aceton, Alkohole und Xylol eingesetzt werden.²⁷⁰

Von Miller testete eine Reihe von unterschiedlichen Trocknungsmethoden an Lederfragmenten aus dem prähistorischen Salzbergwerk Hallstatt. Dabei erzielte das Gemisch Ethanol mit Wasser, im Verhältnis 3 zu 1, gute Ergebnisse. Ein Gemisch mit Aceton hingegen ergab ein nicht zufriedenstellendes Resultat. Das Leder wurde steif und erschien heller.²⁷¹

Für die Gras- und Baumbastobjekte kann diese Trocknungsmethode gute Ergebnisse erzielen, da sie geringere Zugspannungen verursacht und somit die Schrumpfung vermindert.

6.4.4 Gefriertrocknung

Das Prinzip der Gefriertrocknung basiert auf dem Vorgang der Sublimation, also der Übergang eines Stoffes von seiner festen Phase direkt in die Gasphase. Diese Methode wird seit den 1950er Jahren auch im Bereich der Konservierung und Restaurierung eingesetzt.²⁷² Bei der Gefriertrocknung werden die Eigenschaften von Wasser soweit ausgenutzt, dass dieses unter bestimmten Bedingungen im gefrorenen Zustand einen ausreichenden Dampfdruck besitzt, um direkt vom festen in den gasförmigen Aggregatzustand überzugehen (Abb. 82).

²⁶⁹ JENSSEN, Artefacts (1987), S. 124.

²⁷⁰ JENSSEN, Artefacts (1987), S. 151.

²⁷¹ MILLER, Leder (2006), S. 115-117.

²⁷² STELZNER, Nassholzkonservierung (2017), S. 32.

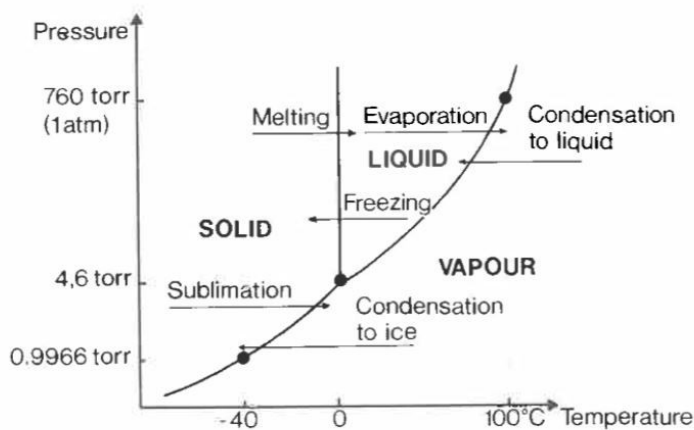


Abb. 82 Phasendiagramm vom Wasser in Abhängigkeit von Temperatur und Druck

Der Wasserdampfpartialdruck im gefrorenen Objekt neigt dazu mit dem Wasserdampfpartialdruck im geschlossenen Raum ein Gleichgewicht einzugehen. Dadurch gehen Wassermoleküle im gefrorenen Zustand direkt aus der festen Phase in die Dampfphase über. Eine Vakuumpumpe (Abb. 83) ist erforderlich, um den Wasserdampf abzupumpen und somit das sich einpendelnde Gleichgewicht zu stören, damit kontinuierlich Wassermoleküle aus dem Eis in die Gasphase übergehen.²⁷³

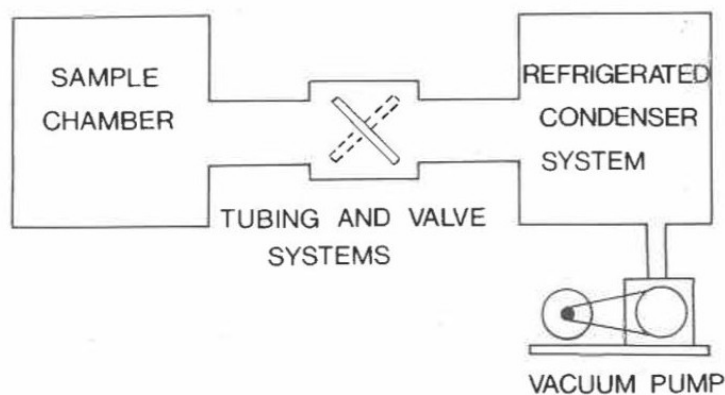


Abb. 83 Aufbau einer Gefriertrocknungsanlage

Durch die Gefriertrocknung sollen irreversible Oberflächenspannungsbelastungen innerhalb geschwächter und gealterter Zellen, die unvermeidlich mit dem Trocknen aus der flüssigen Phase einhergehen und den folgenden Zellkollaps verursachen, vermieden werden.²⁷⁴ Somit wird die Gefriertrocknung als eine objektschonende Methode angesehen, da ein geringeres Schrumpfungsverhalten der Objekte als bei anderen Trocknungsmethoden vorliegt und somit das Risiko eines Zellkollapses abnimmt.²⁷⁵

²⁷³ Banik, G. / Brückle, I., Papiertrocknung in der Restaurierung, in: Banik, G. / Brückle, I. (Hg.), Papier und Wasser. Ein Lehrbuch für Restauratoren, Konservierungswissenschaften und Papiermacher, München 2011, S.469-510, S. 478.

²⁷⁴ Ambrose, W.R., Application of freeze-drying to archaeological wood. In: Rowell, R.M., Barbour, R.J. (Hg.), archaeological wood properties, chemistry, and preservation, (o.O.) 1990, S. 235-261, S 237.

²⁷⁵ DIETRICH / RAST-EICHER, Seeufersiedlungen (2015), S. 15.

Wenn auch die ersten Versuche der Gefriertrocknung im Bereich der Restaurierung in den 1950er Jahren erfolgten,²⁷⁶ wurde sie erst in den 1970er Jahren erfolgreich durchgeführt, da nun die Objekte zuvor mit einem Stabilisierungsmittel getränkt wurden. Diese Vorbehandlung ist erforderlich, um das im Objekt vorhandene Wasser zu reduzieren. Ansonsten würde das Wasser im Objekt zunächst an dessen Rändern gefrieren. Gefriert dann das Wasser in weiterer Abfolge im Inneren, erzeugt es aufgrund seiner Eigenschaft der Expansion beim Übergang der flüssigen in die feste Phase, eine Dehnung. Dies führt zu Zugspannungen, wodurch die schon erstarrte Schicht aufgerissen wird.²⁷⁷ So werden die Objekte bei der Gefriertrocknung ohne Einbringung eines Stabilisierungsmittels in der Regel brüchig.²⁷⁸ Trotzdem besteht unter Fachleuten eine gewisse Abneigung gegenüber Stabilisierungsmitteln, da sie meist nicht vollständig, bzw. überhaupt nicht reversibel sind. So werden weiterhin Versuche zur Gefriertrocknung ohne Stabilisierungsmittel durchgeführt, jedoch meist ohne zufriedenstellenden Erfolg. Marsh-Letts und Adeleju berichten bei ihren Versuchen an ägyptischen Leinen, wo sie eine Gruppe der nassbehandelten Fragmente ohne Festigungsmittel mit dem Vakuum-Gefriertrockner trockneten, dass diese nach der Behandlung eine größere Neigung zum Zerfallen aufwiesen als solche, die manipuliert worden sind.²⁷⁹

Durch den Einsatz von Stabilisierungsmitteln gefriert zuerst der Kern des Objektes.²⁸⁰ Bei der Wahl des Stabilisierungsmittels gilt der Anspruch nach Reversibilität und Alterungsbeständigkeit. Ebenso sollte gelten, weniger ist mehr. Fasern sollen gefestigt werden, um einen Zellkollaps zu verhindern, ohne gleichzeitig ihre Elastizität einzubüßen. Ebenso soll ihr Volumen erhalten bleiben, durch die Tränkung dürfen sie weder schrumpfen noch quellen.²⁸¹

In den letzten Jahrzehnten wurde eine Vielzahl an verschiedenen Stabilisierungsmitteln eingesetzt. Seit den 60er und 70er Jahren des 20. Jahrhunderts waren vorwiegend synthetische Mittel im Gebrauch. Einige von diesen Mitteln sind jedoch nicht reversibel und führten mit der Zeit zu Schädigung der Zellstruktur. Ebenso erschweren sie weitere wissenschaftliche Untersuchungen an den Fasern.²⁸² Vor allem Polyethylenglycol (PEG), Polyethylen und Glycol wurden als Stabilisierungsmittel für schon beschädigte Zellen verwendet. Natürliche wie auch synthetische Wachse fanden einen Einsatz bei der

²⁷⁶ STELZNER, Nassholzkonservierung (2017), S. 32.

²⁷⁷ GOEDECKER-CIOLEK, Gletschermumie (1994), S. 106.

²⁷⁸ JENSSEN, Artefacts (1987), S. 151.

²⁷⁹ MARSH-LETTS / ADELOJU, Surface (2002), S. 70-73.

²⁸⁰ GOEDECKER-CIOLEK, Gletschermumie (1994), S. 106.

²⁸¹ DIETRICH / RAST-EICHER, Seeufersiedlungen (2015), S. 15.

²⁸² RAST-EICHER, Fibres (2016), S. 56.

Gefriertrocknung, weil angenommen wurde, dass sie durch Hitze löslich und daher reversibel bleiben. Jedoch zeigte sich, dass doch immer Reste zurückblieben.²⁸³

Heute werden gerne wasserlösliche Polymere, wie Polyvinyl, Pyrrolidone, Methylcellulose und PEG eingesetzt. Besonders häufig kommt PEG 400 bei organischen Materialien zum Einsatz. Wasserlösliches PEG schrumpft nahe dem Gefrierpunkt von Wasser und reduziert somit die Schäden durch die Ausdehnung vom Eis.²⁸⁴ Stelzer erzielt in ihren Versuchen gute Ergebnisse bei der Stabilisierung von Nassholzfunden.²⁸⁵

Die Tränkungsdauer des Objektes mit dem jeweiligen Mittel richtet sich zum einen nach dessen Eigenschaften und zum anderen nach dem des Objektes. Anschließend wird es vor der Gefriertrocknung in einem Kühlschrank vorgekühlt.²⁸⁶ Flexible oder bewegliche Objekte sollten vor dem Einfrieren schon in die erwünschte Position gebracht werden. Falls erforderlich können diese auch in ein Nylonnetz eingenäht werden, um ihnen Stabilität zu geben. Die Zeit der Vakuum-Gefriertrocknung beträgt mehrere Wochen und richtet sich nach der Größe des Objekts.²⁸⁷

Die wohl bekanntesten prähistorischen Grasobjekte sind die Beifunde der 1991 gefundenen Gletschermumie aus dem Hauslabjoch (IT). Diese kamen zur Konservierung und Restaurierung an das Römisch-Germanisches Zentralmuseum Mainz (DE). Hier wurde nach der Reinigung der Grasobjekte eine Tränkung mit einer Mischung aus 5% Luviskol K 30 (Polyvinylpyrrolidon), 8% PEG 400, 1% Lutensit (Phosphorsäureester), 2% Borax (Mineral) und 2% Borsäure in Alkohol (als Biozid) durchgeführt. Nach der Gefriertrocknung wurde mit der Mischung 10% Luviskol K 30, 5% PEG 400, 1% Lutensit, 2% Borax und 2% Borsäure in Alkohol nachgefestigt.²⁸⁸ Da sich nach der Behandlung, aufgrund der Hygroskopizität des PEG und der daraus resultierenden Beeinflussung auf Luviskol an der Oberfläche der Objekte ein klebriger Film gebildet hatte, steht Roswitha Goedecker-Ciolek, die leitende Restauratorin, dieser Behandlung heute skeptisch gegenüber.²⁸⁹ Stelzner berichtet über mangelnde Festigkeit der damit gefestigten Textilfunde, weshalb dieses Mittel nicht empfehlenswert ist.²⁹⁰

Bei Nassfunden aus den Seeufersiedlungen²⁹¹ und Meeren²⁹² ist die Gefriertrocknung von organischen Materialien mittlerweile Standard. Jedoch werden unterschiedliche Tränkungsmittel eingesetzt. Bei dem neolithischen Schuh aus der Pfahlbausiedlung Sutz-

²⁸³ DIETRICH / RAST-EICHER, Seeufersiedlungen (2015), S. 13.

²⁸⁴ AMBROSE, freeze-drying, (1990), S. 245.

²⁸⁵ STELZNER, Nassholzkonservierung (2017), S. 113.

²⁸⁶ GOEDECKER-CIOLEK, Gletschermumie (1994), S. 106.

²⁸⁷ RODGERS, conservation (2004), S. 170.

²⁸⁸ GOEDECKER-CIOLEK, Gletschermumie (1994), S. 108.

²⁸⁹ GOEDECKER-CIOLEK, Beifunde (1996), S. 142.

²⁹⁰ STELZNER, Nassholzkonservierung (2017), S. 58f.

²⁹¹ MOLL-DAU, Textilkonservierung (2015), S. 204/207ff.

²⁹² JENSSEN, Artefacts (1987), S. 151f.

Lattringen (CH) wurde eine 10-tägige Tränkung mit 10% PEG 400 durchgeführt. Um den Faserzusammenhalt zu sichern, erfolgte nach der Vakuum-Gefriertrocknung eine Nachfestigung mit 0,5% Störleim, welcher in Aerosolform aufgesprüht wurde.²⁹³ Rast-Eichner verwendete vor der Gefriertrocknung eine Vorbehandlung mit Methocel A4C (reine Methylcellulose) gelöst in deionisiertem Wasser oder einem Wasser-Ethanol Gemisch.²⁹⁴

Rodgers rät für Objekte aus Baumbast eine Mischung aus Ethulose (Ethylhydroxyethylcellulose), PEG 400 und Glycerol. Vom Einsatz einer reinen PEG Tränkung rät er ab, da diese bei dem Material zur Schwellung führt. Ebenso sollte das Objekt nach der Behandlung natürlich aussehen und einen trockenen Griff aufweisen. Als Rezept gibt er ein Gemisch aus 8% PEG 400, 0,7% Ethulose 400 und 2% Glycerol in destilliertem Wasser an. Er behandelt Baumbastobjekte sechs Wochen im Festigungsbad und acht Wochen in der Gefriertrocknung.²⁹⁵ Für Grasobjekte rät Rodger von PEG ab, da es zum Schwellen der Fasern führt. Der Einsatz von Silikon-Öl ist seiner Ansicht besser für diese Materialgruppe geeignet, jedoch ist dieses nicht reversibel und es gibt bis jetzt keine Langzeiterfahrungen.²⁹⁶

Ein negativer Aspekt bei der Gefriertrocknung ist, dass immer eine Tränkung der Funde mit einem Stabilisierungsmittel vorangeht. Aufgrund der nur sehr bedingten Reversibilität solcher Mittel sowie der Unsicherheit wie sie zukünftige Untersuchungen an den Objekten beeinflussen könnten, wurde in Absprache mit dem Auftraggeber, der Einsatz von Stabilisierungsmitteln bei der Methodensuche von vornherein ausgeschlossen. Es wurde also die Gefriertrocknung an rezenten Gras- und Baumbastschnüren ohne Stabilisierungsmittel getestet. Dafür wurden sie in der NHM eigenen Gefriertrocknungsanlage der Tierpräparation mitbehandelt.²⁹⁷ Hierbei konnte kein Einfluss auf die Methode, Temperatur und Dauer der Behandlung genommen werden. Leider konnte kein zufriedenstellendes Resultat erzielt werden, da starke Schrumpfungen in der Quer- und Längsrichtung auftraten, sowie eine Vergilbung auftrat. Ebenso wiesen sowohl die Gras- als auch die Bastschnüre eine wesentlich höhere Steifigkeit als im Trockenzustand vor der Behandlung auf. Aufgrund dessen wurde diese Methode für die Trocknung der aktuellen Funde aus Hallstatt ausgeschlossen.

²⁹³ MOLL-DAU, Textilkonservierung (2015), S. 204/207f.

²⁹⁴ DIETRICH / RAST-EICHER, Seeufersiedlungen (2015), S. 14.

²⁹⁵ RODGERS, conservation (2004), S. 169f.

²⁹⁶ RODGERS, conservation (2004), S. 169f.

²⁹⁷ Diese Erfolgte bei -20°C.

6.4.5 Testreihe zur Hypothese III: Schädigung des pflanzlichen Materials durch Zugkräfte des Wassers beim Trocknen

Um eine geeignete und schonende Methode für die Trocknung der entsalzten Funde zu erarbeiten, wurde eine Testreihe zu den möglichen Trocknungsmethoden durchgeführt. Diese zielt auf die Überprüfung der dritten gestellten Hypothese ab.²⁹⁸ Da die Gefriertrocknung bei ersten Vorversuchen keine Erfolge vorwies, wurde diese Methode bei der Testreihe nicht berücksichtigt.

Testaufbau / Durchführung

Bei dieser Testreihe steht der Vergleich von unterschiedlichen Trocknungsmethoden im Vordergrund. Für diese Testreihe wurden die Proben nur aus der FN: 19.277 entnommen. Die Proben wurden in mehreren Leitungswasserbädern entsalzt und anschließend in zwei zweier und einer dreier Gruppe auf die Trocknungsmethoden Lufttrocknung, kontrollierte Lufttrocknung und Lösemittellufttrocknung aufgeteilt. Ausgewertet wurden die Ergebnisse nach den gleichen Methoden wie in den vorherigen Testreihen. Zusätzlich wurde auch hier das Schrumpfverhalten durch die Messung der Länge und Breite vor und nach dem Testdurchlauf erfasst.²⁹⁹

Die Lufttrocknung (Abb. 84) erfolgte wie in den vorangegangenen Testreihen, wo die Proben auf einem Löschkarton zum Trocknen im Raumklima gelegt wurden.

Bei der kontrollierten Trocknung³⁰⁰ (Abb. 85) wurde die relative Luftfeuchtigkeit der Umgebung innerhalb von 24-Stunden Intervallen herabgesetzt. Dafür wurden die Proben in eine luftdicht abschließbare Box platziert, in der das Klima zunächst kontinuierlich mittels übersättigter NaCl-Lösung auf rF 75%³⁰¹ herabgesetzt wurde. Das zweite Trocknungsintervall erfolgte durch Zugabe von 2 g Silikagel, wobei sich eine rF von 60% einstellte. Schlussendlich wurden die Proben zum Trocknen dem Raumklima ausgesetzt, welches eine rF von 50% aufwies.

Die dritte bei dieser Testreihe angewendete Trocknungsmethode stellt die Lösemitteltrocknung (Abb. 86) dar. Dabei wurde ein Lösemittel, welches eine niedrigere Oberflächenspannung als Wasser aufweist, eingesetzt, um die Zugkraft der Flüssigkeit, welche beim Abdampfen auf die Zellen ausgeübt wird, herabzusetzen. Die Entscheidung fiel dabei auf Ethanol, welches sich gut mit Wasser mischen lässt und nicht zu einer zu starken Austrocknung der Fasern, wie mit Aceton,³⁰² führt. Ebenso sind die Begleiterscheinungen,

²⁹⁸ Siehe Kapitel 4.3.4, S. 45-49.

²⁹⁹ Siehe Anhang III Testreihe zur Methodenfindung für die Trocknung, Tabelle 4.

³⁰⁰ Angelehnt an siehe: MUSKALLA / WITTKÖPPER, Holz (2009).

³⁰¹ Die rF wurde mit dem Hygrometer der Firma Rotronic ag, Artikelnummer: Hygrolog-D, kontinuierlich überprüft.

³⁰² Seilnacht, T., Aceton (o.D.). https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_aceto.htm. Zugriff: 9.5.2020.

wie die höhere Entzündbarkeit und die Gesundheitsgefährdung bei der Verwendung von Xylol ein negativer Aspekt, wodurch es schon im Vorhinein ausgeschlossen wurde.³⁰³ Es wurde ein Lösemittelbad mit einem Gemisch aus Ethanol 3:1 mit Wasser gewählt.³⁰⁴ Für die Verdrängung des ungebundenen Wassers durch das Lösemittel wurden drei Tage angesetzt, anschließend wurden die Proben wie bei der kontrollierten Lufttrocknung weiterbehandelt.

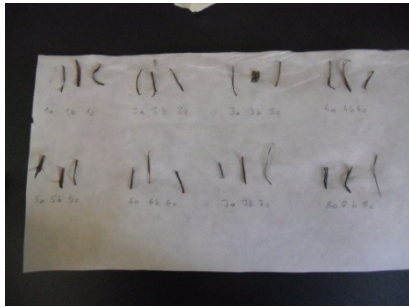


Abb. 84 Lufttrocknung

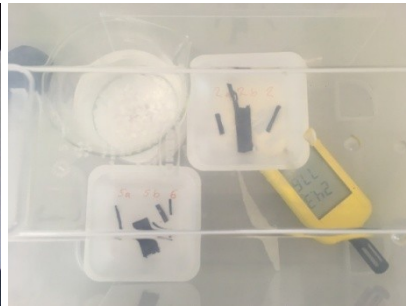


Abb. 85 Kontrolliertes Trocknen mit Salzlösung



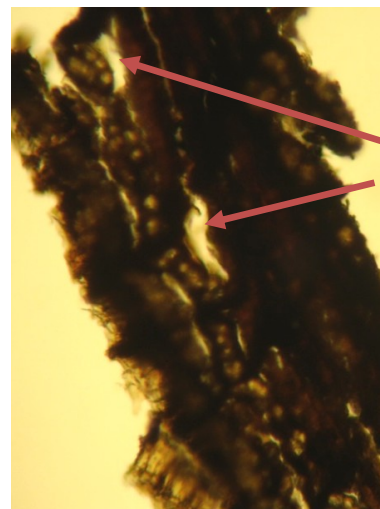
Abb. 86 Lösemitteltrocknung

Auswertung

Für die Auswertung auf der Zellebene wurden histologische Präparate³⁰⁵ angefertigt. Auf Zellebene konnten bei den Quer- und Längsschnitten nur bei den Baumbaststreifen mit der Lösemitteltrocknung eine Schädigung festgestellt werden.³⁰⁶ Durch die Behandlung mit Ethanol ist ein verstärktes Auftrennen der Phloemfasern bei der Probe IV3³⁰⁷ erkennbar (Abb. 87 und 88).



Abb. 87 Querschnitt P 15 vor der Behandlung



Fehlstellen
und Risse im
Bereich der
Phloemfasern

Abb. 88 Querschnitt der Probe IV3a, mit Lösemitteltrocknung behandelt

³⁰³ Seilnacht, T., Xylol (o.D.). https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_xylol.html. Zugriff: 9.5.2020.

³⁰⁴ MILLER, Leder (2006), S. 115-117.

³⁰⁵ Die naturwissenschaftlichen Untersuchungen wurden am Institut für Konservierung und Restaurierung (Leitung: o. Univ.-Prof.Mag.Dr. Gabriela Krist) in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobsch, BSc vom ÖAI durchgeführt.

³⁰⁶ Siehe Anhang III Testreihe zur Methodenfindung für die Trocknung, Tabelle 11.

³⁰⁷ Die mikroskopische Untersuchung am Euromex EcoBlue wurde in Zusammenarbeit mit DI Thorsten Jakobsch, BSc vom ÖAI durchgeführt. Siehe Anhang Probenprotokoll zu Probe IV3 in Anhang III Testreihe zur Methodenfindung für die Trocknung.

Beim Schrumpfverhalten lassen sich in der Querrichtung zwischen den drei Trocknungsmethoden keine signifikanten Unterschiede feststellen. Jedoch konnte bei der kontrollierten Trocknung eine geringe Verbesserung des Schrumpfverhaltens in der Längsrichtung beobachtet werden.³⁰⁸

In der Kategorie Flexibilität zeigte sich, dass vor allem Grasblätter, die mit Lösemittel getrocknet wurden, eine höhere Flexibilität beibehalten. Die mit der Lufttrocknung getrockneten Proben weisen ebenfalls eine gute Flexibilität auf, schlechter schnitten die Proben mit der kontrollierten Lufttrocknung ab.³⁰⁹

Bei der Rissbildung wurden die schlechtesten Ergebnisse bei der Lufttrocknung erzielt, die beiden anderen Methoden schnitten in etwa gleich gut ab.³¹⁰

In der Kategorie Deformierungen (Abb. 89) wiesen die Proben, die kontrolliert luftgetrocknet wurden, die stärksten Formveränderungen auf, die Proben der Lösemitteltrocknung sowie die der Lufttrocknung zeigten etwas bessere Ergebnisse.³¹¹

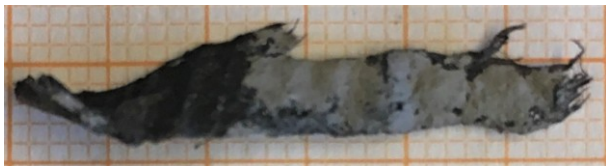


Abb. 89 Probe IV2c weist im linken Bereich eine starke Deformierung auf

Bei den unterschiedlichen getesteten Trocknungsmethoden konnte bei keiner starke Schädigungen der Zellstruktur bis hin zur Schädigung der Zellwände beobachtet werden. Eine geringe Verbesserung in der Kategorie Schrumpfung lässt sich bei den Proben, die kontrolliert luftgetrocknet wurden, feststellen, da hier nur eine Schrumpfung in der Querrichtung erfolgte.

Zusammenfassung der Ergebnisse und Wahl der Maßnahmen für die Trocknung

Die physikalische Schädigung durch die Trocknung nach der Nassbehandlung wird als relevant für das anzutreffende Schadensphänomen bei den Gras- und Baumbastschnüre ausgemacht.

Wegen der Schädigung der Phloemfasern wird die Lösemitteltrocknung abgelehnt. Aufgrund der geringeren Schrumpfung in der Längsrichtung, ist die kontrollierte Lufttrocknung der Lufttrocknung vorzuziehen. So soll diese Methode bei der Trocknung der Gras- und Baumbastfunde verwendet werden. Dies soll in einem 24-Stunden Takt in entsprechend klimatisierten Boxen bei konstanter Temperatur durchgeführt werden.

³⁰⁸ Siehe Anhang III Testreihen zur Methodenfindung für die Trocknung, Tabelle 12.

³⁰⁹ Siehe Anhang III Testreihen zur Methodenfindung für die Trocknung, Tabelle 12.

³¹⁰ Siehe Anhang III Testreihen zur Methodenfindung für die Trocknung, Tabelle 12.

³¹¹ Siehe Anhang III Testreihen zur Methodenfindung für die Trocknung, Tabelle 12.

6.5 Lagerung

Nach einer Grabungskampagne werden alle geborgenen und konservatorisch behandelten Funde nach Wien in den Tiefspeicher des NHM überstellt. Dort werden sie inventarisiert und im Anschluss gelagert. Für die adäquate Lagerung der Gras- und Baumbastobjekten aus dem Salzbergwerk Hallstatt muss eine Reihe an Anforderungen beachtet werden.

Dabei nimmt das Klima im Depot einen zentralen Stellenwert ein. Für archäologische organische Materialien empfiehlt Hilbert eine relative Luftfeuchtigkeit zwischen 40-60%.³¹² Die Environmental Guidelines von IIC und der ICOM-CC Declaration aus dem Jahr 2014 empfiehlt eine Temperatur im Bereich 15-25°C und eine relative Luftfeuchtigkeit zwischen 45-55%. Die relative Luftfeuchtigkeit sollte 60% nicht überschreiten, um ein Schimmelwachstum zu vermeiden. IIC weist in den Environmental Guidelines auf die Vermeidung von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsschwankungen hin. Diese gilt es vor allem bei hygroskopischem Material wie Cellulose zu vermeiden, da es durch Änderungen der relativen Luftfeuchtigkeit und Temperatur ein Quellen und Schrumpfen verursacht und dadurch Schäden am Objekt entstehen. Somit sollten Schwankungen von höchstens 10% im Zeitrahmen von 24 Stunden erfolgen.³¹³, wenn Objekte auf eine relative Luftfeuchtigkeit eingestellt sind, ist es empfehlenswert, diese nicht zu ändern. Starke Schwankungen sind im Depot des NHM, welches ein konstantes Klima aufweist, nicht zu befürchten.

Bei Cellulose ist ein Schutz vor UV- Strahlen besonders wichtig, da bereits bei 350 nm Photolyse stattfindet, die die glykosidischen Bindungen (Etherbindungen) aufbricht. Damit geht der Verlust von Festigkeit und Flexibilität der Cellulose einher. Auch die photochemischen Prozesse, die durch Beteiligung von Temperatur, relativer Luftfeuchtigkeit/Feuchtigkeit, Schadstoffe und Sauerstoff, welche als Katalysator wirken, entstehen, führen zu einer Degradation.³¹⁴

Verpackungs- und Lagerungsbehelfe für archäologische Objekte sollen dem Objekt eine sichere Aufbewahrung bieten und es vor Umwelteinflüssen, wie Klima, Staub, Licht aber auch vor mechanischen Schäden schützen. Gleichzeitig sollten sie als Behelf und Stütze dienen, wenn die Objekte zu wissenschaftlichen Zwecken ausgehoben werden, ohne dass diese durch das Handling gefährdet werden. Die Materialwahl nimmt für Verpackung und Lagerungsbehelfe einen zentralen Stellenwert ein. Es dürfen nur archivbeständige Materialien verwendet werden, also solche, die inert sind und keine Schadstoffe abgeben. Ebenso kann die Verpackung oder der Lagerungsbehelf als Platzhalter fungieren, wenn das

³¹² Hilber, G.S., Sammlungsgut in Sicherheit, Berlin 2002, S. 204.

³¹³ ICOM, Environmental Guidelines ICOM-CC and IIC-Declaration (2014), <http://www.icom-cc.org/332/-icom-cc-documents/declaration-on-environmental-guidelines/#.XoHokogzaM9>. Zugriff: 30.3.2020.

³¹⁴ Padfield, T., The deterioration of cellulose. A literature review. The effects of exposure to light, ultra-violet and high energy radiation. In: Problems of Conservation in Museums, International Council of Museums, Paris 1969, S. 119-164, S. 120/125/148.

Objekt für Untersuchungen oder Ausstellungen entnommen wird. Eine gut sichtbare Anbringung der Inventarnummer an Objekt und Verpackung ist empfehlenswert.

Der Tiefspeicher der prähistorischen Abteilung weist ein konstantes Klima von 14°C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 40% auf. Des Weiteren kann im Depot die UV-Strahlung als Schadensquelle ausgeschlossen werden, da es sich im Kellergeschoß befindet und fensterlos ist, somit kann kein Sonnenlicht eindringen.

Die Funde werden nach Grabungsort und chronologisch nach Bergungsjahr in die pulverbeschichtete Kompaktusanlage einsortiert. Diese Anlage hat zum einen Regalböden, in denen große Objekte und Schachteln gelagert werden, und zum anderen Laden für kleinere Objekte. In diesen Laden werde sie in unterschiedlich großen, offenen Schachteln mit ihren Inventarzetteln gelagert. Um das Verrutschen der Schachteln beim Öffnen und Schließen der Laden zu verhindern werden diese (Abb. 90) mit einer dünnen Schaumfolie aus Polyethylen ausgelegt.



Abb. 90 Ladensystem im Depot des NHM

Im Vorfeld hat es bereits mehrere Konzepte für Lagerungsbehelfe von organischen Funden für die Aufbewahrung im NHM-Tiefspeicher gegeben. Für die langfristige Lagerung der Objekte empfiehlt Gengler mit Molton und Baumwolle überzogene Tableaus.³¹⁵ V. Miller hingegen legte die Schachteln mit einem vorgewaschenen Zellstofffilz aus.³¹⁶ Kalabis hat für das von ihr bearbeitete Grasobjekt ein Tableau mit Negativbett aus Moltonflanell erstellt,, welches mit dehnbarem Baumwolljersey überzogen wurde. Zusätzlich hat sie eine Schachtel mit Sichtfenster konzipiert, in der das Tableau gemeinsam mit kleineren Schachteln, in denen sich die Bruchstücke des Objekts befinden, aufbewahrt werden (Abb. 91).³¹⁷ Diese Lagerungsbehelfe bieten den Objekten eine gute Sicherung für die jeweiligen Materialgruppen und müssen nicht neukonzipiert werden.

³¹⁵ GENGLER, Textilien (2005), S. 98ff.

³¹⁶ V. MILLER, Leder (2006), S. 154f.

³¹⁷ KALABIS, Prähistorisches Gras (2008), S. 37f.



Abb. 91 Mehrere Fragmente einer Grasschnur auf Tableau mit Negativbett aus Molton mit Sichtfenster

Tabelle 4 Lagerungsübersicht nach Materialgruppen unterteilt

Material Lagerung	Gras	Stroh/ Gras	Stroh	Baumbast
Schachtel	123	7	1	28
Schachtel/ Sicherung mit Garn	6	2	0	0
Schachtel/ Sicherung mit Sprengdraht	24	0	0	0
Netz	11	0	0	0
Sprengdraht/ Tüll	1	0	0	0
Tableau	13	0	0	1
Tableau/ Sicherung mit Stecknadeln	2	0	0	0
Ethafoam/ Sicherung mit Stecknadeln	16	1	0	0
Ethafoam/ Sicherung mit Zahnstocher	11	1	0	1
Ethafoam/ cherung mit Stecknadeln und Garn	5	0	0	0

Im Zuge der Bestandserfassung der Funde im Depot des NHM wurde auch auf die unterschiedlichen Lagerungsbehelfe eingegangen und diese erfasst. Die in Tabelle 4 erstellte Lagerungsübersicht zeigt, dass die Gras- und Baumbastobjekte unterschiedlich gelagert werden. Der Großteil der Funde wird in einer offenen Schachtel, am Boden liegend

ohne Zwischenlage, mit dazugehörigem Inventarzettel (Abb. 92) gelagert. Teilweise sind die fragilen und zum Teil losen Fragmente nicht gesichert, wodurch die Gefahr eines kompletten Verlustes des Zusammenhaltes, bei Bewegung und Verrutschen in der Schachtel, gegeben ist. Bei wenigen Funden wurde eine Unterlage aus Ethafoam verwendet (Abb. 93 und 94). Für einige Objekte wurden eigens Tableaus angefertigt. Hierbei fanden sowohl Tableaus mit und ohne Negativbett Verwendung, wobei alle mit einem Baumwollgewebe überzogen sind. Dadurch sind die Objekte vor dem Verrutschen besonders gut geschützt (Abb. 95 und 96). Alle Tableaus sind mit Schlaufen aus Baumwollkörperband ausgestattet, die ein leichtes Herausheben der Tableaus mit dem Objekt aus der Schachtel ermöglichen. Alle Tableaus tragen eine Inventarnummer.

Einige Grasbündel, Garne und Schnüre sind mit Nähgarn, welches um das Objekt geschlungen ist, gesichert (Abb. 97), andere weisen einen Sprengdraht auf (Abb. 98). Diese Sicherungsmaßnahmen weisen einige Schwächen auf, so sind etwa bei Letztgenanntem die Grasbündel fest mit Draht spiralförmig umwickelt, so dass es fraglich ist, ob die nun bestehende Drehung schon vor dieser Maßnahme bestand oder erst durch diese Sicherung verursacht wurde. Andere Grasobjekte wurden zwischen zwei grobe Kunststoffgitter, welche mittels Drahts oder Zahnstochern verbunden sind (Abb. 99) gelagert. Bei dieser Methode werden die Objekte jedoch flachgedrückt. Einige wurden mittels Stecknadeln auf einer Ethafoamplatte fixiert (Abb. 94). Da die Nadeln jedoch korrodieren, haben sich Rostflecken am Objekt gebildet. Ebenso ist diese Sicherungsmethode nicht besonders effektiv, da es dennoch zur Auflösung des Zusammenhaltes bei einigen Objekten kommt (Abb. 93).



Abb. 92 Aufbewahrung einer Grasschnur in einer offenen Schachtel

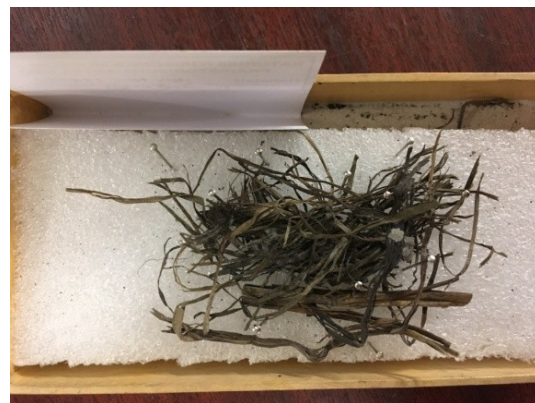


Abb. 93 Grasfund mit Nadeln auf Ethafoamplatte fixiert



Abb. 94 Grasschnur auf Kunststoffgitter, mit Zahnstochern auf Ethafoamplatte gesichert



Abb. 95 Baumbastschnur auf mit Molton und Baumwollgewebe überzogenem Tableau



Abb. 96 Grasschnur auf Tableau mit Negativbett und zusätzlich mit Nadel gesichert



Abb. 97 Sicherung einer Grasschnur mit einem Nähgarn



Abb. 98 Sicherung einer Grasschnur durch Umwicklung mit einem Sprengdraht



Abb. 99 Grasschnur zwischen zwei Lagen eines Kunststoffgitters mittels Zahnstocher zusammengehalten

Nach Auswertung der bestehenden unterschiedlichen Lagerungskonzepte wurden drei Modelle erstellt und auf ihre Effizienz für eine zukünftige Lagerung überprüft.

Flaches Tableau aus Ethafoam

Die einfachste Variante ist ein Tableau aus säurefreien Wellkarton mit einer Lage Molton, welches klebetechnisch (Lascaux 498 HV) mit Tyvek® überzogen wird. Hierbei fiel die Entscheidung auf Tyvek®, welches eine glatte Oberfläche aufweist, da bei der Verwendung eines Gewebes die Gefahr besteht, dass die Bruchkanten der Gräser bei der Manipulation des Objektes an diesem hängen bleiben und neue Schäden verursacht. Das Format des

Tableaus wird entsprechend des zu lagernden Fundes und der zur Verfügung stehenden Schachtelformate gewählt. Zur leichteren Manipulation des Tableaus wird an den beiden Schmalseiten jeweils eine Schlaufe aus Köperband angenäht. Die Inventarnummer wird gut leserlich auf ein Baumwollband³¹⁸ geschrieben und auf das Tableau fixiert. Die Schnur wird an mindestens zwei Stellen zwischen zwei dünnen Baumwollkörperbändern eingenäht und somit auch gesichert (Abb. 100). Um ein Verrutschen beim Öffnen und Schließen der Lade, wie beim Herausnehmen des Tableaus, zu vermeiden, werden die Enden des Köperbands mit Insektennadeln auf das Tableau fixiert (Abb. 101).



Abb. 100 Detailaufnahme der Sicherung mit Baumwollband



Abb. 101 Beispiel für ein einfaches Tableau aus Ethafoam, das Objekt ist durch Feststecken der Baumwollbandsicherung fixiert.

Tableau mit Negativbett aus Moltonlagen

Basierend auf dem Konzept von Gengler³¹⁹ für die Textilfunde aus Hallstatt, wird ein Tableau aus säurefreien Karton mit Negativbett aus mehreren Lagen Molton³²⁰ erstellt, durch die Verwendung von Tyvek® anstelle von Baumwollgewebe, wird die Methode in seiner Durchführung aber vereinfacht. Für die Anfertigung des Tableaus mit Negativbett muss zunächst die Form des Objektes auf Papier oder Folie übertragen werden. Anhand dieser Vorlage wird die Form im Molton ausgeschnitten. Je nach Bedarf wird für die Erstellung der Negativform mehrere Lagen Molton auf einem Tableau gelegt und klebetechnisch (Lascaux 498 HV) aneinander und an das Tableau geklebt. Anschließend wird es mit Tyvek® klebetechnisch überzogen. Dabei wird zunächst das Negativbett mit Tyvek® ausgelegt, der Überstand wird eingeschnitten, umgeschlagen und entlang den Kanten geklebt (Abb. 102). Anschließend wird die Fläche des Tableaus ebenfalls mit Tyvek® überzogen, die Negativform wird dabei ausgespart (Abb. 103). Die Köperbandschlaufen und Inventarnummer werden wie beim flachen Tableau angenäht.

³¹⁸ Dafür eignet sich das Percailband aus Baumwolle besonders gut.

³¹⁹ GENGLER, Textilien (2005), S. 98ff.

³²⁰ Anstelle vom Molton kann die Negativform ebenso aus einem dünnen Ethafoam geschnitten werden und als Aufpolsterung verwendet werden.

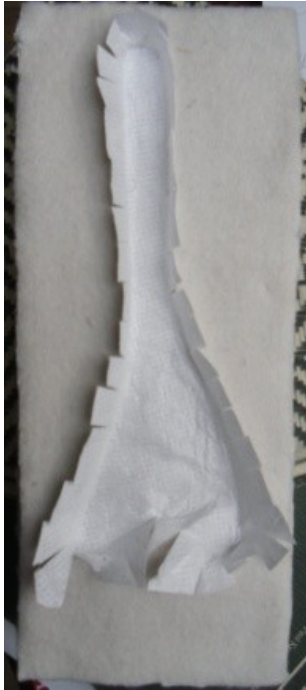


Abb. 102 Zwischenschritt bei der Tableau-Herstellung



Abb. 103 fertiges Tableau mit Negativbett für eine Grasschnur

Tableau mit Negativbett durch Gipsabdruck

Um ein passgenaues Negativbett für ein Objekt zu erhalten, besteht auch die Möglichkeit, Gipsbandagen³²¹ direkt vom Objekt abzunehmen und zu verwenden. Dafür wird das Objekt auf eine Glasplatte gelegt und mit einer Schicht Frischhaltefolie abgedeckt (Abb. 104). Anschließend können die gipsgetränkten Bandagen appliziert werden (Abb. 105). Nachdem der Gips getrocknet ist, wird das gesamte Paket mit der Glasplatte gewendet und die Schnur kann entnommen werden. Damit der Abdruck waagrecht und stabil bleibt, wird er in eine Ethafoamplatte mit entsprechendem Ausschnitt eingebettet. Um eine eventuelle Kante zwischen Gips und Ethafoam auszugleichen wird eine Schicht Molton aufgebracht (Abb. 106). Das Tableau mit Negativbett wird anschließend mit Tyvek® klebetechnisch (Lascaux 498 HV) überzogen. Und auch hier wird die Inventarnummer gut leserlich auf ein Baumwollband geschrieben und auf das Tableau genäht (Abb. 107).

³²¹ Dies wurde vor allem gerne für die Lagerung von archäologischen Textilien verwendet. Heute ist es etwas in Kritik geraten, da die Objekte meist ohne Zwischenschicht, auf der doch etwas rauen Oberfläche auflagen. Siehe: Betz, S. / Bott, K. / Stelzner I., Von der Entdeckung in die Ausstellung. Nassfundkonservierung für die Große Landesausstellung „Pfahlbauten“. <https://pdfs.semanticscholar.org/8cec/95b5981ba39d9b22eb1be13a7b32de84464b.pdf>. Zugriff: 30.3.2020.



Abb. 104 Objekt wird mit einer Frischhaltefolie abgedeckt



Abb. 105 Abnahme der Form mit Gipsbandagen



Abb. 106 Gipsabdruck wird in eine Ethafoamplatte eingefügt



Abb. 107 fertiges Tableau mit Negativbett aus Gips und mit Tyvek® überzogen

Zusammenfassung und Wahl der Methode

Das Negativbett aus Moltonschichten bietet der Schnur einen guten Schutz vor mechanischen Einflüssen, ist aber in seiner Anfertigung aufwendig. Bei Objekten mit einzeln abstehenden Grasblättern ist diese Methode kaum bzw. schwer durchführbar. Ebenso ist die Anfertigung eines Gipsabdrucks aufwendig und benötigt viele Arbeitsschritte. Des Weiteren wäre das fertige Tableau aufgrund des Gipses verhältnismäßig schwer. Das einfache Tableau hingegen ist in seiner Anfertigung mit keinem großen Aufwand verbunden. Bedacht muss aber werden, dass bei dieser Variante die Schnur nur aufgrund einer Fixierung durch Insektennadeln einen Schutz vor dem Rutschen hat. Diese Nadeln stellen jedoch ein Risikopotenzial dar, indem man leicht an ihnen hängen bleiben kann. Trotzdem fällt die Wahl auf das einfache Tableau, da die Anfertigung schnell und einfach ist. Zusätzlich sollen Sicherungen mittels zugeschnittener Tüllbänder erfolgen, um ein Aufdrehen der Schnüre zu verhindern. Diese Sicherung können mit Insektennadeln am Tableau fixiert werden, um so die Schnur vor einem Verrutschen zu bewahren.

Die so gefertigten Tableaus können einzeln, wie es bereits praktiziert wird, in einer Schachtel ohne Deckel gelegt werden, um so in den Laden des Regalsystems verstaut zu werden. Dort sind sie staub- und lichtgeschützt und werden bei konstantem Klima gelagert. Um die Beifunde aus der jeweiligen Blockbergung, welche in wiederverschließbaren, mit der Inventarnummer versehenen, PE-Beuteln archiviert werden, gemeinsam mit der Grasschnur in einer Schachtel lagern zu können, werden diese mit einer Trennwand aus säurefreiem Wellkarton hergestellt.

Um die Lagerungsbedingung zu vereinheitliche und somit langfristig zu verbessern, wäre es wünschenswert, wenn das erstellte Konzept auf sämtliche Gras- und Baumbastfunde im Depot, welche noch kein individuell angefertigtes Tableau besitzen, umgesetzt werden würde.

7 Durchgeführte Maßnahmen

Die aus der Grabungskampagne 2019 aus dem Salzbergwerk Hallstatt geborgenen fünf Schnüre werden exemplarisch für zukünftige Gras- und Baumbastfunde nach dem zuvor ausgearbeiteten Konzept behandelt.

Tabelle 5 Eingangsfoto der Blockbergungen

FN: 19.012	
Objekt: Schnur	 Abb. 108 Eingangsfoto der FN: 19.012
Kurzbeschreibung	Das Grasschnurfragment wurde in einer Blockbergung geborgen. Es weist eine S-Drehung auf. Im Block sind außerdem Leuchtpäne ersichtlich.
FN: 19.104	
Objekt: Strang	 Abb. 109 Eingangsfoto der FN: 19.104
Kurzbeschreibung	Die Blockbergung beinhaltet ein Grasgarnfragment mit leichter S-Drehung.

FN: 19.143

Objekt:
Strang

Abb. 110 Eingangsfoto der FN: 19143

Kurzbe-
schreibung

Das Grasgarnfragment wurde in einer Blockbergung geborgen. Es weist eine S-Drehung auf. Ebenso befinden sich Leuchtspäne im Block.

FN: 19.217

Objekt:
Schnur

Abb. 111 Eingangsfoto der FN: 19217

Kurzbe-
schreibung

Das Grasgarnfragment wurde in einer Blockbergung geborgen. Es weist eine S-Drehung auf. Ebenso befinden sich Leuchtspäne im Block.

FN: 19.277	
Objekt: Gras- und Baumbastfr agmente	 Abb. 112 Eingangsfoto der FN: 19277
Kurzbe- schreibung	Dieser Fund besteht aus einer Vielzahl an Grasblättern und Baumbaststreifen, die sich jedoch in keinem erkennbaren Zusammenhang, wie zum Beispiel einer Verdrehung, befinden. Möglicherweise handelt es sich hierbei um eine Polsterung.

Die Funde werden zunächst aus dem Block freigelegt. Dies erfolgt mechanisch mit Skalpell und Pinsel, dabei wird das Erdmaterial so weit wie möglich entfernt (Abb. 113). Bei der FN: 19.012 befindet sich am Ende der Schnur eine Auskristallisierung (Abb. 114), die sich nicht mechanisch entfernen lässt. Diese wird belassen, um sie erst bei der anschließenden Nassbehandlung zu entfernen.



Abb. 113 nach der Freilegung der FN: 19.104-1



Abb. 114 Ein Salzkristall hat sich um die Grasblätter auskristallisiert

Zur Stabilisierung im Wasserbad werden die Funde in ein Stützgewebe aus Nylontüll mittels Vorstichen eingenäht (Abb. 115 und 116), um es so vor einem Verrutschen bzw. dem Verlust der Fundlage zu schützen. Dieser Arbeitsschritt erfolgt in einem Raumklima von rF von 75%

und 19°C³²², um eine Auskristallisierung der Salze in den Funden während der Vorbereitung zu verhindern.



Abb. 115 Sicherung der FN: 19.217 im Nylontüll



Abb. 116 Sicherung der FN: 19.104 Fragment 3 in einem Nylontüll

Die Entsalzung erfolgt mittels Leitungswasserbädern. Für die verwendete Wassermenge des Entsalzungsbad wird das Gewicht mit einem Faktor von 10 multipliziert, mit Ausnahme der FN: 19.104 Fragment 2 und 3. Für diese Funde wird ein größeres Verhältnis genommen, da diese sonst nicht vollständig unter Wasser sind. Bei den Bädern wird der Leitwert alle zwei Minuten erfasst und dokumentiert,³²³ bis er ein Plateau erreicht (Abb. 117). Gleichzeitig wird mit einem Pinsel vorsichtig über das Objekt gestrichen, um die anhaftenden Lehmschichten zu entfernen. Die Beifunde (Leuchtspäne) werden nach dem gleichen Ablauf entsalzt.

Aufgrund der starken Lehmauflagen muss das Bad mehrmals gewechselt werden. Weshalb die Anzahl der Wasserbadwechsel von Objekt zu Objekt unterschiedlich ist. So muss bei FN: 19.217 (Abb. 118) siebenmal das Wasser gewechselt werden, hingegen reichen bei der FN: 19.104 Fragment 3 und 19.143 zwei Wasserbadwechsel aus. Dies kann dem Funddurchmesser geschuldet sein, da die Auflagen in der Schnur oder Strang nicht entfernt werden konnten. Auch für die Entsalzungszeit kann keine allgemeine Aussage getroffen werden, da sie bei allen Objekten sehr unterschiedlich ist. So zeigt zum Beispiel die FN: 19.143 bereits nach 50 Minuten eine Abflachung der Leitwertkurve an.³²⁴ Der Grund dafür liegt wahrscheinlich darin, dass dieses Objekt bei der Freilegung gut vom Heidengebirge befreit werden konnte. Im Gegensatz dazu zeigen die Fragmente der FN: 19.104 eine wesentlich längere Entsalzungszeit, von über 120 Minuten, bis zum Erreichen eines Plateaus an. Jedoch kann bei allen Funden in den ersten paar Minuten ein starker Anstieg der in Lösung gehenden Salzionen abgelesen werden. Der Leitwert ist bei FN: 19.217, 19.277 und bei den Beifunden der FN: 19.143 im Vergleich zu den anderen wesentlich höher. Dieser Unterschied lässt sich möglicherweise auf die Fundstellen im Bergwerk zurückführen. So

³²² Dafür wird eigens ein Zelt aufgebaut, welches zusätzlich mit Folie abgedichtet wird und dessen Klima mittels gesättigten NaCl-Lösungen auf 75% rF eingestellt wird.

³²³ Siehe Anhang V: Evaluierung des Konzeptes an fünf Gras-Baumbastobjekten.

³²⁴ Siehe Anhang V: Evaluierung des Konzeptes an fünf Gras-Baumbastobjekten.

kann durch starke Verunreinigungen, wie etwa Asche von verkohlten Leuchtspänen, der Leitwert ebenfalls ansteigen.



Abb. 117 FN: 19.012 im Wasserbad

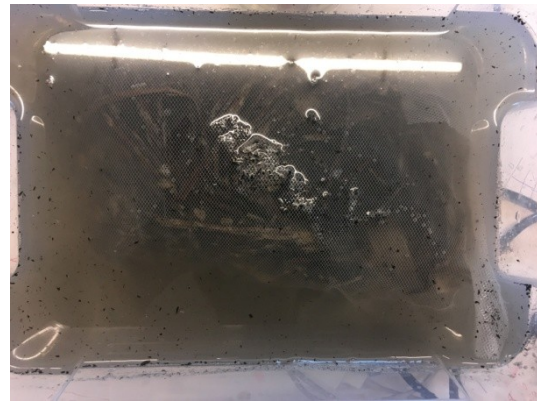


Abb. 118 FN: 19.217 im Wasserbad

Bei der angestrebten kontrollierten Lufttrocknung zeigt sich, dass aufgrund der hohen Feuchtigkeit in den Fasern keine Zugabe von Salzen, die eine bestimmte Deliqueszenzfeuchte aufrechterhalten, erforderlich ist. Bei der kontrollierten Lufttrocknung wird der Fund zunächst für eine Stunde auf Löschkarton im Raumklima gelegt, um das überschüssige Wasser zu entfernen. Danach wird dieser, immer noch mit dem Stützgewebe gesichert, auf ein Ethafoam mit Insektennadel fixiert und in eine luftdicht verschließbare Box gegeben. Es wird eine kleine Schale mit Ethanol hinzugefügt, damit dessen Dämpfe ein Schimmelwachstum unterbindet. Es zeigt sich, dass sich die rF auf 85%, aufgrund der hohen Wassermenge im Objekt, einstellt. In Intervallen von 24 Stunden wird die Box so lange geöffnet, bis sich der gewünschte Folgewert einstellt. Es folgen rF von 75%, 65% und 55%. Am nächsten Tag werden die FN: 19.277 der Box entnommen und in der Raumluft bei einer rF von 46,7% fertig getrocknet.

Nach der Trocknung wird das Stützgewebe entfernt. Eine Nachreinigung erfolgt mittels Pinsel und Pinzette, um kleine Steine und Sedimentreste (Abb. 119 und 120), die sich im Tüll gefangen haben, zu entfernen sowie um die letzten Lehmauflagen zu beseitigen.



Abb. 119 FN: 19.277 kleine Steinchen müssen noch entfernt werden



Abb. 120 FN: 19.217 größere Sedimentreste und Steine sind noch vorhanden

Anschließend erfolgt bei den FN: 19.012, 19.104 und 19.143 eine Sicherung mit einem dünnen Tüllstreifen (Abb. 121), um das Aufdrehen der Schnur bzw. Strang zu verhindern.



Abb. 121 FN: 19.012 Sicherung der Schnur mit einem Tüllstreifen

Damit alle Funde aus dem Block geborgen werden, wird das Sediment durch ein Sieb (Abb. 122) und ein feinmaschiges Gewebe³²⁵ geschwemmt. Dabei werden kleine Holzfragmente, Grasfragmente, ein paar Haare und Aschereste geborgen (Abb. 123-127).

³²⁵ Dafür wurde eine Strumpfhose verwendet.



Abb. 122 Sediment wird durch ein Sieb geschwemmt



Abb. 123 Beifunde und ausgeschwemmte Funde der FN: 19.012



Abb. 124 Beifunde und ausgeschwemmte Funde der FN: 19.104



Abb. 125 Beifunde und ausgeschwemmte Funde der FN: 19.143



Abb. 126 Beifunde und ausgeschwemmte Funde der FN: 19.217

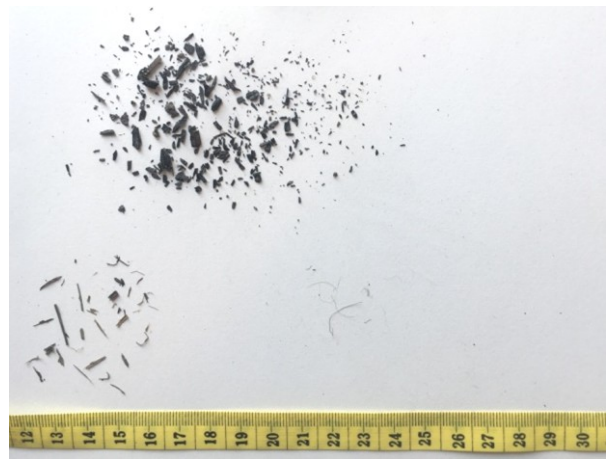


Abb. 127 Beifunde und ausgeschwemmte Funde der FN: 19.277

Die Anfertigung der Lagerungsbehelfe erfolgt wie es im Konzept beschrieben wurde.³²⁶ So werden für die Gras- Baumbastobjekte flache Tableaus angefertigt. Um alle Funde eines Blocks beisammen lagern zu können, wird jeweils eine Schachtel mit Trennwand aus

³²⁶ Siehe Kapitel 6.5, S. 79-87.

säurefreiem Wellkarton angefertigt. Auf der einen Seite der Schachtel befindet sich das Tableau mit dem Gras-Baumbastobjekt und auf der anderen sind die Beifunde in PE-Beuteln untergebracht (Abb. 128-132).

Tabelle 6 Abschlussfoto der Gras- und Baumbastfunde

FN: 19.012	
Objekt: Schnur	 Abb. 128 Abschlussfoto FN: 19.012
FN: 19.104	
Objekt: Garn	 Abb. 129 Abschlussfoto FN: 19.104

FN: 19.143

Objekt:
Garn

Abb. 130 Abschlussfoto FN: 19.143

FN: 19.217

Objekt:
Schnur

Abb. 131 Abschlussfoto FN: 19.217

FN: 19.277

Objekt:
Gras- und
Baumbastfr
agmente



Abb. 132 Abschlussfoto FN: 19.277

Bei der vorangegangenen Durchführung des Konzeptes an fünf Gras- Baumbastobjekten aus der Grabung 2019 zeigte sich, dass die Maßnahme der Sicherung der Funde in einem Netz zu einem guten Erhalt der Fundsituation beigetragen hat. Jedoch wird dadurch die Nassreinigung erschwert. Um eine zeitintensive Nachreinigung zu vermeiden, wäre ein grobmaschigeres Netz mit größeren Löchern empfehlenswert, damit auch kleine Steinchen gleich mit ausgespült werden können. Bei allen fünf Objekten konnte eine Schrumpfung festgestellt werden,³²⁷ jedoch keine starke Deformierung. Die Steifigkeit ist unterschiedlich, sie reicht von steifen bis zu flexiblen Gras- und Baumbaststreifen. Neue Rissbildungen sind schwer auszumachen, da aufgrund anhaftender Lehmschichten nicht jeder Riss im Vorfeld identifiziert werden konnte. Des Weiteren ist ein großer Gewichtsverlust erkennbar, dieser hängt mit der Entfernung von Salzen und Auflagen, sowie mit der Trocknung und dem damit verbundenen Wasserverlust, zusammen. Es sind nur bei der FN 19.277 geringe weiße Auflagen, die schon vor der Behandlung ersichtlich waren, vorhanden.

³²⁷ Siehe Anhang V: Evaluierung des Konzeptes an fünf Gras-Baumbastobjekten.

Resümee

Die vorliegende Arbeit behandelt zuerst Hallstatt und sein Salzvorkommen sowie den aktuellen Forschungsstand zum prähistorischen Bergbau. Ein Überblick von bekannten prähistorischen Gras- und Bastfunden reihte die Hallstätter Gras- und Baumbastschnüre in den Kontext dieser selten erhaltenen Materialgruppe ein.

Zunächst wurde eine systematische Bestandserfassung der im Tiefenspeicher des NHM gelagerten Gras- und Baumbastschnüre durchgeführt. Um die Materialien und Herstellungstechniken besser dokumentieren zu können, wurde eine schon vorhandene Excel-Liste der inventarisierten Objekte um wichtige Aspekte erweitert.

Basierend auf der Beobachtung, dass Gras- und Baumbastschnüre nach einer Entsalzung im Wasserbad starke Deformierungen, wie den Verlust von Drehungen oder starke Schrumpfungen aufweisen, wurde zur Erforschung dieses Schadenphänomens die Beschaffenheit und Eigenschaften von pflanzlichem Material untersucht. Darauf aufbauend wurden drei Hypothesen zu den möglichen Schadensursachen aufgestellt. In Hypothese I wird die Rolle des osmotischen Drucks als Ursache der Deformierungen untersucht. Hypothese II führt die physikalische Schädigung auf den Wassereintrag zurück. Hypothese III beschreibt die Schädigung des pflanzlichen Materials durch die Zugkräfte des Wassers beim Trocknen.

Diese Annahmen wurden im Zuge von Testreihen mit Proben der Funde aus der Grabungssaison 2019 überprüft. Der Einfluss des osmotischen Drucks bei der Entsalzung der Funde konnte nicht bestätigt werden, da weder bei Proben, welche in Bädern mit einem langsam reduzierten Salzgehalt, noch bei solchen, die gleich in Wasser entsalzt wurden, Veränderungen auf Zellebene festgestellt werden konnten. Weitere Testreihen ergaben, jedoch, dass sowohl der Einfluss von Wasser, als auch der Einfluss der Trocknungsmethode eine gewisse Rolle bei den dokumentierten Schadensbildern spielen. Es konnten also mit den verwendeten Untersuchungsmethoden die Hypothesen II und III als Schadensursachen ausgemacht werden.

Eine Evaluierung der bestehenden Methoden bei der Bergung, Entsalzung und Lagerung der Gras- und Baumbastfunde, sowie die Ergebnisse der Testreihen führten zur Ausarbeitung eines Maßnahmenkonzeptes für die Objekte aus der Grabungssaison 2019.

Es wurden Vorschläge für die Verbesserung der Transport- und Verpackungssituation der Funde aus dem Bergwerk erstellt. Leider konnte dieses Konzept, aufgrund der durch die Covid-19 Pandemie und der daraus resultierenden Maßnahmen, nicht bei der im Mai 2020 geplanten Grabungskampagne auf seine Praxistauglichkeit überprüft werden.

Nach einer eingehenden Untersuchung bestehender Möglichkeiten der Entsalzung wurde ein Konzept entwickelt, das auf der Methode basiert, welche momentan in Hallstatt praktiziert wird. Ein wichtiger Erkenntniszugewinn ist allerdings, dass potenziell schädigende Faktoren der Entsalzungsbäder durch das Vermeiden von deionisiertem Wasser und Verkürzung der Bäder durch kontinuierliche Erfassung des Leitwerts, reduziert werden können.

Für die Lagerung der Funde im Depot des NHMs, wurden mehrere Lagerungsbehelfe angefertigt und kritisch auf ihre verwendeten Materialien und den benötigten Zeitaufwand untersucht. Die Verwendung eines einfachen Tableaus aus archivbeständigem Karton, welcher mit einer Schicht Molton und Tyvek®-Vlies überzogen wurde, konnte für die fünf behandelten Schnüre erstellt werden. Wünschenswert wäre die Umsetzung des erarbeiteten Lagerungskonzepts auf die restlichen Funde im Depot.

Abschließend wurden die diskutierten Maßnahmen an fünf Grasschnüren aus der Grabungskampagne 2019 durchgeführt und evaluiert. Es konnten bei der Entsalzung verbesserte Ergebnisse erzielt werden, wenn auch nach wie vor eine Schrumpfung der Fasern beobachtet werden musste. Durch das Einnähen zwischen zwei Nylontülllagen konnte die ursprüngliche Form der Schnüre aber besser erhalten bleiben.

Hierzu sollten weitere Untersuchungen durchgeführt werden, vor allem in Hinblick auf den Einfluss von Wasser bei der Entsalzung der pflanzlichen Fasern. Die Methode der Entsalzung mittels feuchter Kompressen wäre in diese Richtung eventuell zukunftsweisend und sollte weiter nachverfolgt werden.

Des Weiteren stellt die Überprüfung des osmotischen Drucks auf tierische Zellen ein interessantes Forschungsfeld dar. Im Gegensatz zu Pflanzenzellen weisen diese keine Zellwände auf, wodurch es möglicherweise zu anderen Ergebnissen bei Eintrag einer hypertonischen Lösung kommen kann.

Literaturverzeichnis

AMBROSE, freeze-drying, (1990)

Ambrose, W.R., Application of freeze-drying to archaeological wood, in: Rowell, R.M., Barbour, R.J. (Hg.), archaeological wood properties, chemistry, and preservation, (o.O.) 1990, S. 235-261.

ASHLY, Knots (1944)

Ashly, C., The Ashley Books of Knots, New York 1944.

BAKER / MUELLER-HARVEY, analysis (2002)

Baker, R.M. / Mueller-Harvey, I., chemical analysis in the laboratory. A basic guide, Cambridge 2002.

BANIK, Wasser (2011)

Banik, G., Eigenschaften von Wasser, in: Banik, G. / Brückle, I. (Hg.), Papier und Wasser. Ein Lehrbuch für Restauratoren, Konservierungswissenschaften und Papiermacher, München 2011, S. 28-64.

BANIK / BRÜCKLE, Papiertrocknung (2011)

Banik, G. / Brückle, I., Papiertrocknung in der Restaurierung, in: Banik, G. / Brückle, I. (Hg.), Papier und Wasser. Ein Lehrbuch für Restauratoren, Konservierungswissenschaften und Papiermacher, München 2011, S.469-510.

BARBER, Prehistoric Textiles (1991)

Barber, E.J.W., Prehistoric Textiles. The development of cloth in the neolithic and bronze ages with special reference to the Aegean, New Jersey 1991.

BARTH / NEUBAUER, Appoldwerkgrabung (1991)

Barth, F.E., Neubauer, W., Appoldwerkgrabung 1879/90, Hallstatt 1991.

BARTH / LOBISSER, Erbe (2002)

Barth, F.E. / Lobisser, W., Das EU-Projekt Archaeolive und das archäologische Erbe von Hallstatt, Wien 2002.

BARTH, Hallstatt (2008)

Barth F. E., Die Einmaligkeit Hallstatts, in: Kern A., u.a. (Hg.) Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, 2008 Wien, S. 14-15.

BETZ / BOTT / STELZNER Ausstellung (2016)

Betz, S. / Bott, K. / Stelzner I., Von der Entdeckung in die Ausstellung. Nassfundkonservierung für die Große Landesausstellung „Pfahlbauten“. <https://pdfs.semanticscholar.org/8cec/95b5981ba39d9b22eb1be13a7b32de84464b.pdf>.

Zugriff: 30.3.2020.

BRATHER, Restaurierung (o.D.)

Brather, St., Restaurierung organischer Materialien (o.D.). http://www.landesarchaeologen.de/fileadmin/Dokumente/Dokumente_Kommissionen/Dokumente_Grabungstechniker/Grabungstechnikerhandbuch/25_5_Restaurierung_organischer_Materialien.pdf. Zugriff: 2.1.2020.

BRENNICKE / SCHOPFER Pflanzenphysiologie (2016)

Brennicke, A. / Schopfer, P., Pflanzenphysiologie, Berlin/Heidelberg 2016.

BRÜCKLE, Papier (2011)

Brückle, I., Struktur und Eigenschaften von trockenem und nassem Papier, in: Banik, G. / Brückle, I. (Hg.), Papier und Wasser. Ein Lehrbuch für Restauratoren, Konservierungswissenschaften und Papiermacher, München 2011, S.89-128.

BRÜCKLE, Stoffaufbereitung (2011)

Brückle, I., Stoffaufbereitung, in: Banik, G. / Brückle, I. (Hg.), Papier und Wasser. Ein Lehrbuch für Restauratoren, Konservierungswissenschaften und Papiermacher, München 2011, S.129-154.

BDA, Standards (2016)

Bundesdenkmalamt (BDA), Standards für die konservatorische Behandlung von archäologischen Funden. Wien 2016, <https://bda.gv.at/publikationen/standards-leitfaeden-richtlinien/standards-fuer-die-konservatorische-behandlung-von-archaeologischen-funden/>. Zugriff: 18.4.2020.

DIETRICH / RAST-EICHER, Seeufersiedlungen (2015)

Dietrich, A. / Rast-Eicher, A., Neolithische und bronzezeitliche Gewebe und Geflechte. Die Funde aus den Seeufersiedlungen im Kanton Zürich, Zürich 2015.

DILGER, Orogenese (o.D.)

Dilger, G., Orogenese. In: Bundesverband Geothermie.
<https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/o/orogenese.html>. Zugriff:
 21.4.2020.

EBERLE, Bekleidung (2005)

Eberle, H., u.a., Fachwissen Bekleidung, Haan-Gruiten 2005.

EGG / GOEDECKER-CIOLEK, Ausrüstung (2009)

Egg, M. / Goedecker-Ciolek, R., Ausrüstung und Kleidung, in: Egg, M. / Spindler, K. (Hg.),
 Kleidung und Ausrüstung der Gletschermumie aus den Ötztaler Alpen, Mainz 2009, S. 57-
 164.

ERNST u.a., Chemie (2014)

Ernst, Ch., u.a. (Hg.), Duden. Chemie. 5. Bis 10. Klasse, Berlin 2014.

FEILER, Salinität (2017)

Feiler, B., Salinität in Meerwasseraquarien messen. In: Hanna@instruments.
<https://info.hannainst.de/parameter/salinitaet-in-meerwasseraquarien-messen> Zugriff:
 30.3.2020.

FICENC, Pflanzenwelt (2017)

Ficenc, A., Pflanzenwelt. Familie Poaceae – Süßgräser. (2017)
<https://www.pflanzenwelten.at/botanischer-garten-wien/poaceae/>. Zugriff: 2.1.2020.

FLORIAN, Deterioration (1987)

Florian, M-L.E., Deterioration of organic materials other than wood, in: Pearson, C. (Hg.),
 Conservation of marine archaeological objects, London (u.a.) 1987, S. 21-54.

FLORIAN, Cell Wall (1992)

Florian, M-L.E., Chemistry and Structure of the Cell Wall. In: Florian, M-L.E. / Kronkright,
 D.P. / Norton, R.E., The Conservation of Artifacts Made from Plant Materials, Princeton
 1992, S. 20-26.

GENGLER, Textilien (2005)

Gengler, C., Prähistorische Textilien aus Hallstatt im Naturhistorischen Museum Wien. Untersuchung – Konservierung – Lagerung, Dipl. Arb., Universität für angewandte Kunst Wien, Wien 2005.

GOEDECKER-CIOLEK, Gletschermumie (1994)

Goedecker-Ciolek, R., Konservierung der Beifunde einer Gletschermumie vom Ende der Steinzeit I. Bekleidung, in: Arbeitsblätter für Restauratoren 2/1994, S. 105-127.

Goedecker-Ciolek, Beifunde (1996)

Goedecker-Ciolek, R., Konservierung der Beifunde einer Gletschermumie vom Ende der Steinzeit II. Waffen, sonstige Ausrüstung, in: Arbeitsblätter für Restauratoren 1/1996, S. 128-144.

GRÖMER, Textilkunst (2010)

Grömer, K., Prähistorische Textilkunst in Mitteleuropa. Geschichte des Handwerkes und Kleidung vor den Römern, Wien 2010.

GÜNZL / BRANDSTÄTTER /HÖFER, Segeln (2010)

Günzl, P./ Brandstätter, M./ Höfer, R., Segeln. Der neue Kurs. Wien 2010.

HEGEDÜS, Q'eswachaka (2018)

Hegedüs, M., Q'eswachaka, die letzte funktionierende Hängebrücke der Inka (2018). <http://lifeisalongweekend.info/de/peru-de/qeswachaka/>. Zugriff: 19.12.2019.

HILBERT, Sammlungsgut (2002)

Hilber, G.S., Sammlungsgut in Sicherheit, Berlin 2002.

ICOM, Guidelines (2014)

ICOM, Environmental Guidelines ICOM-CC and IIC-Declaration (2014), <http://www.icom-cc.org/332/-icom-cc-documents/declaration-on-environmental-guidelines/#.XoHokogzaM9>. Zugriff: 30.3.2020.

JENSSEN, Artefacts (1987)

Jenssen, V., Conservation of wet organic artefacts excluding wood, in: Pearson, C. (Hg.), Conservation of marine archaeological objects, London (u.a.) 1987, S. 122-163.

JOHLER, Regenmantel (o.D.)

Johler, B., Regenmantel, in: Volkskundemuseum-Wien. Online Sammlung. (o.D.)
<https://www.volkskundemuseum.at/onlinesammlungen/oemv76266>. Zugriff: 2.1.2020.

KALABIS, Prähistorisches Gras (2008)

Kalabis, S., Prähistorisches Gras aus dem Salzbergwerk in Hallstatt, NHM Wien. Versuche zur Konservierung, Sicherung und Festigung, unpub. Vordipl. Arb., Universität für angewandte Kunst Wien, Wien 2008.

KERN, Gräberfeld (2010)

Kern, A., Das Hallstätter Gräberfeld. In: Kern, A. / Lammerhuber L. (Hg.), Hallstatt 7000, Baden 2010, S. 22-41.

KLUG, Schnittzeitpunkt (2019)

Klug, P., Schnittzeitpunkt bei Bäumen (2019). Auf: Arboristik – Baumpflege.
http://www.arboristik.de/baumpflege_04022019.html. Zugriff: 5.4.2020.

KOCH-WALDNER, Christian von Tusch-Werk (2010)

Koch-Waldner, T., Bronzezeitliche Funde aus dem Hallstätter Salzbergwerk – Christian von Tusch-Werk, Alter Grubenofen, Westvortrieb, Grabungsjahre 1996-1999. Unter besonderer Berücksichtigung der Holzfunde, Dipl. Arb., Universität Wien, Wien 2010.

KOOPS, Osmose (2017)

Koops, M., Osmose (2017), <http://www.biologie-lexikon.de/lexikon/osmose.php>. Zugriff: 5.4.2020.

KOSEL / HÄHNER / PATAKI, Salzbände (2004)

Kosel, B. / Hähner, U. / Pataki, A., Die Marburger Salzbände. Reduzierung hoher Salzkonzentrationen aus Büchern. In: *Papier Restaurierung* 5/2/2004, S. 11-17.

KOWARIK / RESCHREITER, Wertvoller (2008)

Kowarik K. / Reschreiter H., Wertvoller als Gold. In: Kern, A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 18-19.

KOWARIK / RESCHREITER, Tradition (2008)

Kowarik K. / Reschreiter H., „Der Tradition verpflichtet, dem Fortschritt zugetan“. In: Kern A., u.a. (Hg.) Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 26-29.

KOWARIK / RESCHREITER, Heidengebirge (2008)

Kowarik K. / Reschreiter H., Das „Heidengebirge“. In: Kern A., u.a. (Hg.) Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S.36-39.

KOWARIK / RESCHREITER, Salzbergbau (2008)

Kowarik K. / Reschreiter H., Der Salzbergbau beginnt, in: Kern, A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 50-65.

KOWARIK / RESCHREITER, Bergbau (2008)

Kowarik K. / Reschreiter H., Der Bergbau, in: Kern, A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 84-87.

KOWARIK / RESCHREITER / PANY, Herzen (2008)

Kowarik K. / Reschreiter H. / Pany, D., Die Herzen, in: Kern, A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 88-91.

KOWARIK / RESCHREITER, Dammwiese (2008)

Kowarik K. / Reschreiter H., Die Dammwiese, in: Kern, A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 162-165.

KOWARIK / RESCHREITER, Funde (2008)

Kowarik K. / Reschreiter H., Der Weg der Funde, in: Kern, A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 210-212.

KRONKRIGHT, Deterioration (1992)

Kronkright, D.P., Deterioration of Artifacts Made From Plant Materials. In: Florian, M-L.E. / Kronkright, D.P. / Norton, R.E., The Conservation of Artifacts Made from Plant Materials, Princeton 1992, S.139-194.

KRÜSI, Bestimmen (2007)

Krüsi, B.O., Schlüssel zum Bestimmen von Gräsern und Grasartigen im vegetativen Zustand (2007). [Moodle.zhaw.ch/pluginfile.php/35371/mod_resource/content/0/GS-Schl-2007.pdf](https://moodle.zhaw.ch/pluginfile.php/35371/mod_resource/content/0/GS-Schl-2007.pdf). Zugriff: 11.2.2020.

KÜCK / WOLFF, Grundpraktikum (2009)

Kück, U. / Wolff, G., Botanisches Grundpraktikum, Berlin/Heidelberg 2009.

LESSMANN, Kompressensystemen (2016)

Lessmann, Ch., Eisenentsalzung mit Kompressensystemen. Untersuchung zur Anwendung an archäologischen Eisen-Organik-Kompositen, in: Restaurierung und Archäologie 9/2016, S. 43-56.

LEUZINGER, Pfahlbausiedlungen (2010)

Leuzinger, U., Pfahlbausiedlungen zwischen Bodensee und Zürichsee, in: Benguerel, S., u.a. (Hg.), Gesponnen, Geflochten, Gewoben. Archäologische Textilien zwischen Bodensee und Zürichsee, Thurgau 2010, S.18-24.

LOBITZER / MAYR, Salz (2008)

Lobitzer, H. / Mayr, M., Wie kommt das Salz in den Berg? In: Kern, A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 20-23.

LÖCKER / RESCHREITER, Rekonstruktionsversuche (2005)

Löcker, K., Reschreiter, J., Rekonstruktionsversuche zu Bastschnüren und Seilen aus dem Salzbergwerk Hallstatt, in: Both, F. (Hg.), Von der Altsteinzeit über „Ötzi“ bis zum Mittelalter. Ausgewählte Beiträge zur experimentellen Archäologie in Europa von 1990 – 2003, Oldenburg 2005, S. 233-240.

MACHATSCHEK, Landschaft (2017)

Machatschek, M. ,Nahrhafte Landschaft 4. Von Ferkelkräutern, Wiesenknopf, Ziegenmilch, Ruchgras, Rasch, Birnmehl, Kraterellen und anderen wiederentdeckten Nutz- und Heilpflanzen, Wien-Köln-Weimar 2017.

MARSH-LETTS / ADELOJU, Surface (2002)

Marsh-Letts, G.S. / Adeloju, S.B., Benath the surface: salt movement in archaeological textiles, in: Whelan, V.J. (Hg.), Strengthening the Bond: Science & Textiles. North American Textile Conservation Conference 2002, Philadelphia 2002, S. 69-76.

MENDEL, Zellbiologie (2011)

Mendel, R.-R., Zellbiologie der Pflanzen, Stuttgart Ulmer 2011.

V. MILLER, Leder (2006)

Miller, D.v., Mit Haut und Haaren. Prähistorische Haut- und Lederfragmente aus dem Salzbergwerk Hallstatt. Bergung – Konservierung – Lagerung, Dipl. Arb., Universität für angewandte Kunst Wien, Wien 2006.

MOLL-DAU, Textilkonservierung (2015)

Moll-Dau, F., Einblicke in die archäologische Textilkonservierung. Die konservatorische Begleitung eines neolithischen Bastschuhs von der Ausgrabung bis zur Präsentation, in: Archäologie Bern: Jahrbuch der Archäologischen Dienstes des Kantons Bern, Bern 2015, S. 204-211.

MUSKALLA / WITTKÖPPER, Holz (2009)

Muskalla, W. / Wittköpper, M., Holz. In: Gebhard, R. / Egg, M., Das KUR-Projekt: Massenfunde in archäologischen Sammlungen. Eine Kooperation der Archäologischen Staatssammlung München und des römisch-Germanischen Museums Mainz, (2009). https://www.hornemann-institut.de/german/epubl_txt/2012_KURProjekt_Mazzola.pdf. Zugriff: 28.4.2020.

NOLL, Sprossachse (2011)

Noll, M., Kurze Einführung in die Gewebe der primären Sprossachse (2011). <http://www.mikroskopie-bonn.de/bibliothek/botanik/149.html>. Zugriff: 5.4.2020.

NORTON, interworking (1992)

Norton, R.E., Interworking of Fibers and Elements, In: Florian, M-L.E. / Kronkright, D.P. / Norton, R.E., The Conservation of Artifacts Made from Plant Materials, Princeton 1992, S. 89-96.

OBI, Eurobox (o.D.)

OBI, obi-eurobox-system-tauro-box-flap-side (o.D.). <https://www.obide/aufbewahrungsboxen/obi-eurobox-system-tauro-box-flap-side-40-x-30-x-22-cm-transparent/p/2615755>. Zugriff: 15.5.2020.

OEGGL, Archaeobotany (2009)

Oegg, K., The significance of the Tyrolean Iceman for the archaeobotany of Central Europe, in: Vegetation History and Archaeobotany, 18/2009, S. 1-11. <https://link-springer-com.uaccess.univie.ac.at/article/10.1007/s00334-008-0186-2>. Zugriff: 4.11.2019.

PADFIELD, Deterioration (1969)

Padfield, T., The deterioration of cellulose. A literature review. The effects of exposure to light, ultra-violet and high energy radiation. In: Problems of Conservation in Museums, International Council of Museums, Paris 1969, S. 119-164.

PANY, Bevölkerung (2008)

Pany, D., Die Bevölkerung des Hallstätter Hochtales in der Älteren Eisenzeit, in: Kern, A., u.a. (Hg.), Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 136-141.

PEACOCK, Freeze-Drying (2014)

Peacock, E.E., Freeze-Drying Archaeological Textiles: the need für basich research (2014), <https://www.researchgat.net/publication/256688017>. Zugriff: 12.4.2020.

RAST-EICHER, Baumbaste (1995)

Rast-Eicher, A., Baumbaste, Fasermaterial für Geflechte und Gewebe, in: Tugium: Jahrbuch des Staatsarchivs des Kantons Zug, des Amtes für Denkmalpflege und Archäologie, des Kantonalen Museums für Urgeschichte Zug und der Burg Zug 11/1995, S. 57-59.

RAST-EICHER, Faden (2010)

Rast-Eicher, A., Am Anfang war – der Faden, in: Benguerel, S., u.a. (Hg.), Gesponnen, Geflochten, Gewoben. Archäologische Textilien zwischen Bodensee und Zürichsee, Thurgau 2010, S.36-46.

RAST-EICHER, Fibres (2016)

Rast-Eicher, A., Fibres. Microscopy of archaeological textiles and furs, Budapest 2016.

RESCHREITER, Hallstatt (2013)

Reschreiter, H., Das Salzbergwerk Hallstatt, in: Grömer, K. (Hg.), Hallstatt Textiles: Technical analysis, scientific investigation and eyperiment on iron age textiles, Budapest 2013, S. 13-32.

RODGERS, conservation (2004)

Rodgers, B. A., the archaeologist`s manual für conservation. A guide to non-toxic, minimal intervention artifact stablization, New York (u.a.) 2004.

ROTHER, Erde (2008)

Rothe, P., Die Erde. Alles über Erdgeschichte, Plattentektonik, Vulkane, Erdbeben, Gesteine und Fossilien, Darmstadt 2008.

SANDGRUBER, Hallstattzeit (2008)

Sandgruber, R., Die Hallstattzeit in Oberösterreich (2008).
<https://www.ooegeschichte.at/themen/wir-oberoesterreicher/wir-oberoesterreicher/hallstattzeit-in-oberoesterreich/>. Zugriff: 4.1.2020.

SCHMIDT, Cyperace (1997)

Schmidt, B., Botanische Bestimmungsübungen. Eine Einführung in die Familien! Cyperace. (1997) <http://www.biologie.uni-ulm.de/lehre/bestueb/cyperace.htm>. Zugriff: 2.1.2020.

SCHMIDT, Poaceae (1997)

Schmidt, B., Botanische Bestimmungsübungen. Eine Einführung in die Familien! Poaceae. (1997) <http://www.biologie.uni-ulm.de/lehre/bestueb/poaceae.htm>. Zugriff: 2.1.2020.

SCHÖNLAUB, Alpen (2019)

Schönlaub, H.P., Die Entstehung der Alpen. Werden und Vergehen eines Gebirges, Innsbruck 2019.

SEILNACHT, Aceton (o.D.)

Seilnacht, T., Aceton (o.D.). https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_aceto.htm. Zugriff: 9.5.2020.

SEILNACHT, Kaliumchlorid (o.D.)

Seilnacht, T., Kaliumchlorid KCl (o.D.). https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_kcl.htm. Zugriff: 30.4.2020.

SEILNACHT, Kaliumsulfat (o.D.)

Seilnacht, T., Kaliumsulfat K₂SO₄ (o.D.). https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_k2so4.html. Zugriff: 30.4.2020.

SEILNACHT, Magnesiumcarbonat (o.D.)

Seilnacht, T., Magnesiumcarbonat MgCO₃ (o.D.). https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_mgco3.htm. Zugriff: 30.4.2020.

SEILNACHT, KALIUMNITRAT (o.D.)

Seilnacht, T., Kaliumnitrat KNO₃ (o.D.). https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_kno3.htm. Zugriff: 30.4.2020.

SEILNACHT, Xylol (o.D.)

Seilnacht, T., Xylol (o.D.). https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_xylol.html. Zugriff: 9.5.2020.

STELZNER, Nassholzkonservierung (2017)

Stelzner, I.M., Bestimmung prozessrelevanter Eigenschaften für die Gefriertrocknung in der Nassholzkonservierung. Dissertation an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Stuttgart 2017.

STEIGER, Deliqueszenzfeuchte (2012)

Steiger, M., Deliqueszenzfeuchte, 2012. salzwiki.de/index.php/Deliqueszenzfeuchte. Zugriff: 29.3.2020.

THENIUS, Meere (1977)

Thenius, E., Meere und Länder im Wechsel der Zeiten. Die Paläographie als Grundlage für die Biogeographie. Berlin-Heidelberg-New York 1977.

THOMANEK, Welterberegion

Thomanek, K., BFI Projekt. Salz ein wesentlicher Faktor in der Welterberegion. https://www.salzweiten.at/fileadmin/user_upload/Bilder/Hallein/Schulgruppen/Versuche/Salz_ein_wesentlicher_Faktor-HP.pdf. Zugriff: 20.11.2019.

URBAN, Geschichte (2003)

Urban, O. H., Der lange Weg zur Geschichte. Die Urgeschichte Österreichs. In: Herwig, W. (Hg.), Österreichische Geschichte bis 15 v.Chr., Wien 2003.

URSTÖGER, 1311 (2008)

Urstöger, H.J., Von 1311 bis heute, in: Kern A., u.a. (Hg.) Salz – Reich. 7000 Jahre Hallstatt, Wien 2008, S. 190-196.

WAGENBRETH, Geologie (2015)

Wagenbreth, O., Geschichte der Geologie in Deutschland, Berlin/Heidelberg 2015.

WILL, Basketry (1985)

Will, C., International Basketry. For Weavers and Collectors, Pennsylvania 1985.

Filmnachweis

HÖSEL, Garben(2017)

Hösel, D., Garben binden wie anno dazumal (2017), in: erzgebirge.tv.
<https://www.erzgebirge.tv/2017/09/garben-binden-wie-anno-dazumal/>. Zugriff: 7.12.2019.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: © KOWARIK / RESCHREITER, Salzbergbau (2008), S. 50.

Abb. 2: © KOWARIK / RESCHREITER, Salzbergbau (2008), S. 55.

Abb. 3: © KOWARIK / RESCHREITER, Bergbau (2008), S. 84.

Abb. 4: © KOWARIK / RESCHREITER / PANY, Herzen (2008), S. 89.

Abb. 5: © Brandner Daniel.

Abb. 6-7: © Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Cordula Redl.

Abb. 8: © MOLL-DAU, Textilkonservierung (2015), S. 204.

Abb. 9: © GOEDECKER-CIOLEK, Gletschermumie (1994), S. 123.

Abb. 10: © GOEDECKER-CIOLEK, Gletschermumie (1994), S. 122.

Abb. 11-15: © Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Cordula Redl.

Abb. 16: © KÜCK / WOLFF, Grundpraktikum (2009), S. 96.

Abb. 17-19: © Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Cordula Redl.

Abb. 20: © KÜCK / WOLFF, Grundpraktikum (2009), S. 56.

Abb. 21: © KÜCK / WOLFF, Grundpraktikum (2009), S. 75.

Abb. 22: © KÜCK / WOLFF, Grundpraktikum (2009), S. 75.

Abb. 23-40: © Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Cordula Redl.

Abb. 41-45: © Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Christoph Schießmann Univ.-Ass. BA.

Abb. 46-53: © Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Cordula Redl.

Abb. 54: © FLORIAN, Deterioration (1987), S. 23.

Abb. 55: © Brennicke, A. / Schopfer, P., Pflanzenphysiologie, Berlin/Heidelberg 2016, S. 126.

Abb. 56: © Ernst, Ch., u.a. (Hg.), Duden. Chemie. 5. Bis 10. Klasse, Berlin 2014, S. 267.

Abb. 57-59: © Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Cordula Redl.

Abb. 60: © KÜCK / WOLFF, Grundpraktikum (2009), S. 2.

Abb. 61: © Brennicke, A. / Schopfer, P., Pflanzenphysiologie, Berlin/Heidelberg 2016, S. 57.

Abb. 62-63: © Moll-Dau, F., Einblicke in die archäologische Textilkonservierung. Die konservatorische Begleitung eines neolithischen Bastschuhs von der Ausgrabung bis zur Präsentation, in: Archäologie Bern: Jahrbuch der Archäologischen Dienstes des Kantons Bern, Bern 2015, S. 204-211, S. 205.

Abb. 64: © OBI, obi-eurobox-system-tauro-box-flap-side (o.D.). <https://www.obide/aufbewahrungsboxen/obi-eurobox-system-tauro-box-flap-side-40-x-30-x-22-cm-transparent/p/2615755>. Zugriff: 15.5.2020.

Abb. 65-81: © Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Cordula Redl.

Abb. 82: © Peacock, E.E., Freeze-Drying Archaeological Textiles: the need für basich research (2014), <https://www.researchgat.net/publication/256688017>. Zugriff: 12.4.2020.

Abb. 83: © Peacock, E.E., Freeze-Drying Archaeological Textiles: the need für basich research (2014), <https://www.researchgat.net/publication/256688017>. Zugriff: 12.4.2020.

Abb. 84-120: © Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Cordula Redl.

Abb. 121: © Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Christoph Schießmann Univ.-Ass. BA.

Abb. 122-127: © Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Cordula Redl.

Abb. 128-132: © Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Christoph Schießmann Univ.-Ass. BA.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 bearbeitet nach: © GENGLER, Textilien (2005), S. 45.

Tabelle 2: © Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Cordula Redl.

Tabelle 3 erstellt nach: © GRÖMER, Textilkunst (2010), S. 33-40, RAST-EICHER, Fibres (2016), S. 15, KOWARIK / RESCHREITER, Wertvoller (2008), S.18f.

Tabelle 4-6: © Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Cordula Redl.

Diagrammverzeichnis

Diagramm 1-7: © Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Cordula Redl.

Bezugsquellenverzeichnis

Gore-tex® Material: PTFE-Membran Lascaux® Acrylkleber 498 HV Löschkarton Tyvek® Soft-PE-Vlies 1622E Art.-Nr.: 2702152 Stärke: 41 g/m2	Deffner & Johann GmbH Mühläcker Straße 13 D-97520 Röthlein, Germany Tel.: +49 (0) 9723935025 Fax: +49 (0) 9723935025 E-Mail: info@deffner-johann.de Internet: www.deffner-johann.de
Körperband Nr. 2 Art.-Nr.: B810 Material: 100% Baumwolle Breite: 8/10 mm Farbe: weiß	Belousek Linzer Straße 235a A-1140 Wien Tel.: +43 (0)1 4164455-0 Fax: +43 (0)1 4164455-30 E-Mail: info@belousek.at Internet: www.belousek.at
Archiv-Microwelle/Feinwelle Weiß, 2-lagig mit Archivkarton 1705 kaschiert, 5 mm Dicke Japanpapier Sanmore Roll No.635 620/R	Japico – Feinpapier – Vertriebs GmbH Rasmussengasse 2 A-1210 Wien Tel.: +43 147970140 Fax: +43 14702009 Email: office@japico.at Internet: www.japico.at
Nylontüll	Jakob Komolka KG Mariahilfer Str. 58 A-1070 Wien Tel.: +43 (0)1 5237184 Fax: +43 (0)1 5239591-33 E-Mail: komolka@stoffe.at Internet: www.komolka.at
Baumwollnähgarn PE-Beutel Insektennadeln	Bestand Textilklasse
Watte	Handelsübliche Drogerie
Digitale Feinwaage TS-100	G&G GmbH Novesiastr. 31 D-41564 Kaarst Tel.: +49 (0) 2131 1335605 Fax: +49 (0) 2131 1335607 E-Mail: info@gandg.de Internet: www.gandg.de
Leitwert-Messgerät Qcond 2200 Art.-No. 620-4722	VWR International GmbH Graumannsgasse 7 A-1150 Wien Tel.: +43 (0)1 97002-0 Fax: +43 (0)1 97002-600 E-Mail: info.at@vwr.com Internet: at.vwr.com
Euromex EcoBlue Mono	Frank B.V. Winschoterdiep 50 NI 9723 AB Groningen Tel.: 03056795124 Fax: / E-Mail: info@frank.nl Internet: checkfrank.at

Anhang I: Mikroskopische Untersuchung von archäologischen Gras-Baumbastobjekten

Fragestellung 1

Fragestellungen im Bezug zu Bestand und Zustand der FN (Fundnummer): 19.012, 19.104, 19.142, 19.217, 19.277:

1. Um welches Pflanzenmaterial handelt es sich?
2. In welchen Zustand liegen die Zellen vor?

Untersuchungsmethoden:

- Lichtmikroskopie (Durchlicht)³²⁸

Probenentnahme und Präparation:

Für die Untersuchung wurde von jedem Fund mehrere Proben entnommen und davon histologische Präparate angefertigt. Es wurden dünne Quer- und Längsschnitte mittels einer Rasierklinge, in Form eines Handschnittes angefertigt. Dies erfolgte nach der Einschulung durch DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI (Österreichisches Archäologisches Institut).

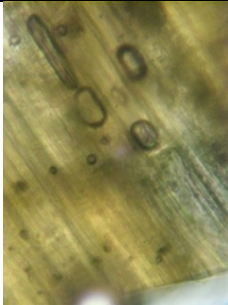
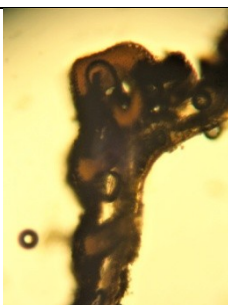
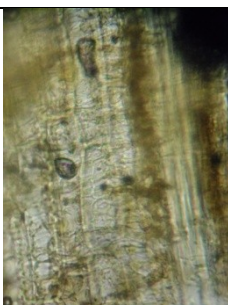
Die Quer- und Längsschnitte wurden auf flache Objektträger gelegt, mit einem Tropfen Glycerin benetzt und mit einem Deckglas abgedeckt. Die Präparate wurden im Durchlichtmikroskop untersucht, dabei wurde Eco Blue Mono (Euromex Microscopen BV, NL) mit einer 100 und 400fachen Vergrößerung verwendet. Fotos wurden mit einer Exilim Digitalkamera (Casio, JP) aufgenommen.

Ergebnis

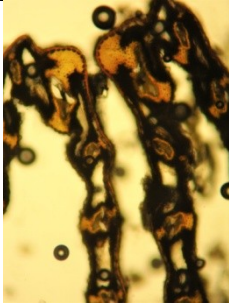
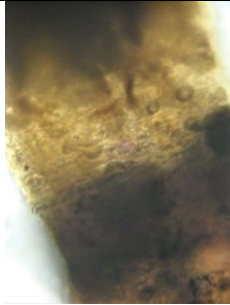
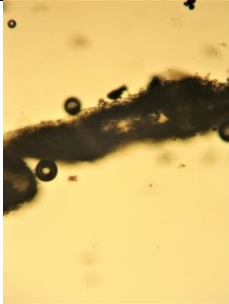
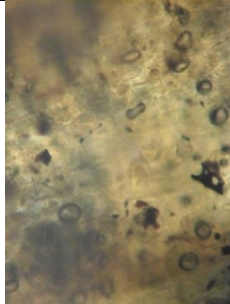
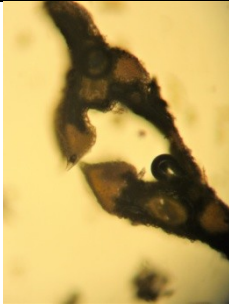
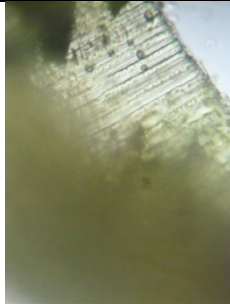
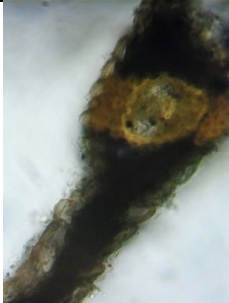
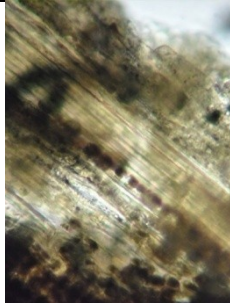
Mikroskopbilder von Interesse und deren Beschreibung vom Zustand und Bestand von jeder untersuchten Probe sind in der Tabelle 1 zusammengefasst.

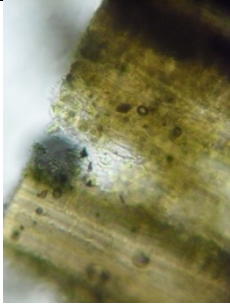
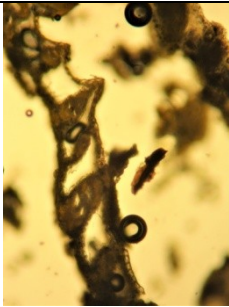
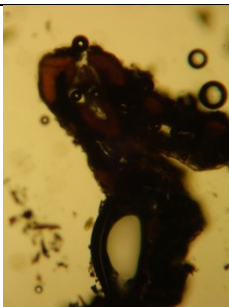
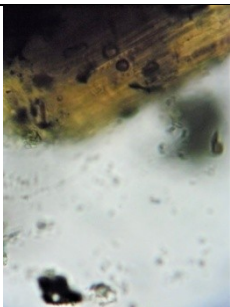
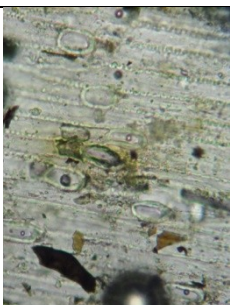
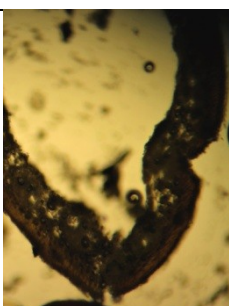
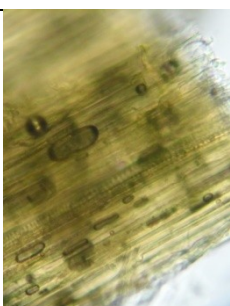
³²⁸ Euromex EcoBlue Mono (Euromex Microscopen BV, NL) Vergrößerung mit einer 100 und 400fachen Vergrößerung, Fotos wurden mit einer Exilim Digitalkamera (Casio, JP) aufgenommen

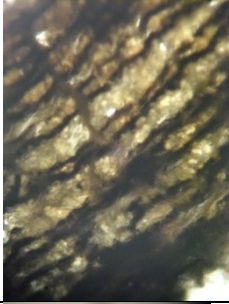
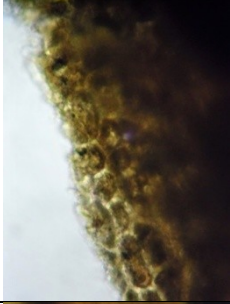
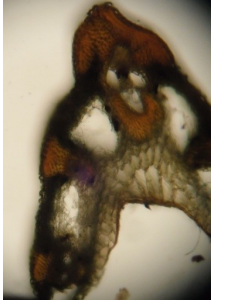
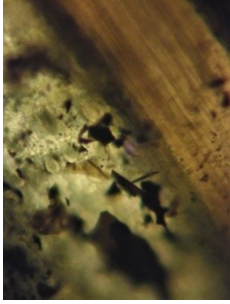
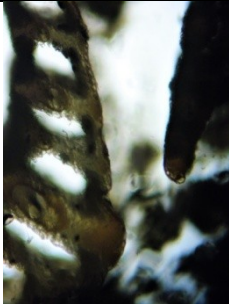
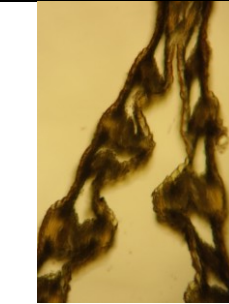
Tabelle 1 Quer- und Längsschnitte, zur Bestimmung des Pflanzenmaterials, sowie der Erfassung des Zellenzustandes,

FN.	Pr.	Querschnitt 100-facher Vergrößerung	Längsschnitt 400-facher Vergrößerung	Beschreibung des Bestands ³²⁹	Beschreibung des Zustands
19.012	1			Grasblatt, aufgrund des Querschnittes, der die Morphologie einer Blattscheide aufweist	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
19.012	2			Grasblatt, aufgrund des Querschnittes in Vogelflugform handelt es sich hier höchstwahrscheinlich um eine Segge	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
19.104	3			Grasblatt, aufgrund des Querschnittes in Vogelflugform handelt es sich hier höchstwahrscheinlich um eine Segge	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
19.104	4			Grasblatt, aufgrund des Querschnittes in Vogelflugform handelt es sich hier höchstwahrscheinlich um eine Segge	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist

³²⁹ Für die Bestimmung wurden Krüsi, B.O., Schlüssel zum Bestimmen von Gräsern und Grasartigen im vegetativen Zustand (2007). Moodle.zhaw.ch/pluginfile.php/35371/mod_resource/content/0/GS-Schl-2007.pdf. Zugriff: 11.2.2020, sowie: Weiß, J., Botanische Schnitte (2019). http://www.mikroskopie-bonn.de/themengalerie/botanische_schnitte/index.html#a48, Zugriff: 8.11.2020, herangezogen.

19.104	5			Grasblatt, aufgrund des Querschnittes in Vogelflugform handelt es sich hier höchstwahrscheinlich um eine Segge	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
19.104	6			Grasblatt, aufgrund des Querschnittes in Vogelflugform handelt es sich hier höchstwahrscheinlich um eine Segge	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
19.143	7			Grasblatt, aufgrund des Querschnittes in Vogelflugform handelt es sich hier höchstwahrscheinlich um eine Segge	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
19.143	8			Grasblatt, aufgrund des Querschnittes mit charakteristischen Rillen handelt es sich hier höchstwahrscheinlich um ein Süßgras	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
19.143	9			Grasblatt, der die Morphologie aufzeigt einer Poaceae aufweist	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist

19.217	10			Grasblatt, aufgrund des Querschnittes in Vogelflugform handelt es sich hier höchstwahrscheinlich um eine Segge	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
19.217	11			Grasblatt, aufgrund des Querschnittes in Vogelflugform handelt es sich hier höchstwahrscheinlich um eine Segge	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
19.217	12			Grasblatt, aufgrund des Querschnittes in Vogelflugform handelt es sich hier höchstwahrscheinlich um eine Segge	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
19.277	13			Grasblatt, aufgrund des Querschnittes in Vogelflugform handelt es sich hier höchstwahrscheinlich um eine Segge	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
19.277	14			Grasblatt, aufgrund des Querschnittes in V-form handelt es sich hier höchstwahrscheinlich um eine Segge	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist

19.277	15			Baumbast	Es sind Phloemfasern die sklerenchymatisch aufgebaut sind vorhanden,
19.277	16			Baumbast	Es sind Phloemfasern die sklerenchymatisch aufgebaut sind vorhanden,
19.277	17			Grasblatt, aufgrund des Querschnittes in Vogelflugform handelt es sich hier höchstwahrscheinlich um eine Segge	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
19.277	18			Grasblatt, aufgrund des Querschnittes in Vogelflugform handelt es sich hier höchstwahrscheinlich um eine Segge	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym im guten Zustand, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
Inv.Nr. 11.336	19			Grasblatt, aufgrund des Querschnittes in Vogelflugform handelt es sich hier höchstwahrscheinlich um eine Segge	Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym im guten Zustand, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist

Anhang II: Testreihen zur Entscheidungsfindung für die Entsalzungsmethode

Material und Methode

Die Proben wurden den FN 19.143, 19.217 und 19.277 entnommen.

In Tabelle 2 sind alle Proben der Testreihen I, II und III mit ihren Entsalzungs- und Trocknungsmethoden aufgelistet

Tabelle 2 Probeliste für Testreihe

Proben-nummer	FN:	Entsalzungs- und Trocknungsmethode
I3a	19.277	Salzlösungsbäder, Leitungswasserbäder, Lufttrocknung
I3b	19.217	Salzlösungsbäder, Leitungswasserbäder, Lufttrocknung
I3c	19.143	Salzlösungsbäder, Leitungswasserbäder, Lufttrocknung
I4a	19.277	Salzlösungsbäder, Leitungswasserbäder, Lufttrocknung
I4b	19.217	Salzlösungsbäder, Leitungswasserbäder, Lufttrocknung
I4c	19.143	Salzlösungsbäder, Leitungswasserbäder, Lufttrocknung
II1a	19.277	Leitungswasserbäder, Lufttrocknung
II1b	19.277	Leitungswasserbäder, Lufttrocknung
II1c	19.217	Leitungswasserbäder, Lufttrocknung
II2a	19.277	Leitungswasserbäder, Lufttrocknung
II2b	19.277	Leitungswasserbäder, Lufttrocknung
II2c	19.143	Leitungswasserbäder, Lufttrocknung
II3a	19.277	Leitungswasserbäder, deionisierte Wasserbäder, Lufttrocknung
II3b	19.277	Leitungswasserbäder, deionisierte Wasserbäder, Lufttrocknung
II3c	19.143	Leitungswasserbäder, deionisierte Wasserbäder, Lufttrocknung
II4a	19.277	Leitungswasserbäder, deionisierte Wasserbäder, Lufttrocknung
II4b	19.277	Leitungswasserbäder, deionisierte Wasserbäder, Lufttrocknung
II4c	19.143	Leitungswasserbäder, deionisierte Wasserbäder, Lufttrocknung
III1a	19.277	1 Komresse mit Leitungswasser getränkt
III1b	19.143	1 Komresse mit Leitungswasser getränkt
III1c	19.217	1 Komresse mit Leitungswasser getränkt
III2a	19.277	2 Komresse mit Leitungswasser getränkt
III2b	19.217	2 Komresse mit Leitungswasser getränkt
III2c	19.143	2 Komresse mit Leitungswasser getränkt
III3a	19.277	5 Komresse mit Leitungswasser getränkt
III3b	19.277	5 Komresse mit Leitungswasser getränkt
III3c	19.277	5 Komresse mit Leitungswasser getränkt

Entsalzungsverlauf

Tabelle 3 Entsalzungsprotokoll bei der Entsalzung mittels Bäder

Probe	Vor der Entsalzung und Trocknung			ml für das Entsalzungsbad	160g Salz auf 500ml Wasser= 24,3% Salzlösung	1/6 Lösung durch Wasser ersetzen ohne Salz aus der Schnur 20%	1/6 Lösung durch Wasser ersetzen, ohne Salz aus der Schnur 16,6%	1/3 Lösung durch Wasser ersetzen, ohne Salz von der Schnur 11,1%	1/3 Lösung durch Wasser ersetzen 7,4%	1/2 Lösung durch Wasser ersetzen 3,7%	Leitungswasser	Leitungswasser	Leitungswasser	Deion. Wasser	Deion. Wasser	Nach Trocknung der		
	Gewicht g	Länge cm	Breite cm		Leitwert ³³⁰											Gewicht g	Länge cm	Breite cm
I1a	0,04	4,9	0,2	80	er.II	er.II	er.II	164,5mS/cm 20,3°C	118,2mS/cm 20,5°C	54mS/cm 20,8°C	386µS/cm 20,7°C	/	/	/	/	0,01	4,7	0,2
I1b	0,03	3,5	0,3	60	er.II	er.II	er.II	172,2mS/cm 20,3°C	125mS/cm 20,3°C	66,5mS/cm 20,7°C	437µS/cm 21,1°C	/	/	/	/	0,01	3,5	0,3
I1c	0,04	2,1	0,2	80	er.II	er.II	er.II	167,9mS/cm 20,2°C	121,4mS/cm 20,3°C	67,7mS/cm 20,7°C	366µS/cm 21,1°C	/	/	/	/	0,01	2,1	0,2
I2a	0,05	3,5	0,2	100	er.II	er.II	er.II	166,2mS/cm 20,7°C	118mS/cm 20,7°C	65,8mS/cm 21°C	357µS/cm 21,3°C	320µS/cm 20,2°C	/	/	/	0,01	3,5	0,2
I2b	0,02	3,5	0,3	40	er.II	er.II	er.II	162,8mS/cm 20,3°C	119,9mS/cm 20,4°C	68,6mS/cm 20,5°C	380µS/cm 21,1°C	312µS/cm 20,5°C	/	/	/	0,01	3,4	0,2
I2c	0,02	2,2	0,2	40	er.II	er.II	er.II	155mS/cm 20,4°C	110,3mS/cm 20,5°C	59mS/cm 20,5°C	338µS/cm 21°C	317µS/cm 20,2°C	/	/	/	0,01	2,1	0,2
II1a	^u 0,01	2,8	0,2	20	/	/	/	/	/	/	569 µS/cm 20,6°C	/	/	/	/	^u 0,01	0,27	0,1
II1b	0,03	2,7	0,4	60	/	/	/	/	/	/	821 µS/cm 20,4°C	/	/	/	/	^u 0,01	2,6	0,1
II1c	0,04	3,3	0,2	80	/	/	/	/	/	/	705 µS/cm 20,1°C	/	/	/	/	0,01	3,3	0,2
II2a	0,02	3,0	0,5	40	/	/	/	/	/	/	738 µS/cm 20,6°C	499 µS/cm 20,4°C	497 µS/cm 20,9°C	/	/	^u 0,01	3,0	0,4
II2b	0,02	2,1	0,4	40	/	/	/	/	/	/	655 µS/cm 20,4°C	500 µS/cm 20,4°C	496 µS/cm 20,7°C	/	/	0,01	2,1	0,3
II2c	^u 0,01	2,5	0,1	20	/	/	/	/	/	/	624 µS/cm 20,4°C	502 µS/cm 20,4°C	497 µS/cm 20,6°C	/	/	^u 0,01	2,5	0,1

³³⁰ Leitwert wurde mit dem Leitwert-Messgerät Qcond 2200 Art.-No. 620-4722 der Firma VWR International GmbH gemessen 0-2000 µS/cm Messbereich, Messgenauigkeit +- 0,5%.

³³¹ Hier war das Gewicht der Probe unter 0,01 g und konnte mit der zur Verfügung stehenden Waage nicht mehr erfasst werden, da es außerhalb ihres Messbereichs lag.

II3a	0,02	2,1	0,4	40	/	/	/	/	/	/	654 $\mu\text{S/cm}$ 20,2°C	503 $\mu\text{S/cm}$ 20,4°C	498 $\mu\text{S/cm}$ 20,5°C	12,1 $\mu\text{S/cm}$ 21,5 °C	/	u 0,01	2,1	0,2
II3b	0,01	3,0	0,2	20	/	/	/	/	/	/	605 $\mu\text{S/cm}$ 20,2°C	499 $\mu\text{S/cm}$ 20,4°C	497 $\mu\text{S/cm}$ 20,4°C	9 $\mu\text{S/cm}$ 21,7°C	/	u 0,01	3,0	0,1
II3c	u 0,01	2,3	0,2	20	/	/	/	/	/	/	558 $\mu\text{S/cm}$ 20,2°C	496 $\mu\text{S/cm}$ 20,3°C	498 $\mu\text{S/cm}$ 20,4°C	17,8 $\mu\text{S/cm}$ 21,4°C	/	u 0,01	2,2	0,2
II4a	0,02	1,8	0,3	40	/	/	/	/	/	/	718 $\mu\text{S/cm}$ 20,4°C	501 $\mu\text{S/cm}$ 20,3°C	497 $\mu\text{S/cm}$ 20,5°C	12,4 $\mu\text{S/cm}$ 21,1°C	7,4 $\mu\text{S/cm}$ 21,4°C	u 0,01	1,7	0,2
II4b	0,01	2,6	0,4	20	/	/	/	/	/	/	684 $\mu\text{S/cm}$ 20,2°C	497 $\mu\text{S/cm}$ 20,4°C	498 $\mu\text{S/cm}$ 20,5°C	23,3 $\mu\text{S/cm}$ 21°C	9,6 $\mu\text{S/cm}$ 21,4°C	u 0,01	2,6	0,3
II4c	u 0,01	4,4	0,1	20	/	/	/	/	/	/	581 $\mu\text{S/cm}$ 20,4°C	496 $\mu\text{S/cm}$ 20,3°C	497 $\mu\text{S/cm}$ 20,5°C	10,8 $\mu\text{S/cm}$ 21,4°C	6,2 $\mu\text{S/cm}$ 21,2°C	u 0,01	4,2	0,1

Tabelle 4 Entsalzungsprotokoll mit Kompressen

Proben Nummer	Maße vor der Behandlung			Maße nach der Behandlung		
	Gewicht in g	Länge in cm	Breite in cm	Gewicht in g	Länge in cm	Breite in cm
III1a	0,08	4,9	0,3	0,05	4,9	0,2
III1b	0,03	4,5	0,1	0,02	4,5	0,1
III1c	0,01	3,3	0,2	0,01	3,2	0,2
III2a	0,03	4,3	0,2	0,01	4,3	0,2
III2b	0,03	3,0	0,3	0,01	3,0	0,25
III2c	0,02	3,0	0,2	0,01	3,0	0,2
III3a	0,03	2,0	0,2	0,01	2	0,2
III3b	0,03	1,4	0,1	0,01	1,4	0,1
III3c	0,49	4,8	0,8	0,35	4,8	0,8

Fragestellung 2

Fragestellung der Hypothese I getestet an Proben aus den FN 19.143, 19.217 und 19.277:

3. Ist aufgrund des osmotischen Drucks eine Deplasmolyse ersichtlich?

Untersuchungsmethoden:

- Lichtmikroskopie (Durchlicht)³³²

Probenentnahme und Präparation:

Für die Untersuchung wurde von jedem Fund mehrere Proben entnommen und davon histologische Präparate angefertigt. Es wurden dünne Quer- und Längsschnitte mittels einer Rasierklinge, in Form eines Handschnittes angefertigt. Dies erfolgte nach der Einschulung durch DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI (Österreichisches Archäologisches Institut).

Die Quer- und Längsschnitte wurden auf flache Objektträger gelegt, mit einem Tropfen Glycerin benetzt und mit einem Deckglas abgedeckt. Die Präparate wurden im Durchlichtmikroskop untersucht, dabei wurde Eco Blue Mono (Euromex Microscopen BV, NL) mit einer 100 und 400fachen Vergrößerung verwendet. Fotos wurden mit einer Exilim Digitalkamera (Casio, JP) aufgenommen.

Ergebnis

Die Ergebnisse zeigen, dass kein spezifischer Einfluss des osmotischen Drucks auf den Zustand der Zellwände der Fasern besteht. Daraus kann geschlossen werden, dass die getesteten Entsalzungsprozesse nicht zu einer Schädigung der Zellen führen.

Fragestellung 3

Fragestellung der Hypothese II getestet an Proben aus den FN 19.143, 19.217 und 19.277:

4. Führt ein geringerer Wassereintrag zu einer geringeren Schrumpfung der Proben?

Untersuchungsmethoden:

- Lichtmikroskopie (Durchlicht)³³³
- Auswertung nach den drei Kriterien in Bezug auf optische und haptische Zustände:
 - Deformierung optisch erfasst, in drei Bewertungsstufen unterteilt. 1: kaum deformiert, 2: leichte Deformierung, 3: stark deformiert
 - Steifigkeit haptisch erfasst und in drei Bewertungsstufen unterteilt. 1: sehr flexibel, 2: geringe Steifigkeit, die Probe kann etwas gebogen werden, bevor es bricht 3: steif, die Probe kann nicht ohne brechen gebogen werden

³³² Euromex EcoBlue Mono (Euromex Microscopen BV, NL) Vergrößerung mit einer 100 und 400fachen Vergrößerung, Fotos wurden mit einer Exilim Digitalkamera (Casio, JP) aufgenommen

³³³ Euromex EcoBlue Mono (Euromex Microscopen BV, NL) Vergrößerung mit einer 100 und 400fachen Vergrößerung, Fotos wurden mit einer Exilim Digitalkamera (Casio, JP) aufgenommen

- Rissbildung, optisch erfasst ob neue hinzugekommen sind. 1: keine Veränderung zum Vorzustand, 2: schon bestandene Risse wurden verstärkt, 3: neue Risse vorhanden

Probenentnahme und Präparation:

Für die Untersuchung wurde von jedem Fund mehrere Proben entnommen und davon histologische Präparate angefertigt. Es wurden dünne Quer- und Längsschnitte mittels einer Rasierklinge, in Form eines Handschnittes angefertigt. Dies erfolgte nach der Einschulung durch DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI (Österreichisches Archäologisches Institut).

Die Quer- und Längsschnitte wurden auf flache Objektträger gelegt, mit einem Tropfen Glycerin benetzt und mit einem Deckglas abgedeckt. Die Präparate wurden im Durchlichtmikroskop untersucht, dabei wurde Eco Blue Mono (Euromex Microscopen BV, NL) mit einer 100 und 400fachen Vergrößerung verwendet. Fotos wurden mit einer Exilim Digitalkamera (Casio, JP) aufgenommen.

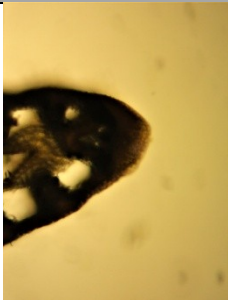
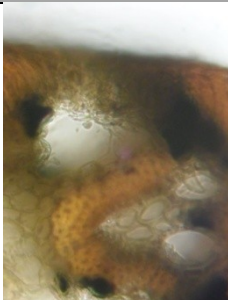
Ergebnis

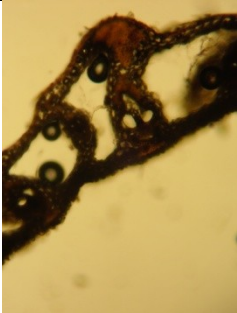
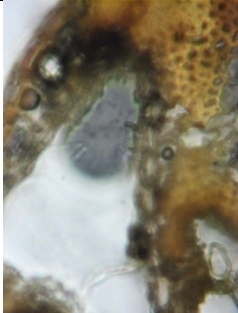
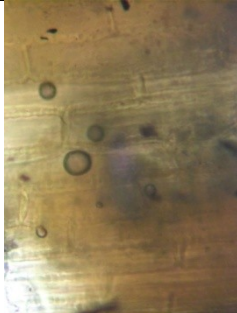
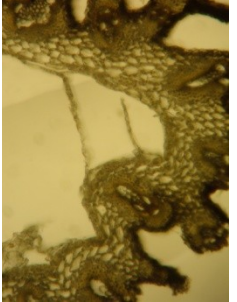
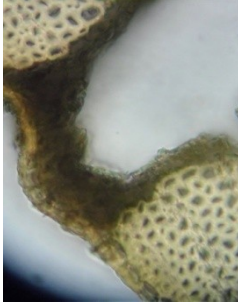
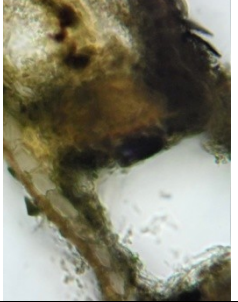
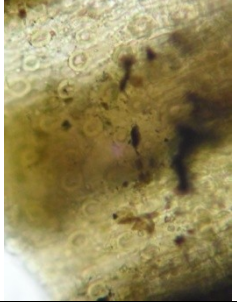
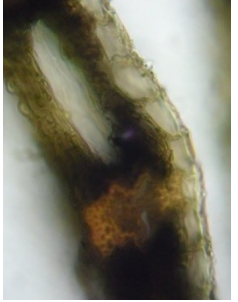
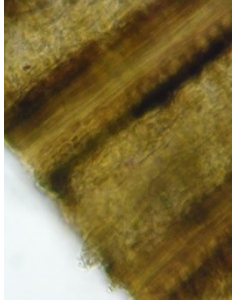
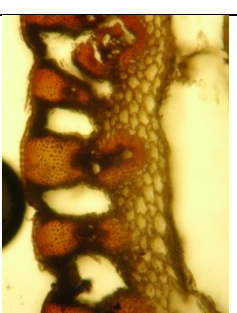
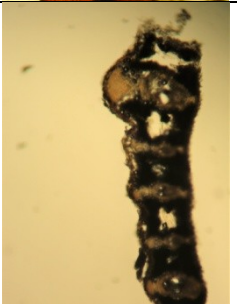
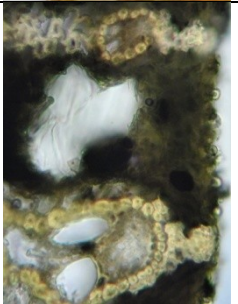
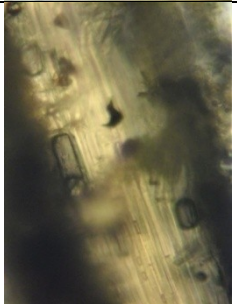
Im Vergleich der Deformierung, Flexibilität und der Rissbildung zeigen die mit Leitungswasser behandelten Proben die besten Resultate auf.

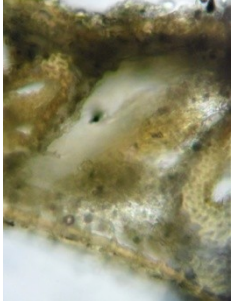
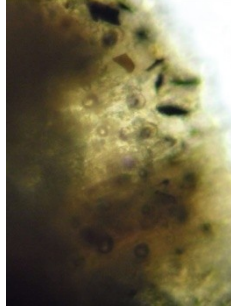
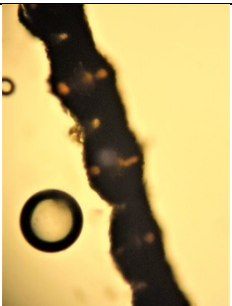
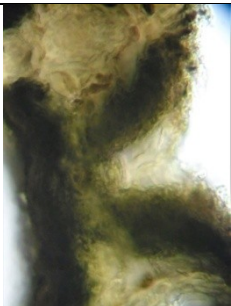
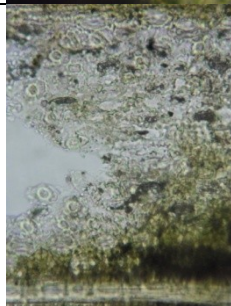
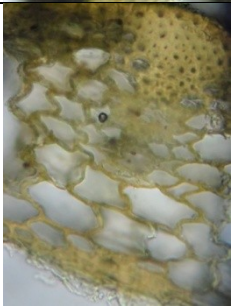
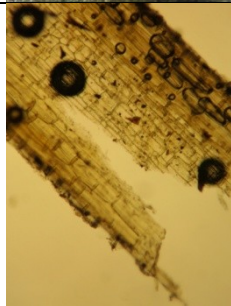
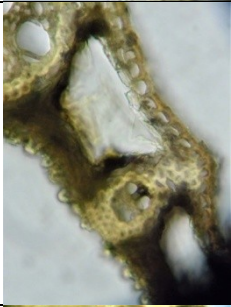
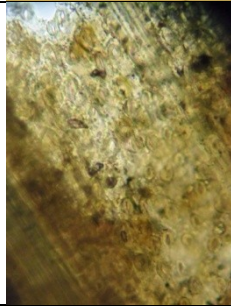
Die Kompressen sieht als Entsalzungsmethode vielversprechend aus, aber weitere Tests wären erforderlich, um den verbleibenden Salzgehalt in den Fasern zu bewerten und ihre Praktikabilität an dreidimensionalen Objekten zu überprüfen.

Auswertung zur Fragestellung I und II

Tabelle 5 Auswertung der histologischen Präparate von den Proben die mittels Bäder entsalzen wurden

Pr.	Querschnitt	Querschnitt	Längsschnitt	Beschreibung der Mikroskopaufnahmen
I1a				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym im guten Zustand, Protoplast nicht ersichtlich

I1b				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym im guten Zustand, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
I1c				Cuticula und Epidermis zum Teil beschädigt, Aerenchym leicht eingedrückt, Protoplast nicht ersichtlich
I2a				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym leicht eingedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
I2b				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym im guten Zustand, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
I2c				Cuticula und Epidermis zum Teil beschädigt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast nicht ersichtlich
II1a				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas eingedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist

II1b				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym zum Teil aufgerissen, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
II1c				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas eingedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
II2a				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas eingedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
II2b				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym in guten Zustand, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
II2c				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas eingedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
II3a				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas eingedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist

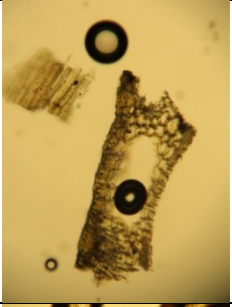
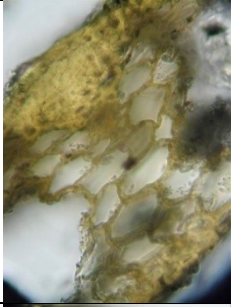
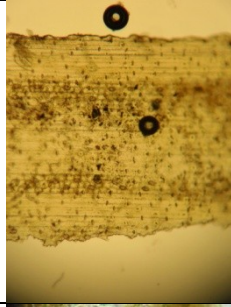
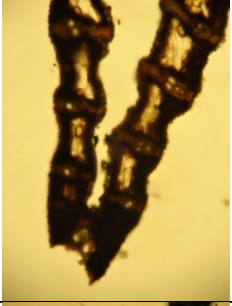
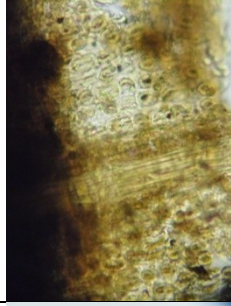
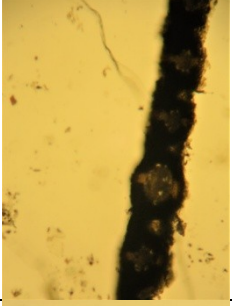
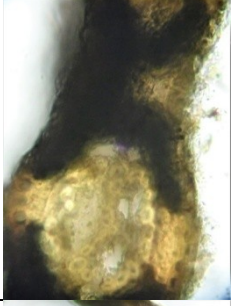
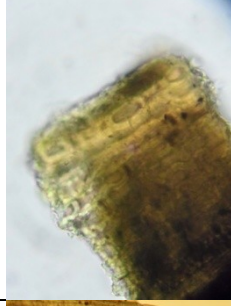
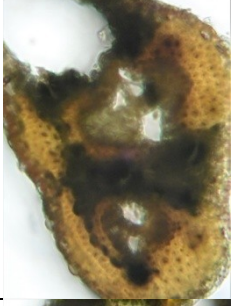
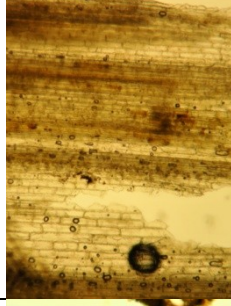
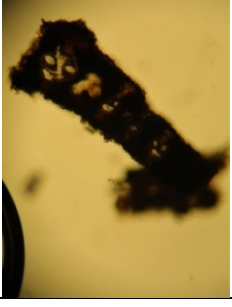
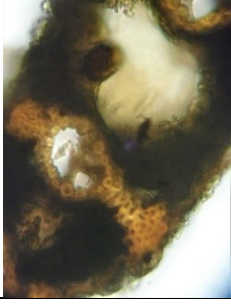
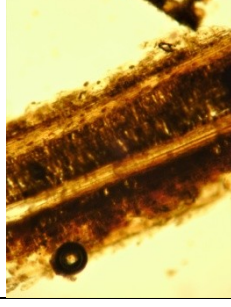
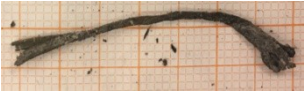
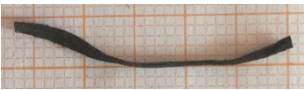
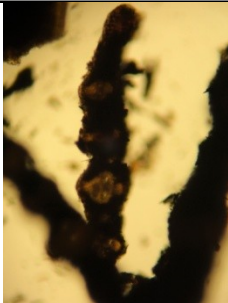
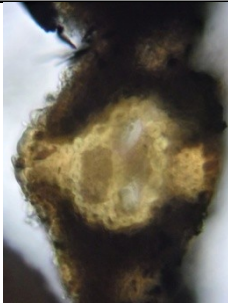
II3b				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym in guten Zustand, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
II3c				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas eingedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
II4a				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas eingedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
II4b				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas eingedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
II4c				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas eingedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist

Tabelle 6 Auswertung der Proben die mittels Bäder entsalzen wurden

Pr.	Eingangsfoto	Ausgangsfoto	Deformierung	Steifigkeit	Rissbildung
I1a			3	1	2
I1b			2	1	2
I1c			2	3	1
I2a			3	3	3
I2b			2	1	2
I2c			2	3	1
II1a			2	2	1
II1b			1	1	1
II1c			2	1	1
II2a			2	1	2

II2b			2	1	1
II2c			2	2	1
II3a			3	3	1
II3b			1	1	1
II3c			1	2	1
II4a			3	2	3
II4b			3	2	1
II4c			1	1	1

Tabelle 7 Auswertung der histologischen Präparate von den Proben die mittels Kompressen entsalzen wurden

Pr.	Querschnitt	Querschnitt	Längsschnitt	Beschreibung der Mikroskopaufnahmen
III1 a				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas eingedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist

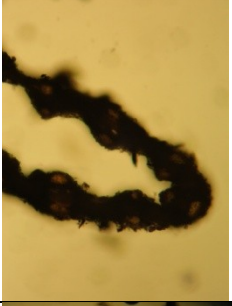
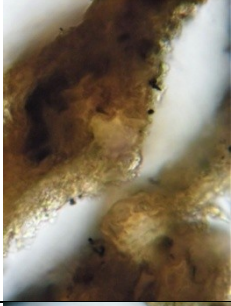
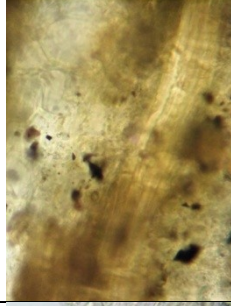
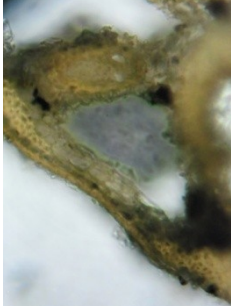
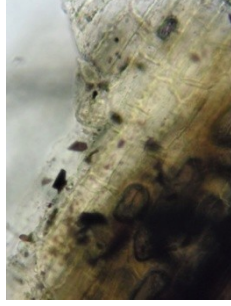
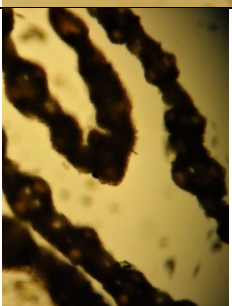
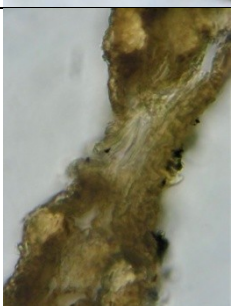
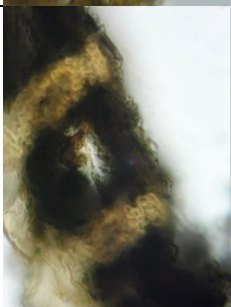
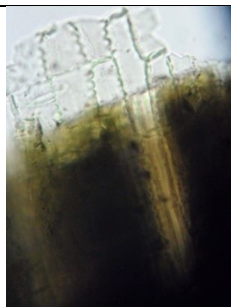
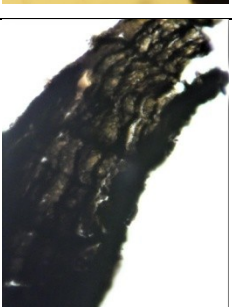
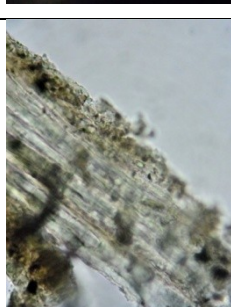
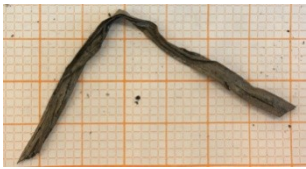
III1 b				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym im guten Zustand, Protoplast nicht ersichtlich
III1 c				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym stark zusammengepresst, Protoplast nicht ersichtlich
III2 a				Zellwände sind noch zum Teil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym im guten Zustand, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf, die stark fortgeschritten ist
III2 b				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengepresst, Protoplast nicht ersichtlich
III2 c				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengepresst, Protoplast nicht ersichtlich
III3 a				Zwischen den Phloemfasern sind Risse sowie Fehlstellen ersichtlich, ein Auftrennen der Phloemfasern

Tabelle 8 Auswertung der Proben die mittels Kompressen entsalzen wurden

Pr.	Eingangsfoto	Ausgangsfoto	Deformierung	Steifigkeit	Rissbildung
III1a			1	3	1
III1b			1	1	2
III1c			2	1	1
III2a			1	1	1
III2b			2	1	1
III2c			2	2	1
III3a			2	1	1
III3b			3	1	2
III3c			2	1	1

Anhang III: Testreihe zur Methodenfindung für die Trocknung

Material und Methode

Die Proben bestehen aus zwei Baststreifen und zwei Grasblätter, welche nur der FN 19.277 entnommen wurde, um mögliche Vorschädigungen der Proben zu vereinheitlichen.

Tabelle 9 Probeliste für die Testreihe zu den Trocknungsmethoden

Proben-nummer	FN:	Probe-fragment	Entsalzungs- und Trocknungsmethode
IV1a	19.277	n	Leitungswasserbäder, Lufttrocknung
IV1b	19.277	p	Leitungswasserbäder, Lufttrocknung
IV2a	19.277	o	Leitungswasserbäder, kontrollierte Lufttrocknung
IV2b	19.277	m	Leitungswasserbäder, kontrollierte Lufttrocknung
IV2c	19.277	n	Leitungswasserbäder, kontrollierte Lufttrocknung
IV3a	19.277	m	Leitungswasserbäder, Lösemitteltrocknung
IV3b	19.277	o	Leitungswasserbäder, Lösemitteltrocknung

Für die Überprüfung des Entsalzungsprozesses wurde die Leitfähigkeit³³⁴ am Ende von jedem Bad gemessen.

Tabelle 10 Entsalzungs- und Trocknungsprotokoll zur Testreihe mit unterschiedlichen Trocknungsmethoden

Pr.	Vor der Behandlung			Entsalzungsbad ml	1. Bad	2. Bad	3. Bad	4. Bad	nach der Trocknung		
	Gewicht g	Länge cm	Breite cm		Leitungswasser	Leitungswasser	Leitungswasser	Leitungswasser	Gewicht g	Länge cm	Breite cm
					Leitwert ³³⁵						
IV1a	0,516	3,2	1,2	20	597µS/cm 19,2°C	530µS/cm 21,2°C	512µS/cm 20,2°C	510µS/cm 20,4°C	u 0,01	3,1	1,0
IV1b	0,077	3,0	0,3	60	574µS/cm 19,9°C	589µS/cm 21°C	519µS/cm 20,1°C	525µS/cm 20,4°C	u 0,01	2,8	0,2
IV2a	0,077	2,0	0,2	80	574µS/cm 19,9°C	589µS/cm 21°C	519µS/cm 20,1°C	525µS/cm 20,4°C	0,01	2,0	0,2
IV2b	0,016	0,7	0,3	40	634µS/cm 19,8°C	510µS/cm 20,7°C	505µS/cm 20,2°C	525µS/cm 20,4°C	u 0,01	0,7	0,2
IV2c	0,58	2,8	0,7	40	1052µS/cm 20,4°C	531µS/cm 21,4°C	513µS/cm 20,3°C	518µS/cm 20,7°C	0,1	2,8	0,6
IV3a	0,058	3,0	0,3	20	548µS/cm 20,7°C	518µS/cm 20,8°C	511µS/cm 20,2°C	525µS/cm 20,5°C	u 0,01	2,8	0,2
IV3b	0,017	2,1	0,1	40	561µS/cm 19,6°C	509µS/cm 20,8°C	506µS/cm 20,2°C	522µS/cm 20,3°C	u 0,01	2,0	0,1

³³⁴ Leitwert wurde mit dem Leitwert-Messgerät Qcond 2200 Art.-No. 620-4722 der Firma VWR International GmbH gemessen 0-2000 µS/cm Messbereich, Messgenauigkeit +-0,5%.

³³⁵ Leitwert wurde mit dem Leitwert-Messgerät Qcond 2200 Art.-No. 620-4722 der Firma VWR International GmbH gemessen 0-2000 µS/cm Messbereich, Messgenauigkeit +-0,5%.

Fragestellung 4

Fragestellungen im Bezug zur Hypothese III getestet an Proben aus der FN 19.277:

5. Kommt es aufgrund der hohen Oberflächenspannung von Wasser, bei seiner Evaporation aus dem Objekt, durch die dabei wirkenden Zugkräfte auf die Zellen, zu Schädigungen an den Zellen?

Untersuchungsmethoden:

- Lichtmikroskopie (Durchlicht)³³⁶
- Auswertung nach den vier Kriterien im Bezug nach optische und haptische Zustände:
 - Deformierung optisch erfasst, in drei Bewertungsstufen unterteilt. 1: kaum deformiert, 2: leichte Deformierung, 3: stark deformiert
 - Steifigkeit haptisch erfasst und in drei Bewertungsstufen unterteilt. 1: sehr flexibel, 2: geringe Steifigkeit, die Probe kann etwas gebogen werden, bevor es bricht 3: steif, die Probe kann nicht ohne brechen gebogen werden
 - Brüche, optisch erfasst ob neue hinzugekommen sind. 1: keine Veränderung zum Vorzustand, 2: schon bestandene Brüche wurden verstärkt, 3: neue Brüche vorhanden
 - Veränderung in der Längs- und Querrichtung mit Millimetermaßband gemessen.

Probenentnahme und Präparation:

Für die Untersuchung wurden von jeder Probe ein histologisches Präparat angefertigt. Es wurden Quer- und Längsschnitte mittels einer Rasierklinge, in Form eines Handschnittes, angefertigt. Dies erfolgte nach der Einschulung durch DI Thorsten Jakobitsch, BSc vom ÖAI (Österreichisches Archäologisches Institut).

Die Quer- und Längsschnitte wurden auf flache Objektträger gelegt, mit einem Tropfen Glycerin benetzt und mit einem Deckglas abgedeckt. Die Präparate wurden im Durchlichtmikroskop untersucht, dabei wurde Eco Blue Mono (Euromex Microscopen BV, NL) mit einer 100 und 400fachen Vergrößerung verwendet. Fotos wurden mit einer Exilim Digitalkamera (Casio, JP) aufgenommen.

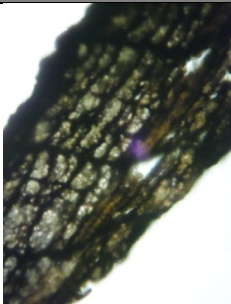
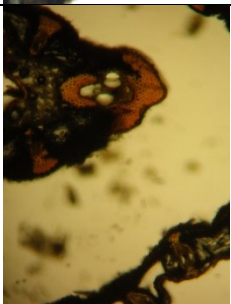
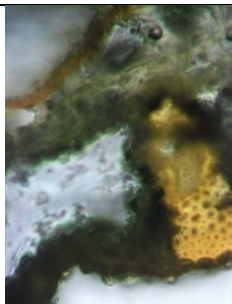
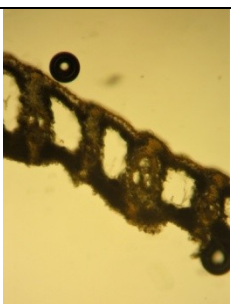
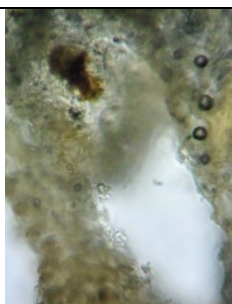
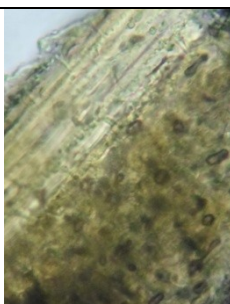
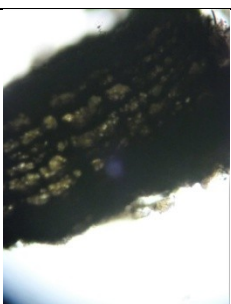
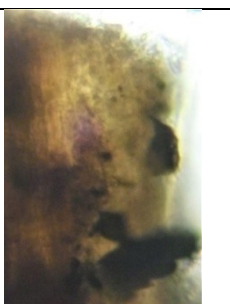
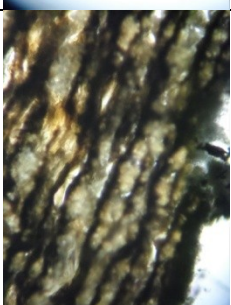
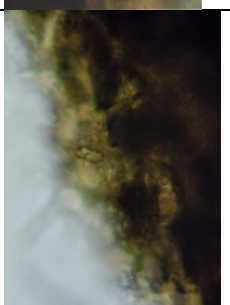
Ergebnis

Die Ergebnisse zeigen, dass die Reaktion der Fasern auf die Trocknungsprozesse sehr unterschiedlich ist. Bei der Lösemitteltrocknung kommt es zu einer Schädigung der Zellen, weshalb diese verworfen wird. Die Flexibilität ist bei der Luftgetrockneten höher, jedoch auch die Rissbildung. Deformierung ist bei beiden anzutreffen. Aufgrund der geringen

³³⁶ Euromex EcoBlue Mono (Euromex Microscopen BV, NL) Vergrößerung mit einer 100 und 400fachen Vergrößerung, Fotos wurden mit einer Exilim Digitalkamera (Casio, JP) aufgenommen

Schrumpfung in die Längsrichtung bei den kontrolliert getrockneten Proben wird diese empfohlen.

Tabelle 11 Auswertung der histologischen Präparate von den, mit unterschiedlichen Trocknungsmethoden behandelten, Proben

Pr.	Querschnitt	Querschnitt	Längsschnitt	Beschreibung der Mikroskopaufnahmen
IV1a				Zwischen den Phloemfasern sind viele Risse sowie Fehlstellen ersichtlich, ein Auftrennen der Phloemfasern
IV1b				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym etwas zusammengedrückt, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf
IV2a				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym im guten Zustand, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf
IV2b				Zwischen den Phloemfasern sind wenige Risse sowie Fehlstellen ersichtlich, ein Auftrennen der Phloemfasern
IV2c				Zwischen den Phloemfasern sind wenige Risse sowie Fehlstellen ersichtlich, ein Auftrennen der Phloemfasern

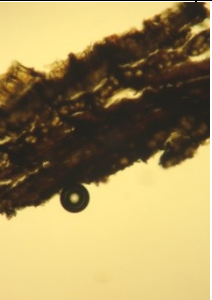
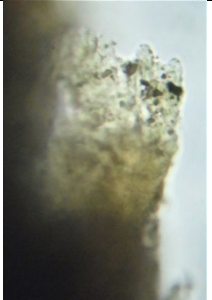
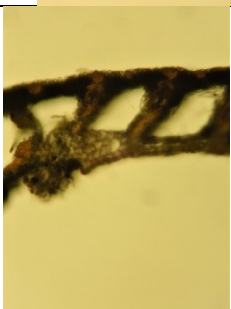
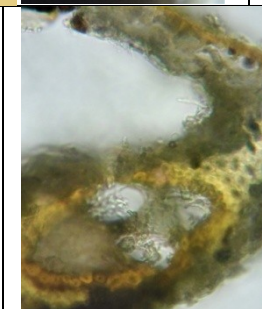
IV3a				Zwischen den Phloemfasern sind wenige Risse sowie Fehlstellen ersichtlich, ein Auftrennen der Phloemfasern
IV3b				Zellwände sind noch zum Großteil intakt, Cuticula und Epidermis zum Großteil noch intakt, Aerenchym im guten Zustand, Protoplast noch nicht vollständig ausgetrocknet, sie weisen Plasmolyse auf

Tabelle 12 Auswertung der nach den unterschiedlichen Trocknungsmethoden behandelten Proben nach den vier Kriterien

Pr.	Eingangsfoto	Ausgangsfoto	Deformierung	Steifigkeit	Rissbildung	Veränderung der Länge und Breite in cm und %	
IV1a			3	1	1	L	B
						0,1	0,2
						%	%
						-3	-17
IV1b			1	2	3	L	B
						0,2	0,1
						%	%
						-7	-33
IV2a			2	2	1	L	B
						0,0	0,0
						%	%
						0	0

IV2b			3	3	1	L	B
						0,0	0,1
						%	%
						0	-33
IV2c			3	2	1	L	B
						0,0	0,1
						%	%
						0	-14
IV3a			3	1	1	L	B
						0,2	0,1
						%	%
						-7	-33
IV3b			2	2	1	L	B
						0,1	0,0
						%	%
						-5	0

Anhang VI: Versuch zur Ermittlung der Zeitspanne für die Entsalzungsbäder

Fragestellung 5

Fragestellungen in Bezug auf die Länge des Entsalzungsprozesses, Probeentnahme aus der FN 19.277:

6. Wie lang braucht das Salz aus der Probe, um in Lösung zu gehen?

Untersuchungsmethoden:

- Leitwertmessung alle zwei Minuten mittels Messgeräts³³⁷

Ergebnis

Der Großteil der Salze aus der Probe befindet sich bereits nach 20 Minuten in Lösung.

Tabelle 13 Protokolle zum Versuch zur Ermittlung der Zeitspanne für die Entsalzungsbäder

Zeit	µS/cm	°C						
0	492	19,5	34	717	20,1	70	755	20,6
2	526	19,4	36	719	20,1	72	757	20,7
4	557	19,5	38	728	20,2	74	761	20,7
6	610	19,6	40	732	20,2	76	763	20,7
8	622	19,6	42	735	20,2	78	765	20,7
10	625	19,6	44	737	20,3	80	766	20,8
12	690	19,6	46	739	20,3	82	766	20,8
14	721	19,7	48	737	20,3	84	769	20,8
16	751	19,7	50	736	20,3	86	770	20,8
18	724	19,8	52	742	20,3	88	769	20,9
20	724	19,8	54	744	20,4	90	776	20,9
22	728	19,9	56	746	20,4	92	779	20,9
24	734	19,9	58	749	20,4	94	779	21
26	736	20	60	751	20,4	96	779	21
28	735	20	62	751	20,5	98	779	21
30	735	20	64	754	20,6	100	779	21
32	717	20,1	66	754	20,6	102	779	21
			68	752	20,6			

³³⁷ Qcond 2200 Art.-No. 620-4722.

Anhang V: Evaluierung des Konzeptes an fünf Gras-Baumbastobjekten

Die Entsalzung der Funde erfolgte nach dem zuvor entwickelten Konzept. Dabei wurde die Entsalzung protokolliert und im Anschluss evaluiert. Somit wurden zunächst alle Funde aus dem Block freigelegt und in ein Stützgewebe aus Nylontüll eingenäht, bevor sie mit den Wasserbädern entsalzen und anschließend kontrolliert luftgetrocknet wurden.

Material und Methode

Vor jeder Maßnahme wurden das Gewicht³³⁸ sowie die Maße³³⁹ des Fundes erfasst. Damit die Maße vergleichbar sind wurde mit einem bunten Nähgarn Messpunkte in das Stützgewebe eingenäht, um sicher zu stellen, dass die Messungen vor und nach der Behandlung an den gleichen Punkten erfolgten. Für die Definierung der benötigten Wassermenge³⁴⁰ wurde das Gewicht des Fundes in g mit dem Faktor 10 multipliziert. Nur bei den Fragmenten 2 und 3 der FN 19.104 wurde eine größere Wassermenge verwendet, da sie ansonsten nicht vollständig mit Wasser bedeckt gewesen wären. Es wurde alle zwei Minuten der Leitwert des Wassers mittels Leitwert-Messgerät³⁴¹ erfasst, bis ein Plateau erreicht wurde. Anschließend wurde das Wasserbad so oft gewechselt bis keine Verunreinigungen mehr ersichtlich waren. Hierbei wurde wieder der Leitwert in Intervallen von zwei Minuten erfasst. Die anschließende kontrollierte Lufttrocknung erfolgt in fünf Schritten. Dabei wurde der Fund in eine transparente Plastikbox mit einer kleinen Schale Ethanol hinzugefügt, damit dessen Dämpfe ein Schimmelwachstum unterbinden. In 24-Stunden Intervalle wurde die rF stufenweise von 85%, 75%, 65% auf 55% gesenkt, indem die Box geöffnet wurde und ein Luftaustausch stattfand. Zum Schluss wurde der Fund aus der Box genommen und in der Raumluft bei einer rF von 46,7% fertig getrocknet.

Ergebnis

Die Entsalzung benötigte je nach Objekt unterschiedlich lang, so befindet sich ein Großteil der Salze aus den Objekten in einer Spanne von 40-120 Minuten in Lösung. Es zeigte sich, dass vor allem die Verunreinigungen, sprich Lehmauflagen, den Badeprozess verlängern.

³³⁸ Digitale Feinwaage TS-100, der Firma: G&G GmbH.

³³⁹ Ein Zentimetermaßband wurde dafür verwendet.

³⁴⁰ St. Pöltner Leitungswasser 492 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

³⁴¹ Qcond 2200 Art.-No. 620-4722.

Tabelle14

FN: 19.012		Grasschnur
Gewicht 30 g		
Wassermenge: 300 ml		
min	µS/cm	°C
0	482	21,2
2	3880	20,9
4	5250	20,9
6	5750	20,9
8	5840	20,9
10	6110	20,9
12	6220	21
14	6300	21
16	6430	21
18	6520	21,1
20	6600	21,1
22	6670	21,1
24	6750	21,1
26	6810	21,1
28	6870	21,2
30	6910	21,2
32	6960	21,2
34	6990	21,2
36	7050	21,2
38	7100	21,2
40	7140	21,2
42	7160	21,2
44	7230	21,2
46	7260	21,2
48	7270	21,2
50	7290	21,2
52	7340	21,2
54	7360	21,2
56	7350	21,3
58	7380	21,3
60	7400	21,3
62	7410	21,3
64	7450	21,3
66	7460	21,3
68	7480	21,3
70	7500	21,3
72	7510	21,3
74	1. Wasserbadwechsel	
76	487	21
78	758	21

80	768	21,1
82	884	21,2
84	889	21,2
86	890	21,2
88	896	21,2
90	901	21,2
92	927	21,2
94	944	21,2
96	966	21,2
98	990	21,2
100	1018	21,2
102	1040	21,2
104	1066	21,2
106	1097	21,2
108	1124	21,2
110	1156	21,2
112	1185	21,2
114	1211	21,2
116	2. Wasserbadwechsel	
118	481	20,8
120	504	20,8
122	504	20,9
124	506	21
126	551	21
128	584	21,1
130	595	21,1
132	609	21,1
134	612	21,1
136	616	21,2
138	3. Wasserwechselbad	
140	474	20,7
142	586	20,7
144	598	20,8
146	598	20,8
148	598	20,8
150	598	20,8

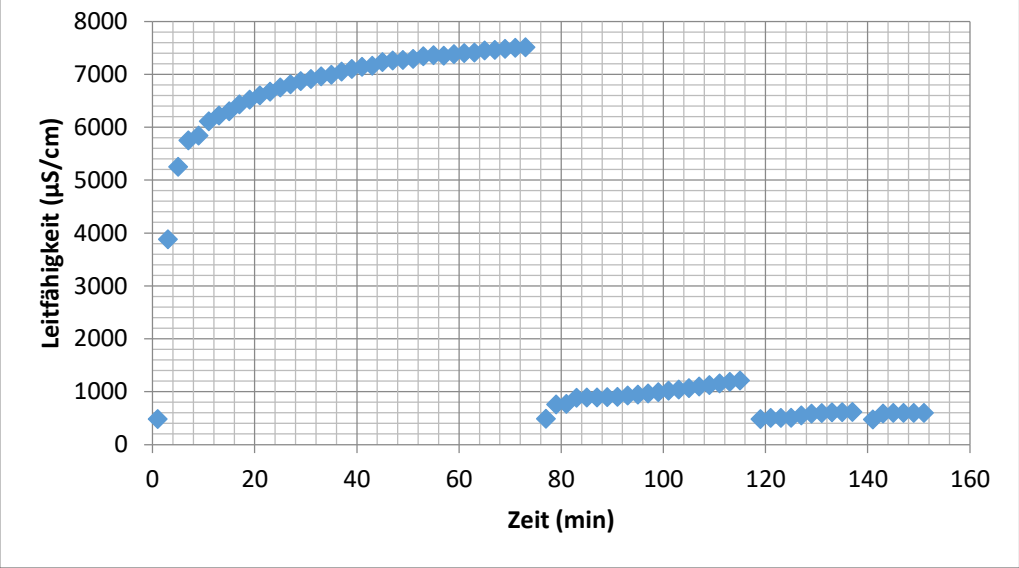
Tabelle 15

FN: 19.012		Beifunde
Gewicht 141 g		
Wassermenge 1410 ml		
min	µS/cm	°C
0	451	17,9
2	3800	17,6

4	6240	17,6
6	8900	17,6
8	10900	17,6
10	12490	17,7
12	14600	17,7
14	15900	17,7
16	15800	18,1
18	16320	18,1
20	16670	18,1
22	17110	18,2
24	17540	18,2
26	17890	18,2
28	18050	18,2
30	18380	18,2
32	18760	18,2
34	19010	18,3
36	19400	18,3
38	19900	18,3
40	20200	18,4
42	20400	18,4
44	20600	18,4
46	20800	18,4
48	21000	18,5
50	21200	18,5
52	21400	18,5
54	21600	18,6
56	21800	18,6
58	22000	18,6
60	22100	18,6
62	22200	18,7
64	22300	18,7
66	22500	18,7
68	22600	18,7
70	22800	18,7

72	22900	18,8
74	23100	18,8
76	23300	18,8
78	23400	18,8
80	23500	18,8
82	23600	18,8
84	23700	18,9
86	23800	18,9
88	23900	18,9
90	24100	19
92	24100	19,1
94	24200	19,1
96	24300	19,1
98	24400	19,1
100	24600	19,2
102	24700	19,2
104	24800	19,2
106	24900	19,2
108	25000	19,3
110	25000	19,3
112	25100	19,3
114	25200	19,3
116	25300	19,3
118	25400	19,4
120	25400	19,4
122	25300	19,4
124	1. Wasserbadwechsel	
126	473	20,1
128	502	20,1
130	515	20,1
132	516	20,2
134	516	20,2

Tabelle 16

FN: 19.012	Vor der Nassbeahndlung und kon. Lufttrocknung	Nach der Nassbeahndlung und kon. Lufttrocknung
Foto	 Abb. 133 FN 19.012 vor der Entsalzung und Trocknung	 Abb. 134 FN 19.012 nach der Entsalzung und Trocknung
Größe	Länge: 16,8 cm Schnurdurchmesser: 2,2 cm Strangdurchmesser: 0,5 cm	Länge: 17,2 cm Schnurdurchmesser: 2,0 cm Strangdurchmesser: 0,4 cm
Gewicht	30,0 g	0,91 g
Gras- schnur	 Diagramm 1 zeigt die im Wasserbad gelösten Teilchen, die Sprünge in der Leitfähigkeit resultieren durch den Austausch des Wassers aufgrund der gelösten Lehmschichten	

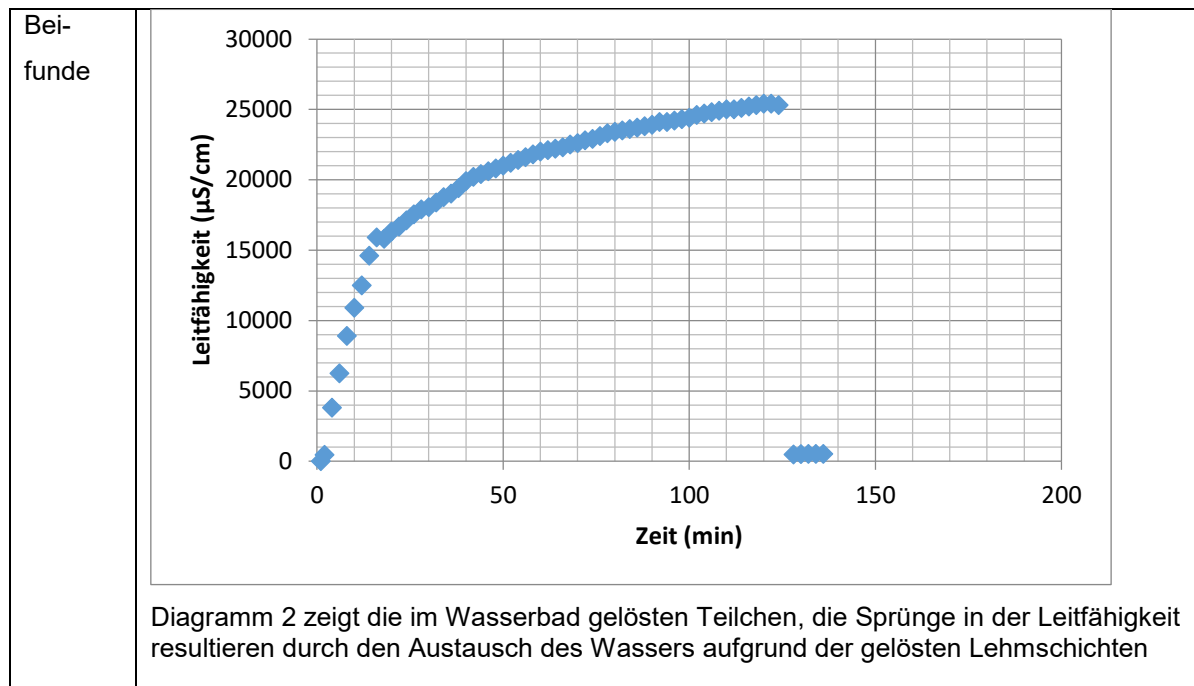


Tabelle 17

FN: 19.104		Grasschnur
Fragment 1		
Gewicht 120,0 g		
Wassermenge: 1200 ml		
min	$\mu\text{S/cm}$	$^{\circ}\text{C}$
0	481	21,2
2	6220	20,3
4	7330	20,3
6	7460	20,3
8	7800	20,3
10	8140	20,3
12	8450	20,3
14	8800	20,3
16	9040	20,3
18	9260	20,3
20	9470	20,3
22	9700	20,3
24	9920	20,3
26	10160	20,3
28	10320	20,3
30	10500	20,4
32	10670	20,4
34	10870	20,4
36	11010	20,4
38	11190	20,4
40	11350	20,4
42	11500	20,4

44	11630	20,5
46	11770	20,5
48	11920	20,5
50	12060	20,5
52	12190	20,6
54	12310	20,6
56	12450	20,6
58	12580	20,6
60	12710	20,6
61	1. Wasserbadwechsel	
62	408	20,9
64	1608	20,9
66	1738	20,9
68	1888	20,9
70	2010	20,9
72	2170	21
74	2330	21
76	2490	21
78	2640	21
80	2820	21,1
82	2990	21,1
84	3170	21,1
86	3320	21,1
88	3480	21,1
90	3650	21,1
94	3800	21,1
96	3930	21,1

98	4080	21,1
100	4210	21,1
102	4350	21,2
104	4480	21,2
106	4600	21,2
108	4740	21,2
110	4850	21,2
112	4970	21,2
114	5060	21,2
116	5190	21,2
118	5300	21,2
120	5390	21,2
122	5460	21,2
124	5560	21,2
126	5650	21,2
128	5730	21,2
130	2.Wasserbadwechsel	
132	451	18,4
134	633	18,4
136	670	18,3
138	655	18,3
140	655	18,4
142	658	18,5
144	3.Wasserbadwechsel	
146	469	20,3
148	649	20,3
150	666	20,7
152	690	20,8
154	722	20,8
156	787	20,90
158	899	20,9
160	938	20,9
162	993	20,9
164	982	21

166	998	21
168	1025	21,1
170	1068	21,1
172	1114	21,1
174	1142	21,2
176	1173	21,2
178	1211	21,2
180	1251	21,2
182	1276	21,2
184	1318	21,2
186	1355	21,2
188	1373	21,2
190	1401	21,2
192	1425	21,2
194	1445	21,3
196	1475	21,3
198	1521	21,3
200	1542	21,3
202	4.Wasserbadwechsel	
204	471	19,9
206	567	19,9
208	584	21,2
210	640	21,3
212	596	21,6
214	596	21,6
216	5.Wasserbadwechsel	
218	481	20,8
220	522	20,8
222	536	20,9
224	541	20,9
226	543	20,9
228	543	20,9

Tabelle 18

FN: 19.104		Grasfragment
Fragment 2		
Gewicht 20,0 g		
Wassermenge: 200 ml		
min	µS/cm	°C
0	486	21,2
2	1603	20,9
4	4170	21,1
6	4210	21,1

8	4290	21,2
10	4600	21,2
12	4770	21,3
14	4950	21,5
16	6380	21,6
18	6370	21,6
20	6600	21,7
22	6880	21,8
24	7080	21,9
26	7200	22

28	7340	22,1
30	7310	22,2
32	7470	22,2
34	7640	22,2
36	8600	22,3
38	8550	22,3
40	8590	22,3
42	9150	22,3
44	9130	22,4
46	9160	22,4
48	9170	22,4
50	1.Wasserbadwechsel	
52	477	21,2
54	1112	21,2
56	1123	21,2
58	1150	21,3
60	1200	21,5
62	1254	21,6
64	1342	21,6
66	1469	21,7
68	1544	21,7
70	1629	21,8
72	1732	21,8
74	1812	21,9
76	1879	21,9
78	1936	21,9
80	1968	21,9
82	1995	22
84	2040	22
86	2090	22,1
88	2120	22,1
90	2180	22,1
92	2240	22,1
94	2280	22,1
96	2280	22,1
98	2280	22,1
100	2.Wasserbadwechsel	
102	475	21
104	631	21,1
106	710	21,2
108	799	21,2
110	880	21,3
112	979	21,4
114	1089	21,4
116	1200	21,5
118	1299	21,6

120	1322	21,6
122	1364	21,7
124	1394	21,7
126	1440	21,8
128	1494	21,8
130	1510	21,8
132	1551	21,9
134	1586	21,9
136	1618	21,9
138	1674	21,9
140	1712	21,9
142	1784	21
144	1828	21
146	1874	21,1
148	1907	21,1
150	1931	21,1
152	1957	21,1
154	1984	21,1
156	2026	21,1
158	2041	21,2
160	2074	21,2
162	2105	21,2
164	2109	21,20
166	2114	21,2
168	2117	21,2
170	2129	21,2
172	2132	21,2
174	2134	21,2
176	2136	21,2
178	2139	21,2
180	2142	21,2
182	2146	21,2
184	2149	21,3
186	2151	21,3
188	2153	21,3
190	2155	21,3
192	2157	21,3
194	3.Wasserbadwechsel	
196	478	21,1
198	520	21,1
200	568	21,6
202	575	21,6
204	575	21,6
206	4.Wasserbadwechsel	
208	476	20,8
210	522	20,8

212	536	20,9
214	541	20,9

216	543	20,9
218	543	20,9

Tabelle 19

FN: 19.104 Fragment 3		Gras
Gewicht 1,3 g		
Wassermenge: 50 ml		
min	µS/cm	°C
0	485	21,1
2	1131	21,4
4	2005	21,7
6	3020	21,8
8	3690	21,8
10	4030	21,9
12	3880	21,9
14	4020	21,9
16	4090	21,8
18	4140	21,8
20	4190	21,8
22	4210	21,7
24	4260	21,7
26	4290	21,7
28	4430	21,6
30	4410	21,6
32	4430	21,6
34	4450	21,6
36	4490	21,6
38	4540	21,6
40	4580	21,6
42	4610	21,6
44	4630	21,6
46	4680	21,5
48	4710	21,5
50	4760	21,5
52	4780	21,5
54	4810	21,5
56	4840	21,5
58	4880	21,5
60	4900	21,5
62	4950	21,5
64	4970	21,5
66	5000	21,5
68	5040	21,5
70	5070	21,5

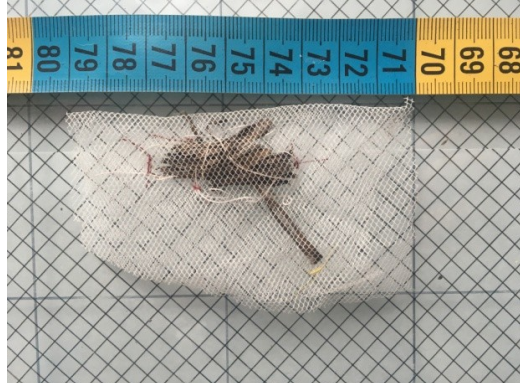
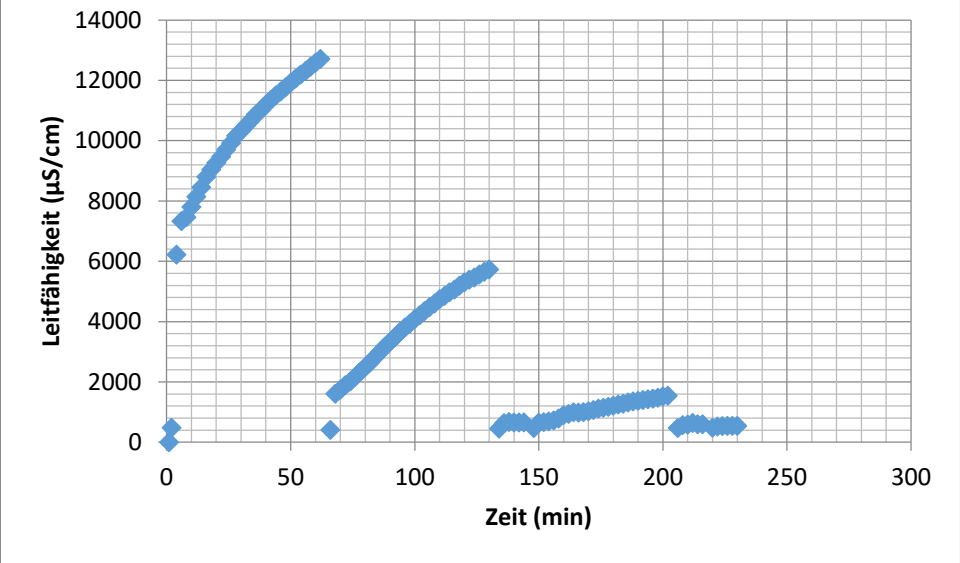
72	5090	21,5
74	5130	21,5
76	5170	21,5
78	5190	21,5
80	5210	21,5
82	5230	21,5
84	5260	21,5
86	5290	21,5
88	5300	21,6
90	5340	21,5
92	5340	21,5
94	5370	21,5
96	5390	21,5
98	5400	21,5
100	5430	21,5
102	5440	21,5
104	5460	21,5
106	5490	21,5
108	5510	21,5
110	5520	21,5
112	5540	21,5
114	5550	21,5
116	5570	21,5
118	5590	21,5
120	5610	21,5
122	5630	21,5
124	5650	21,5
126	5680	21,5
128	5690	21,5
130	5700	21,6
132	5720	21,6
134	5730	21,6
136	5750	21,6
138	5760	21,6
140	5780	21,6
142	5780	21,6
144	5800	21,6
146	5810	21,6
148	5820	21,6
150	5830	21,6
152	5840	21,6
154	5840	21,6

156	1.Wasserbadwechsel	
158	482	21,6
160	693	21,60
162	698	21,5
164	705	21,5
166	710	21,5
168	717	21,5
170	724	21,5
172	730	21,5
174	739	21,5
176	745	21,5
178	750	21,5
180	755	21,5
182	763	21,5
184	767	21,5
186	773	21,5
188	780	21,5
190	786	21,5
192	791	21,5

194	797	21,5
196	801	21,5
198	806	21,5
200	811	21,5
202	816	21,5
204	820	21,5
206	825	21,5
208	832	21,5
210	836	21,5
212	841	21,5
214	847	21,5
216	853	21,5
218	2.Wasserbadwechsel	
220	498	20,1
222	502	20,1
224	505	20,2
226	506	20,2
228	507	20,2

Tabelle 10

FN: 19.104	Vor der Nassbeahndlung und kon. Lufttrocknung	Nach der Nassbeahndlung und kon. Lufttrocknung
Foto	 Abb. 135 FN 19.104 Fragment 1 vor der Entsalzung und Trocknung	 Abb. 136 FN 19.104 Fragment 1 nach der Entsalzung und Trocknung
	 Abb. 137 FN 19.104 Fragment 2 vor der	 Abb. 138 FN 19.104 Fragment 2 nach der

	Entsalzung und Trocknung	Entsalzung und Trocknung
	 Abb. 139 FN 19.104 Fragment 3 vor der Entsalzung und Trocknung	 Abb. 140 FN 19.104 Fragment 3 nach der Entsalzung und Trocknung
Größe	Länge: 14,7 cm Garndurchmesser: 4,3 cm Länge 12,5 cm Garndurchmesser: 2,2 cm Länge: 5,0 cm Garndurchmesser: 1,3 cm	Länge: 14,4 cm Garndurchmesser: 4,1 cm Länge: 12,2 cm Garndurchmesser: 1,3 cm Länge: 4,8 cm Garndurchmesser: 0,8 cm
Gewicht	120,0 g 20,0 g 1,3 g	6,3 g 1,3 g 0,2 g
Fragment 1	 Diagramm 3 zeigt die im Wasserbad gelösten Teilchen, die Sprünge in der Leitfähigkeit resultieren durch den Austausch des Wassers aufgrund der gelösten Lehmschichten	

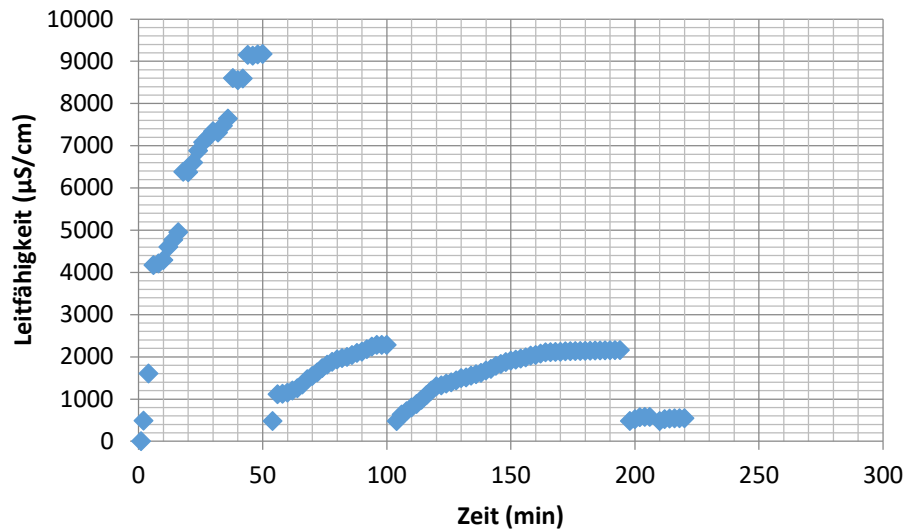
Frag-
ment 2

Diagramm 8 zeigt die im Wasserbad gelösten Teilchen, die Sprünge in der Leitfähigkeit resultieren durch den Austausch des Wassers aufgrund der gelösten Lehmschichten

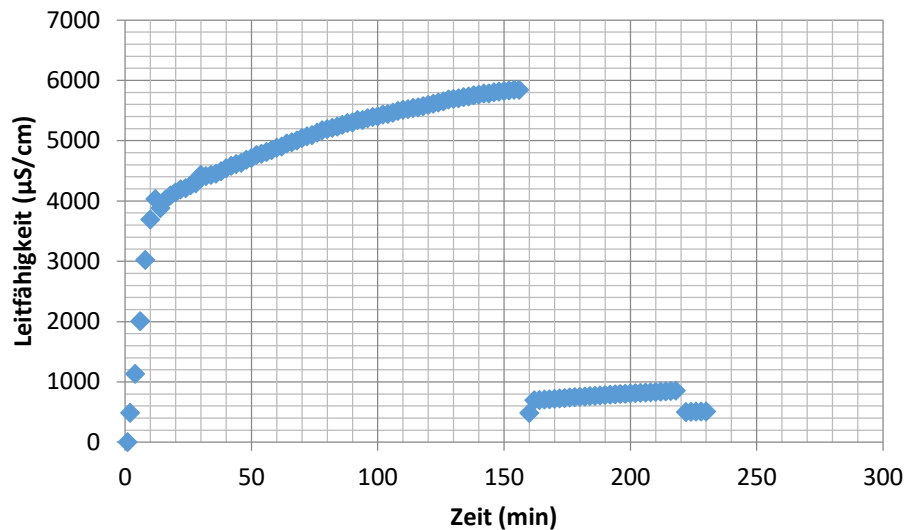
Frag-
ment 3

Diagramm 5 zeigt die im Wasserbad gelösten Teilchen, die Sprünge in der Leitfähigkeit resultieren durch den Austausch des Wassers aufgrund der gelösten Lehmschichten

Tabelle 11

FN: 19.143		Grasschnur
Gewicht 48 g		
Wassermenge: 480 ml		
min	µS/cm	°C
0	413	20
2	2880	20
4	5400	20,1
6	6400	20,2
8	7470	20,1
10	6550	20,2

12	7110	20,4
14	7450	20,5
16	7670	20,6
18	7840	20,6
20	7890	20,6
22	8010	20,6
24	8420	20,6
26	8680	20,6
28	8760	20,6
30	9000	20,7
32	9100	20,7

34	9170	20,7
36	9270	20,7
38	9330	20,7
40	9420	20,7
42	9450	20,7
44	9520	20,7
46	9640	20,8
48	9690	20,8
50	9740	20,9
52	9760	20,9
54	9730	20,9
56	9810	20,9
58	9730	20,8
60	9720	20,8
62	9720	20,8
64	1.Wasserbadwechsel	
66	487	20
68	530	19,8

70	534	19,8
72	539	19,8
74	557	19,8
76	547	19,8
78	570	19,8
80	576	19,8
82	577	19,9
84	579	19,9
86	585	19,9
88	587	19,9
90	585	19,9
92	587	19,9
94	2.Wasserbadwechsel	
96	467	19,4
98	486	19,4
100	485	19,6
102	486	19,6

Tabelle 12

FN: 19.143		Beifunde
Gewicht: 1000 g		
Wassermenge: 10000 ml		
min	µS/cm	°C
0	464	19,5
2	6380	17,8
4	14200	17,8
6	23800	17,8
8	28000	17,8
10	31900	17,9
12	34900	18,1
14	37800	18,2
16	40600	18,2
18	43100	18,3
20	45800	18,4
22	47700	18,5
24	49900	18,6
26	51700	18,7
28	53300	18,8
30	55400	18,8
32	56700	18,9
34	57900	19
36	59900	19,1
38	61000	19,1
40	62000	19,2

42	63300	19,3
44	64500	19,3
46	65500	19,4
48	66800	19,4
50	67400	19,5
52	68500	19,6
54	69400	19,6
56	70400	19,7
58	71000	19,7
60	71900	19,7
62	72800	19,8
64	73500	19,8
66	74400	19,9
68	74900	19,9
70	75700	19,9
72	76400	20
74	77100	20
76	77900	20,1
78	78500	20,1
80	79300	20,2
82	80000	20,2
84	80600	20,2
86	81100	20,2
88	81600	20,3
90	82300	20,3
92	83000	20,3

94	83500	20,4
96	84200	20,4
98	84700	20,4
100	85300	20,4
102	85800	20,4
104	86300	20,6
106	86800	20,6
108	87300	20,6
110	87800	20,6
112	88300	20,7
114	88900	20,7
116	89700	20,7
118	89900	20,7
120	90200	20,8
122	90900	20,8
124	91200	20,8
126	91700	20,9
128	92200	20,9
130	92500	20,9
132	93000	20,9
134	93400	20,9
136	93700	21
138	94400	21
140	94700	21,1
142	95600	21,1
144	96000	21,1
146	96300	21,1
148	96700	21,1
150	97100	21,1
152	97500	21,2
154	97800	21,2
156	98200	21,2
158	98600	21,2
160	99300	21,2
162	99800	21,2
164	100100	21,2
166	100400	21,2
168	100800	21,2
170	101100	21,3
172	101900	21,3
174	102100	21,3
176	102300	21,03
178	102500	21,3
180	103100	21,3
182	103300	21,3
184	103700	21,3

186	103800	21,4
188	104100	21,4
190	104500	21,4
192	105100	21,4
194	105500	21,4
196	105700	21,4
198	105900	21,4
200	106900	21,4
202	108100	21
204	108500	20,90
206	108700	20,8
208	108900	20,8
210	109100	20,8
212	110100	20,9
214	110400	20,9
216	110700	20,9
218	110900	20,9
220	110900	20,9
222	110900	
224	1.Wasserbadwechsel	
226	431	16,2
228	8900	16,2
230	10410	16,2
232	12080	16,2
234	13330	16,3
236	14360	16,3
238	15430	16,4
240	16480	16,4
242	17140	16,4
244	18200	16,5
246	18970	16,6
248	19530	16,6
250	20200	16,7
252	20800	16,7
254	21600	16,7
256	22300	16,7
258	22800	16,8
260	23400	16,8
262	23800	16,8
264	24400	16,9
266	24700	16,9
268	25100	16,9
270	25400	16,9
272	25500	17
274	26000	17
276	26400	17

278	26700	17,1
280	27100	17,1
282	27600	17,2
284	27900	17,2
286	28200	17,2
288	28600	17,2
290	28900	17,3
292	29200	17,3
294	29600	17,3
296	30000	17,4
298	30300	17,4
300	30600	17,4
302	30900	17,5
304	31200	17,5
306	31600	17,6
308	32000	17,6
310	32400	17,6
312	32800	17,7
314	33200	17,7
316	33500	17,7
318	33800	17,7
320	34200	17,8
322	34500	17,8
324	34700	17,8
326	35100	17,8
328	35400	17,9
330	35700	17,9
332	36100	17,9
334	36500	17,9
336	36800	18
338	37100	18
340	37400	18
342	37700	18,1
344	37900	18,1
346	38200	18,1
348	38500	18,1
350	38800	18,2
352	39200	18,2
354	39500	18,2
356	39800	18,3
358	41200	18,3
360	41400	18,3
362	41600	18,4
364	41800	18,4
366	42000	18,4
368	42100	18,5

370	42200	18,5
372	42400	18,6
374	42600	18,6
376	42800	18,6
378	43000	18,6
380	43200	18,7
382	43400	18,7
384	43500	18,8
386	43700	18,8
388	43900	18,8
390	44100	18,8
392	44300	18,9
394	44500	18,9
396	44700	18,9
398	44900	19
400	45100	19
402	45200	19,1
404	45300	19,1
406	45500	19,1
408	45600	19,1
410	45700	19,2
412	45800	19,2
414	45900	19,2
416	46000	19,3
418	46200	19,3
420	46300	19,3
422	46400	19,3
424	46400	19,4
426	46500	19,4
428	46400	19,4
430	46500	19,4
432	46600	19,5
434	46600	19,5
437	46700	19,5
439	46600	19,6
441	46800	19,6
443	46900	19,6
445	47000	19,6
447	47100	19,6
449	47200	19,7
451	47300	19,7
453	47400	19,7
455	47500	19,7
457	47600	19,8
459	47600	19,8
461	47700	19,8

463	47800	19,9
465	47900	19,9
467	48000	19,9
469	48100	19,9
471	48200	20
473	48300	20
475	48400	20
477	48400	20
479	48500	20
481	48500	20,1
483	48600	20,1
485	48600	20,1
487	48700	20,2
489	48800	20,2
491	48800	20,2
493	49000	20,3
495	49100	20,3

497	49100	20,3
499	49200	20,3
501	49300	20,4
503	49300	20,4
505	49400	20,4
507	49500	20,4
509	49500	20,4
511	49600	20,5
513	49700	20,5
515	49700	20,5
517	2.Wasserbadwechsel	
519	471	20,1
521	579	20,1
523	592	20,2
525	594	20,2
527	594	20,2

Tabelle 13

FN: 19.143	Vor der Nassbeahndlung und kon. Lufttrocknung	Nach der Nassbeahndlung und kon. Lufttrocknung
Foto		
	Abb. 141 FN 19.143 vor der Entsalzung und Trocknung	Abb. 142 FN 19.143 nach der Entsalzung und Trocknung
Größe	Länge: 45,0 cm Strangdurchmesser 1: 2,1 cm Strangdurchmesser 2: 1,2 cm	Länge: 44,0 cm Strangdurchmesser 1: 2,1 cm Strangdurchmesser 2: 1,2 cm
Gewicht	48,0 g	10,3 g

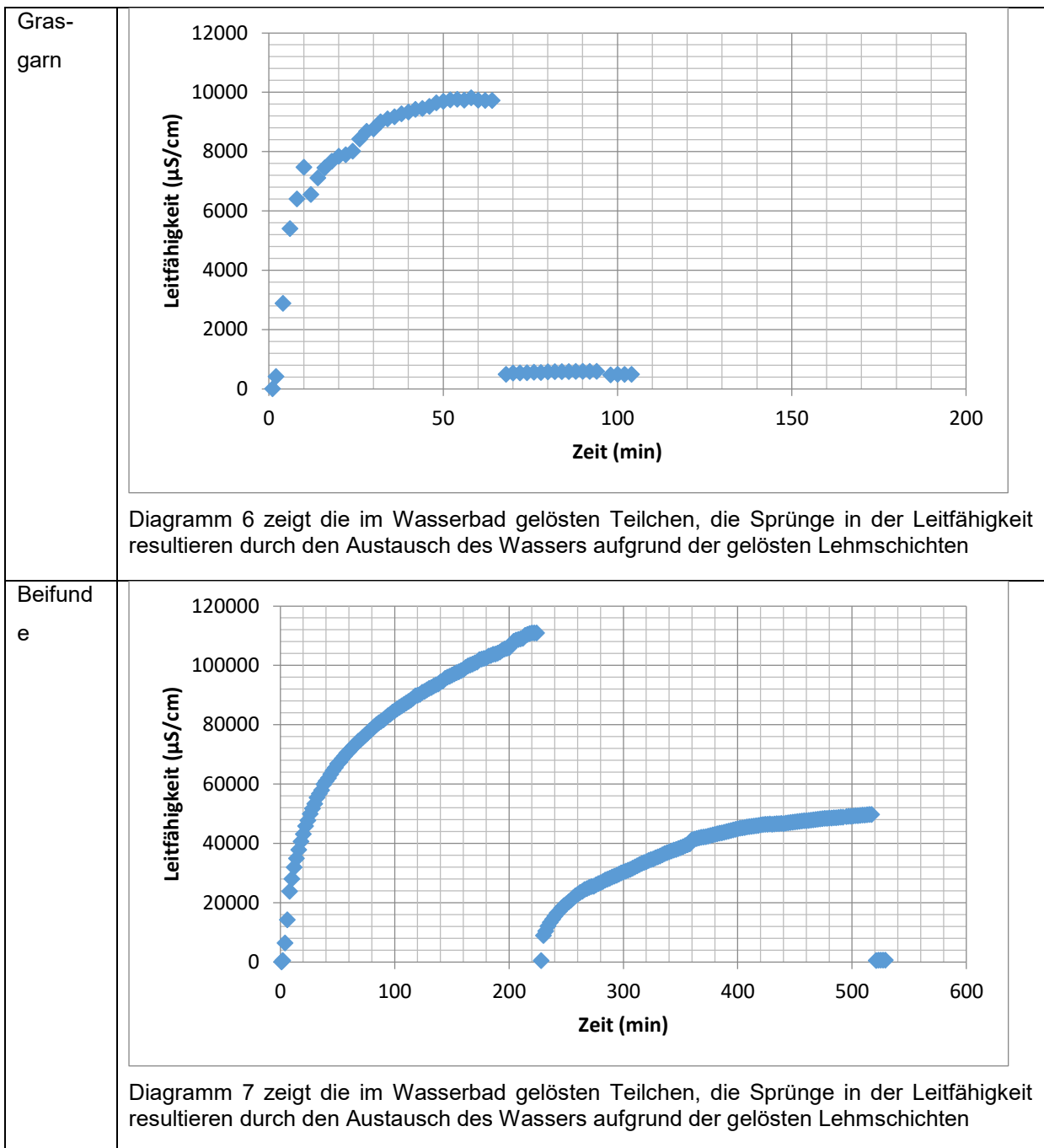


Tabelle 14

FN: 19.217		Grasschnur
Gewicht 170 g		
Wassermenge: 1700 ml		
min	µS/cm	°C
0	486	21,2
2	16880	20,4
4	26400	20,4
6	23200	20,4
8	24300	20,4
10	26200	20,5

12	26000	20,5
14	26500	20,5
16	27500	20,5
18	28500	20,5
20	28800	20,5
22	29200	20,5
24	29600	20,5
26	30000	20,6
28	30200	20,6
30	30600	20,6
32	30700	20,7

34	30900	20,7
36	31100	20,7
38	31300	20,7
40	31500	20,7
42	31500	20,8
44	31700	20,9
46	31800	20,9
48	1.Wasserbadwechsel	
50	471	20,4
52	3310	20,4
54	3380	20,6
56	3440	20,6
58	3550	20,6
60	3670	20,7
62	3790	20,7
64	3880	20,7
66	3970	20,7
68	4070	20,7
70	4240	20,8
72	4400	20,8
74	4450	20,8
76	4500	20,8
78	4570	20,8
80	4590	20,9
82	4660	20,9
84	4710	20,9
86	4770	20,9
88	4820	20,9
90	4880	20,9
92	4960	21
94	5030	21
96	5060	21
98	5090	21,1
100	5120	21,1
102	51	21,1
104	2.Wasserbadwechsel	
106	478	20,9
108	567	20,9
110	611	20,9
112	643	20,9
114	717	20,9
116	758	20,9
118	845	20,9
120	884	20,9
122	910	20,9
124	1033	20,9

126	1062	20,9
128	1120	21
130	1155	21
132	1214	21
134	1244	21,1
136	1276	21,1
138	1322	21,1
140	1378	21,1
142	1410	21,1
144	1456	21,1
146	1477	21,2
148	1510	21,2
150	1547	21,2
152	1572	21,20
154	1591	21,2
156	1616	21,2
158	1637	21,2
160	1661	21,2
162	1687	21,2
164	1708	21,2
166	1733	21,2
168	1754	21,2
170	1774	21,2
172	1792	21,3
174	1814	21,3
176	1832	21,3
178	1855	21,3
180	1875	21,3
182	1891	21,3
184	1909	21,3
186	1929	21,3
188	1963	21,3
190	1999	21,4
192	2,01	21,4
194	2,03	21,4
196	2,05	21,4
198	2,07	21,4
200	2,1	21,4
202	2,13	21,4
204	2,15	21,5
206	2,17	21,5
208	2,17	21,5
210	3.Wasserbadwechsel	
212	477	20,8
214	707	20,8
216	983	20,9

218	1018	21
220	1043	21,1
222	1063	21,1
224	1104	21,2
226	1152	21,2
228	1222	21,2
230	1287	21,1
232	1353	21,3
234	1353	21,3
236	4.Wasserbadwechsel	
238	478	21,1
240	528	21,1
242	615	21,1
244	872	21,1
246	961	21,1
248	1043	21,1
250	1158	21,1
252	1217	21,2
254	1294	21,2
256	1358	21,2
258	1402	21,2
260	1474	21,2
262	1532	21,2
264	1601	21,3
266	1648	21,3
268	1692	21,3
270	1735	21,3
272	1786	21,3
274	1817	21,3
276	1834	21,3
278	1847	21,4
280	1865	21,4
282	1860	21,5
284	1860	21,5
286	5.Wasserbadwechsel	
288	479	20,7
290	487	20,7
292	487	20,7
294	1495	21,9
296	1512	21,9
298	1521	21,9
300	1535	21,9
302	1543	22
304	1557	22
306	1572	22
308	1578	22

310	1590	22
312	1599	22,1
314	1605	22,1
316	1615	22,1
318	1624	22,1
320	1633	22,1
322	1639	22,1
324	1649	22,1
326	1656	22,1
328	1667	22,1
330	1674	22,1
332	1682	22,1
334	1691	22,1
336	6.Wasserbadwechsel	
338	478	21,1
340	532	21,1
342	540	21,1
344	546	21,2
346	563	21,2
348	597	21,2
350	607	21,3
352	627	21,3
354	642	21,3
356	657	21,3
358	686	21,4
360	709	21,4
362	739	21,4
364	761	21,4
366	788	21,5
368	806	21,5
370	837	21,6
372	861	21,6
374	874	21,6
376	900	21,6
378	924	21,7
380	935	21,7
382	961	21,7
384	970	21,7
386	980	21,7
388	990	21,7
390	1001	21,7
392	1010	21,7
394	1020	21,7
396	1030	21,8
398	7.Wasserbadwechsel	
400	478	20,8

402	506	20,8
404	510	20,8
406	512	20,9

408	513	20,9
410	513	20,9
412	513	20,9

Tabelle 15

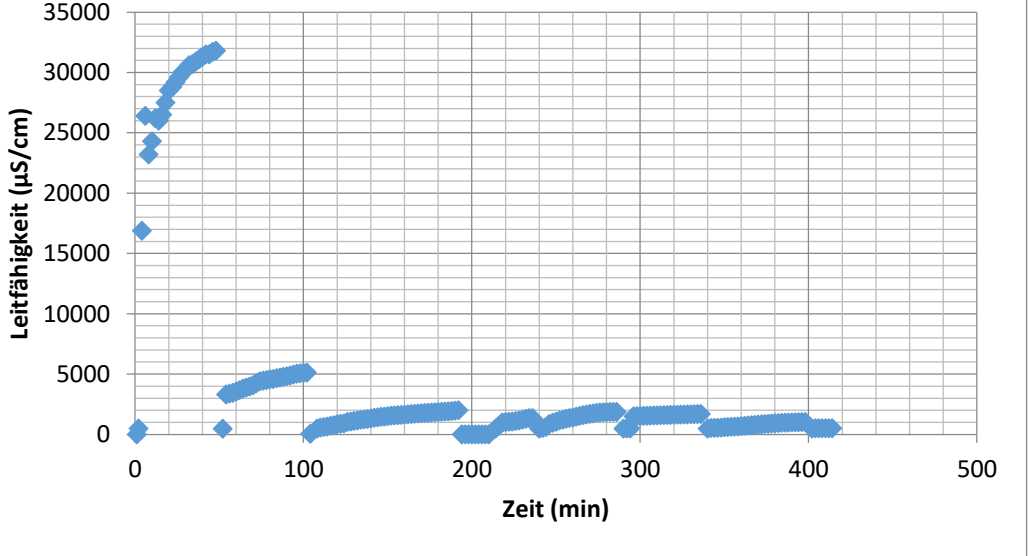
FN: 19.217		Beifunde
Gewicht 90 g		
Wassermenge: 900 ml		
min	µS/cm	°C
0	451	17,9
2	3230	17,2
4	3520	16,7
6	3580	16,7
8	3650	16,7
10	3790	16,7
12	3980	16,7
14	4190	16,8
16	4430	16,8
18	4680	16,9
20	4950	16,9
22	5280	17
24	5490	17,1
26	5750	17,1
28	6060	17,2
30	6310	17,2
32	6640	17,2
34	6780	17,3
36	7030	17,3
38	7220	17,3
40	7470	17,4
42	7670	17,4
44	7870	17,4
46	8090	17,5
48	8260	17,5
50	8430	17,6
52	8660	17,6
54	8850	17,6
56	9120	17,6
58	9340	17,6
60	9580	17,7
62	9810	17,7
64	10030	17,7
66	10270	17,7
68	10330	17,8
70	10410	17,9

72	10480	18
74	10580	18,1
76	10650	18,1
78	10730	18,1
80	10810	18,2
82	10920	18,2
84	11000	18,2
86	11080	18,3
88	11170	18,3
90	11250	18,3
92	11340	18,4
94	11420	18,4
96	11530	18,5
98	11560	18,5
100	11650	18,5
102	11740	18,6
104	11840	18,6
106	11890	18,6
108	11940	18,7
110	12010	18,7
112	12090	18,7
114	12140	18,7
116	12250	18,8
118	12370	18,8
120	12420	18,9
122	12520	18,9
124	12600	18,9
126	12650	19
128	12740	19
130	12810	19,1
132	12850	19,1
134	12900	19,1
136	12950	19,2
138	13010	19,2
140	13070	19,2
142	13130	19,3
144	13180	19,3
146	13220	19,3
148	13280	19,3
150	13320	19,4
152	13350	19,4

154	13390	19,4
156	13390	19,4
158	13390	19,4
160	1.Wasserbadwechsel	
162	461	19,1

164	501	19,1
166	521	19,2
168	522	19,2
170	522	19,2

Tabelle 16

FN: 19.217	Vor der Nassbeahndlung und kon. Lufttrocknung	Nach der Nassbeahndlung und kon. Lufttrocknung
Foto		
	Abb. 143 FN 19.217 vor der Entsalzung und Trocknung	Abb. 144 FN 19.217 nach der Entsalzung und Trocknung
Größe	Maximalmasse: 20,5 cm x 11,2 cm (LxB) Garndurchmesser: 2,0 cm	Maximalmasse: 19,5 cm x 11,0 cm (LxB) Garndurchmesser: 2,0 cm
Gewicht	170,0 g	62,8 g
Gras- schnur	 Diagramm 9 zeigt die im Wasserbad gelösten Teilchen, die Sprünge in der Leitfähigkeit resultieren durch den Austausch des Wassers aufgrund der gelösten Lehmschichten	

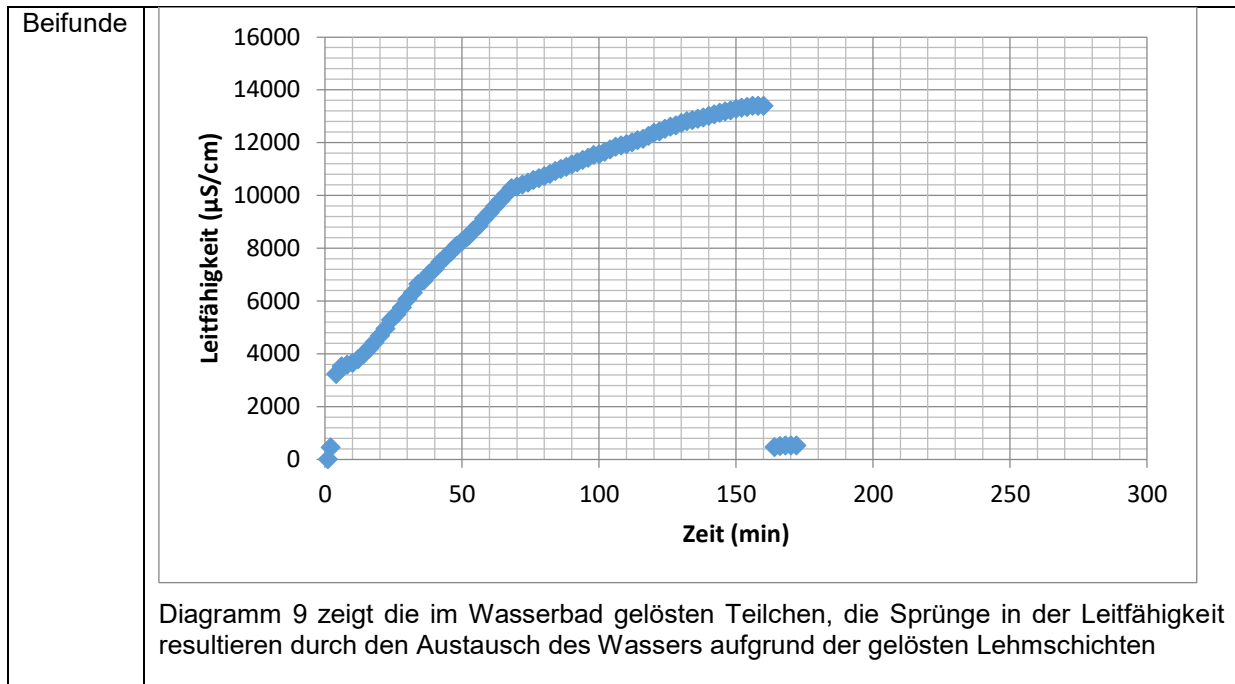


Tabelle 17

FN: 19.277		Gras-Baumbast
Gewicht 133 g		
Wassermenge: 1330 ml		
min	µS/cm	°C
0	485	21,1
2	20100	20,8
4	22800	20,7
6	22600	20,7
8	23100	20,7
10	24400	20,8
12	25100	20,8
14	26400	20,8
16	27200	20,9
18	27600	20,9
20	28200	20,9
22	28500	20,9
24	28900	20,9
26	29200	20,9
28	29200	21
30	29600	21
32	29900	21,1
34	30100	21,1
36	30300	21,1
38	30500	21,1
40	30700	21,1
42	30900	21,2

44	31100	21,2
46	31200	21,2
48	31300	21,2
50	31400	21,2
52	31500	21,2
54	31700	21,2
56	31800	21,2
58	31900	21,3
60	32000	21,3
62	32000	21,3
64	32000	21,3
66	1. Wasserbadwechsel	
68	481	21,1
70	1532	21,1
72	1682	21,1
74	1779	21,1
76	1945	21,1
78	2140	21,1
80	2386	21,1
82	2490	21,1
84	2670	21,2
86	2750	21,2
88	2860	21,2
90	2940	21,2
92	3070	21,2
94	3120	21,2
96	3220	21,2

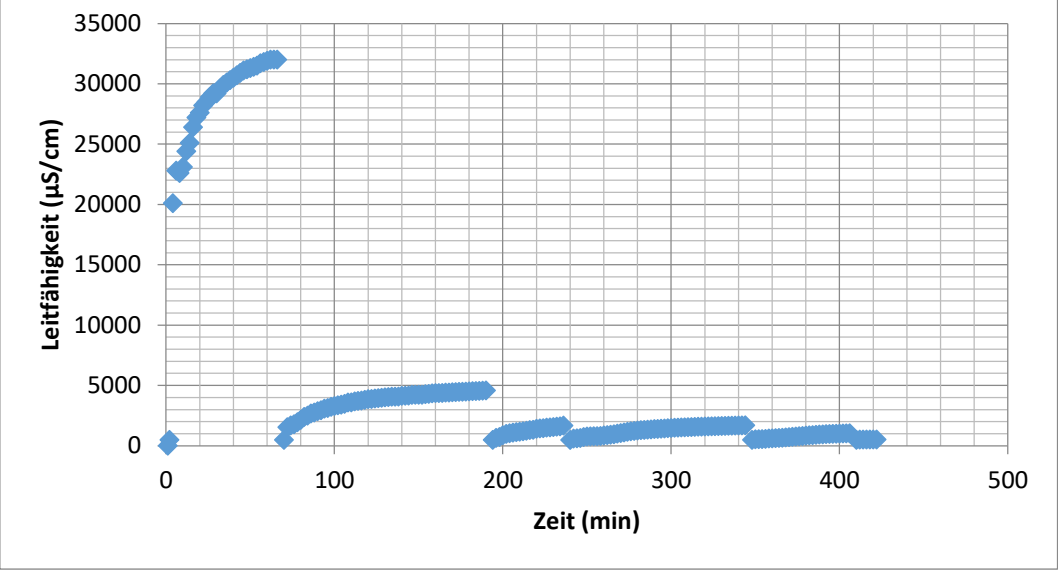
98	3290	21,2
100	3350	21,2
102	3400	21,2
104	3465	21,2
106	3580	21,3
108	3590	21,3
110	3670	21,3
112	3710	21,3
114	3740	21,3
116	3800	21,3
118	3860	21,3
120	3870	21,3
122	3910	21,4
124	3940	21,4
126	3970	21,4
128	4010	21,4
130	4030	21,4
132	4060	21,4
134	4060	21,4
136	4070	21,4
138	4130	21,4
140	4140	21,4
142	4150	21,4
144	4210	21,4
146	4220	21,4
148	4220	21,4
150	4220	21,4
152	4270	21,5
154	4290	21,5
156	4340	21,5
158	4360	21,5
160	4360	21,50
162	4370	21,5
164	4400	21,5
166	4400	21,5
168	4430	21,5
170	4440	21,6
172	4460	21,6
174	4470	21,6
176	4480	21,7
178	4500	21,7
180	4520	21,7
182	4530	21,7
184	4540	21,8
186	4560	21,8
188	4580	21,8

190	2.Wasserbadwechsel	
192	481	21,4
194	649	21,4
196	720	21,4
198	870	21,5
200	977	21,5
202	1034	21,5
204	1080	21,5
206	1124	21,5
208	1157	21,5
210	1196	21,6
212	1238	21,6
214	1296	21,6
216	1316	21,6
218	1403	21,6
220	1433	21,6
222	1451	21,6
224	1497	21,6
226	1518	21,6
228	1543	21,6
230	1578	21,6
232	1602	21,6
234	1668	21,6
236	3.Wasserbadwechsel	
238	475	21
240	591	21
242	611	21,2
244	638	21,3
246	717	21,3
248	763	21,3
250	774	21,3
252	786	21,4
254	790	21,4
256	803	21,4
258	852	21,5
260	878	21,5
262	910	21,5
264	947	21,6
266	1001	21,6
268	1047	21,6
270	1095	21,6
272	1151	21,6
274	1195	21,6
276	1223	21,7
278	1259	21,7
280	1290	21,7

282	1305	21,7
284	1330	21,7
286	1349	21,8
288	1380	21,8
290	1388	21,8
292	1407	21,8
294	1425	21,8
296	1451	21,9
298	1465	21,9
300	1488	21,9
302	1495	21,9
304	1512	21,9
306	1521	21,9
308	1535	21,9
310	1543	22
312	1557	22
314	1572	22
316	1578	22
318	1590	22
320	1599	22,1
322	1605	22,1
324	1615	22,1
326	1624	22,1
328	1633	22,1
330	1639	22,1
332	1649	22,1
334	1656	22,1
336	1667	22,1
338	1674	22,1
340	1682	22,1
342	1691	22,1
344	4.Wasserbadwechsel	
346	482	21,1
348	532	21,1
350	540	21,1
352	546	21,2

354	563	21,2
356	597	21,2
358	607	21,3
360	627	21,3
362	642	21,3
364	657	21,3
366	686	21,4
368	709	21,4
370	739	21,4
372	761	21,4
374	788	21,5
376	806	21,5
378	837	21,6
380	861	21,6
382	874	21,6
384	900	21,6
386	924	21,7
388	935	21,7
390	961	21,7
392	970	21,7
394	980	21,7
396	990	21,7
398	1001	21,7
400	1010	21,7
402	1020	21,7
404	1030	21,8
406	5.Wasserbadwechsel	
408	483	20,8
410	506	20,8
412	510	20,8
414	512	20,9
416	513	20,9
418	513	20,9
420	513	20,9

Tabelle 18

FN: 19.277	Vor der Nassbeahndlung und kon. Lufttrocknung	Nach der Nassbeahndlung und kon. Lufttrocknung
Foto	 Abb. 145 FN 19.277 vor der Entsalzung und Trocknung	 Abb. 146 FN 19.277 nach der Entsalzung und Trocknung
Maße	21,7 cm x 11,0 cm x 5,0 cm (LxBxH)	20,1 cm x 10,1 cm x 3,4 cm (LxBxH)
Gewicht	133,0 g	30,0 g
Gras- und Baum- bastfund	 Diagramm 10 zeigt die im Wasserbad gelösten Teilchen, die Sprünge in der Leitfähigkeit resultieren durch den Austausch des Wassers aufgrund der gelösten Lehmschichten	

Anhang VI: Auszug aus der Inventar-Liste der Gras- und Baumbastschnüre aus dem prähistorischen Salzbergwerk

Diese Tabelle wurde anhand der bestehenden Inventarliste des NHMs erweitert, dabei wurden nur auf die Spalten mit Relevanz in Hinblick auf die Bestands- und Zustandserfassung zurückgegriffen.

Tabelle 19 Überarbeitete Inventar-Liste der Gras- und Baumbastschnüre

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
73175	Grasbündel	Gras lose zusammen im Gestein			1	27cm	k.A. ³⁴²	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	II	deformiert, brüchig, ein paar lose Fragmente	Schachtel
73304	Grasbündel mit Drehung	Grasstrang, möglicherweise mit Knoten		Knoten	1	k.A.	0,5cm	k.A.	S	k.A.	0	Gr	IV	deformiert mit Gestein, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
75889	Grasschnur	Grasschnur aus zwei Stränge			1	18cm	0,3cm	0,5cm	S	Z	2	Gr	II	deformiert, Enden drehen sich auf	Schachtel
75896	Bastseil				1	k.D. ³⁴³	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
75912	Grasschnur	Anfang einer Schnur	x		1	8cm	1cm	2,5cm	S	Z	2	Gr	II	deformiert, einige lose Fragmente	Schachtel
77781	Grasbündel	Grasbündel			1	12cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	III	deformiert, sehr loser zusammenhalt, keine Aussage mehr möglich, lose Fragmente	Schachtel
80749	Grasschnur	zwei Stränge zu einer Schnur verdreht mit Knoten		Knoten	1	32cm	0,8cm	1,5cm	S	Z	2	Gr	IV	deformiert, an einigen Stellen gebrochen, brüchig, viele lose Fragmente	Schachtel
88917	Grasbündel	Gras mit Knoten, und zwei Grashalme mit Wurzel		Knoten	3	7cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	II	deformiert, lockerer Zusammenhalt	Schachtel

³⁴² K.A. steht für „keine Aussage“, wenn aufgrund des Erhaltungszustands keine eindeutige Aussage über den Bestand bzw. Technik getroffen werden kann.

³⁴³ K.D. steht für „keine Daten“, wenn die Objekte nicht gesichtet wurden und aus der Excel-Liste keine Informationen diesbezüglich vorhanden sind.

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
89098	Grasbündel	Gras mit Knoten		Knoten	1	8cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	I	deformiert	Schachtel, Überzug
89811	Grasschnur	Grasschnur			1	16cm	0,3cm	0,5cm	S	Z	2	Gr	III	deformiert, dreht sich auf	Schachtel
89812/1	Grasschnur	zwei Grasschnurfragment e, einer mit Knoten		Knoten	2	9cm	0,4cm	0,6cm	S	Z	2	Gr	II	deformiert	Schachtel
89812/2	Grasschnur	aus zwei S- gedrehten Stränge in Z-Richtung geschlagene Schnur			2	4cm	0,4cm	0,6cm	S	Z	2	Gr	IV	deformiert, stark aufgedreht, Gefahr vorm kompletten auseinander fallen	Schachtel
89813	Bastschnur				1	28cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
89885	Grasschnur	ein Handstück mit Grasschnur, zwei Stränge			1	k.A.	0,3cm	0,5cm	Z	S	2	Gr	III	deformiert, geringe auflagen, enden aufgedreht	Schachtel
89886	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang	x		1	10cm	1cm	k.A.	S	Z	2	Gr	IV	sehr fragil, fällt auseinander, deformiert, lose Fragmente	Schachtel
89887	Grasbündel	Grasbündel ohne erkennbare Drehung			1	9cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	III	fragil, deformiert, lose Fragmente	Schachtel
89888	Grasstrang	Grasstrang			1	15cm	0,5cm	0,5cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, stark aufgedreht, brüchig	Schachtel
89925	Grasstrang	Strang mit leichter S- Drehung			1	15cm	3,5cm	3,5cm	S	/	1	Gr/St roh	III	Auflagen aus Lehm und Salz, Deformiert, brüchig, lose Elemente	Schachtel
89926	Grasstrang	Strang mit leichter S- Drehung mit Knoten		Knoten	1	14cm	k.A.	k.A.	S	/	1	Gr/St roh	III	deformiert, aufgedreht, brüchig, einige Fragmente	Schachtel
89927	Grasstrang	Strang mit leichter S- Drehung; eine Ende umgebogen			1	20cm	3cm	3cm	S	/	1	Gr/St roh	II	deformiert, einige lose Fragmente	Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
89928	Grasbündel	Grasbündel mit einen einfachen Knoten		Knoten	1	23cm	1cm	1cm	k.A.	k.A.	0	Gr	II	kleine weiße Ausblühungen (Salz) am Knoten, aufgedreht, lose Fragmente	Schachtel
89929/1	Grasstrang	Zwei Grasstrangfragmente mit Z-Drehung, mit einen Knoten		Knoten	2	14cm	1,5cm	1,5cm	Z	/	1	Gr	III	geringe Auflagen, zum Teil aufgedreht, lose Fragmente	Schachtel
89929/2	Grasstrang	Zwei Grasstrangfragmente mit Z-Drehung, mit einen Knoten			2	16cm	1,5cm	1,5cm	Z	/	1	Gr	III	geringe Auflagen, zum Teil aufgedreht, lose Fragmente	Schachtel
89930 a	Grasstrang	Strangfragment scheint stärker verdreht zu sein als die zwei anderen			3	25cm	2,5cm	2,5cm	S	/	1	Gr	II	Deformiert, flachgepresst; kleine lose Teile	Schachtel
89930 b/1	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung und Knoten		Knoten	3	8cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	II	Deformiert, flachgepresst; kleine lose Teile	Schachtel
89930 b/2	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung und Knoten		Knoten	3	8cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	II	Deformiert, flachgepresst; kleine lose Teile	Schachtel
89932	Bastschnur	Bastschnur aus drei S-gedrehten Strängen in Z- Richtung geschlagen			1	15cm	k.D.	0,5	S	Z	3	Bast	k.D.	k.D:	k.D.
90106 a	Bastschnur	k.D.		Knoten	2	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
90106 b	Bastschnur	k.D.			2	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
90239	Grasschnur	Grasschnur, aus zwei Z-gedrehten Stränge in S- Richtung gedrillt.			1	20cm	0,2cm	0,3cm	Z	S	2	Gr	III	deformiert, dreht sich stark auf, ein paar lose Fragmente	Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung und Lagerungsbe helf
90567	Grasschnur	Schnur aus zwei S- gedrehten Strängen in Z-Richtung geschlagen, mit Knoten		Knoten	1	25cm	0,1- 0,2cm	0,3cm	S	Z	2	Gr	III	deformiert, stark aufgedreht, aufgerieben, kleine lose Fragmente	Schachtel
90904	Baststrang	Baststrang mit S- Drehung		Knoten	2	k.D.	k.D.	k.D.	S	/	1	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
90931	Bastschnur	Zwei S-gedrehte Stränge in Z- Richtung geschlagen			1	k.D.	k.D.	0,5	S	Z	2	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
90950	Bastschnur	drei S-gedrehte Stränge in Z- Richtung geschlagen			2	k.D.	k.D.	0,4	S	Z	3	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
90951	Grasstrang	Strang mit leichter S- Drehung mit Knoten		Knoten	1	30cm	0,8cm	0,8	S	/	1	Gr	I	leicht deformiert, geringe Auflagen, einige lose Fragmente	Schachtel
90959 a	Grasstrang	Zwei Fragment, vermutlich von unterschiedlichen Objekten, Grasstrang weist ein leichte S-Drehung auf			2	17cm	2cm	2cm	S	/	1	Gr/St roh	I	deformiert; Fragmente	mit Nähgarn gesichert, Schachtel
90959 b	Grasstrang	Zwei Fragment, vermutlich von unterschiedlichen Objekten, Grasstrang weist ein leichte S-Drehung auf			2	16cm	1,5cm	1,5cm	S	/	1	Gr/St roh	I	deformiert; Fragmente	mit Nähgarn gesichert, Schachtel
91911	Baststrang	Bastschnur mit S- Drehung			1	13cm	0,5cm	0,5cm	S	/	1	Bast	II	deformiert, aufgedreht, zerfasert	Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
91913	Grasschnur	Schnur aus S- gedrehten Stränge, die in Z-Richtung geschlagen wurden, Schloss, und ein Bündel loser Grashalme			2	13cm	0,7cm	1,3cm	S	Z	2	Gr	II	aufdrehen, lose Fragmente	Mir Nähgarn gesichert, Schachtel
91933	Grasschnur	Schnur aus Z- gedrehten Strängen, die zu einer Schnur in S-Richtung geschlagen wurden			1	10cm	0,5cm	1,5cm	Z	S	2	Gr	II	geringe Auflagen, zum Teil aufgedreht	Mir Nähgarn gesichert, Schachtel
91934	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang, zwei Stränge in S- Richtung gedreht und in Z-Richtung geschlagen	x		1	13cm	0,7cm	1,5cm	S	Z	2	Gr	II	deformiert, dreht sich auf, lose Fragmente	Mir Nähgarn gesichert, Schachtel
91935 a	Grasbündel	Grasbündel ohne erkennbare Drehung			4	17cm	0,5cm	0,5cm	k.A.	k.A.	0	Gr	II	deformiert, lose Fragmente	Schachtel
91935 b	Grasbündel	Grasbündel ohne erkennbare Drehung			4	21cm	1cm	1cm	k.A.	k.A.	0	Gr	II	deformiert, lose Fragmente	Schachtel
91935 c	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung			4	18cm	0,4cm	0,4cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, lose Fragmente	Schachtel
91935 d	Grasbündel	Grasbündel ohne erkennbare Drehung			4	9cm	0,5cm	0,5cm	k.A.	k.A.	0	Gr	II	deformiert, lose Fragmente	Schachtel
91996 a	Grasschnur	Fragment einer Grasschnur, mit Anfang, S-gedrehte Stränge Z-Richtung geschlagen	x		2	18cm	k.A.	2cm	S	Z	2	Gr	III	viele Auflagen, deformiert, zum Teil aufgedreht, lose Fragmente	Mir Nähgarn gesichert, Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
91996 b	Grasbündel	Fragment eines Grasbündels			2	16cm	2cm	2cm	k.A.	k.A.	0	Gr	III	viele Auflagen, deformiert, zum Teil aufgedreht, lose Fragmente	Schachtel
92024/1	Grasschnur	Grasschnur aus zwei S-gedrehten Strängen in Z- Richtung geschlagen	x		2	25cm	/	1cm	S	Z	2	Gr	IV	viele Auflagen, deformiert, zum Teil aufgedreht, lose Fragmente	mit Nähgarn gesichert, Schachtel
92024/2	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang, aus zwei S- gedrehten Strängen mit einem lockeren Knoten		Knoten	2	34cm	/	2cm	S	Z	2	Gr	IV	viele Auflagen, deformiert, zum Teil aufgedreht, lose Fragmente	mit Nähgarn gesichert, Schachtel
92025	Grasstrang	Grasschnur mit leichter S-Drehung		Knoten	1	7cm	0,5cm	0,5cm	S	/	1	Gr	III	deformiert, lose Fragmente	Schachtel
92049	Grasstrang	Grasschnur mit leichter S-Drehung und Knoten		Knoten	1	11cm	ca. 1cm	ca. 1cm	S	/	1	Gr	III	deformiert, lose Fragmente	Schachtel
92062	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang, Z-verdrillt und S-geschlagen			1	7,5cm	k.A.	k.A.	Z	S	2	Gr	III	stark deformiert	Schachtel
93051	Grasstrang	das Schnurende wird durch die S-gedrehte Anfangsschlaufe geführt, dabei wird nach der Anfangsschlaufe beide Stränge wieder zu einem Strang zusammengeführt und gemeinsam in S- Richtung weiterverdreh	x		1	22cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, zum Teil aufgedreht, lose Fragmente	Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
93052	Bastschnur	Bastschnur aus drei S-gedrehten Strängen in Z-Richtung geschlagen, mit einem Knoten am Schnurende		Knoten	1	12cm	0,25cm	0,4cm	S	Z	3	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
93099/1	Grasbündel	Zwei Grasschnurfragmente, Drehung nicht mehr erkenntlich, k.A.			2	23cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	II	lose Fragmente	Sprengdraht gesichert, Schachtel
93099/2	Grasbündel	Zwei Grasschnurfragmente, Drehung nicht mehr erkenntlich, k.A.			2	14cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	II	lose Fragmente	Sprengdraht gesichert, Schachtel
93404	Grasstrang	Grasschnur mit leichter S-Drehung, mit Knoten		Knoten	1	8cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	II	viele Auflagen, deformiert, flach gedrückt, brüchig: lose Fragmente	Schachtel
93421 a/1	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung			4	9cm	0,5cm	0,5cm	S	/	1	Gr	II	deformiert	Sprengdraht gesichert, Schachtel
93421 a/2	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung			4	14cm	0,5cm	0,5cm	S	/	1	Gr	II	deformiert	Sprengdraht gesichert, Schachtel
93421 b	Grasstrang	Grasstrang mit Z-Drehung			4	15cm	0,7cm	0,7cm	Z	/	1	Gr	II	deformiert	Sprengdraht gesichert, Schachtel
93421 c	Grasbündel	Grasbündel			4	10cm	0,5cm	0,5cm	k.A.	k.A.	0	Gr	II	deformiert	Sprengdraht gesichert, Schachtel
93444	Grasstrang	Grasschnur mit Knoten, ganz leichter S-Drehung		Knoten	1	18cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	III	Auflagen, deformiert, brüchig	Sprengdraht gesichert, Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
93445	Grasstrang	Grasschnur mit leichter S-Drehung		Knoten	1	18cm	0,6cm	0,6cm	S	/	1	Gr	III	geringe Auflagen, Deformierung, brüchig, lose Fragmente	Sprengdraht gesichert, Schachtel
93446	Grasbündel	Grasbündel mit Knoten		Knoten	1	8cm	0,4cm	0,4cm	k.A.	k.A.	0	Gr	III	starke Auflagen, loser Knoten, Drehung nicht mehr erkennbar	Schachtel
93447	Grasbündel	Grasbündel mit Knoten		Knoten	1	8cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	III	geringe Auflagen, Drehung nicht mehr erkennbar, Deformierung, lose Fragmente	Sprengdraht gesichert, Schachtel
93448/1	Grasstrang	Fragment eines Grasstrangs mit leichter S-Drehung und einem einfachen Knoten		Knoten	2	16cm	0,8cm	0,8cm	S	/	1	Gr	IV	starke Auflagen, deformier	Schachtel
93448/2	Grasstrang	Fragment eines Grasstrangs mit leichter S-Drehung			2	8,5cm	0,7cm	0,7cm	S	/	1	Gr	IV	starke Auflagen, deformier	Sprengdraht gesichert, Schachtel
93459 a	Baststrang	zwei Fragmente, ein Fragment besteht aus zwei Schnüren mit S-Drehung und mit einem Knoten um sie zu verbinden		Knoten	2	10cm	0,3cm	0,3cm	S	/	1	Bast	III	Auflagen, deformiert, zerfasert, lose Fragmente	Schachtel
93459 b	Baststrang	zwei Fragmente, ein Fragment besteht aus zwei Schnüren mit S-Drehung und mit einem Knoten um sie zu verbinden			2	31cm	k.D.	Streifen breite : 1cm	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	III	Auflagen, deformiert, zerfasert, lose Fragmente	Schachtel

Inv.nr.	Objektansprache	Objektbeschreibung neu	Anfang	Knoten/ Sonstige s	Anzahl der Frag ment e	Maße: Länge	Ø Sträng e	Ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Ma te ri al	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
93533	Grasstrang	Grasstrang mit leichter S-Drehung			1	5cm	0,7cm	0,7cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, lose Fragmente	mit Sprengdraht gesichert, Schachtel
93547	Grasstrang	Grasstrang mit ganz leichter S-Drehung			1	11cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	II	Auflage, deformiert, lose Fragmente	mit Sprengdraht gesichert, Schachtel
93800	Grasschnur	Grasstrang mit S-Drehung, starker Knick => möglicherweise der Anfang einer Schnur die in Z-Richtung geschlagen wurde	x		1	12cm	0,4cm	k.A.	S	Z	2	Gr	III	deformiert, lose Fragmente	Schachtel
93847	Bastschnur	Bastschnur aus drei S-gedrehten Strängen in Z-Richtung geschlagen			1	20cm	k.A.	0,45cm	S	Z	3	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
93849	Grasstrang	Grasstrang mit Knoten, leichter S-Drehung		Knoten	1	10cm	k.A.	k.A.	S	/	1	Gr	IV	geringe Auflagen, sehr fragil, brüchig, viele lose Fragmente	Schachtel
93861	Grasschnur	Grasschnur mit sehr leichter Z-Drehung, S-Richtung geschlagen, weist einen Knoten auf		Knoten	1	10cm	k.A.	k.A.	Z	S	2	Gr	IV	fragil, aufgedreht, Brüche, lose Fragmente	Schachtel
93879	Bastschnur	Bastschnur aus drei S-gedrehten Strängen in Z-Richtung geschlagen, mit einem Knoten am Schnurende		Knoten	1	40cm	0,15cm	0,4cm	S	Z	3	Bast	k.D.	k.D.	k.D.

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
93973	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung			1	6cm	0,5cm	0,5cm	S	/	1	Gr	IV	Auflagen, sie wurde nicht entsalzen, deformiert, lose Fragmente	Schachtel
93974	Grasbündel	Grasschnurfragmente, Drehung kaum mehr erkennbar, es weist einen starken Knick auf => möglicherweise der Anfang			pl	10cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr/Stroh	IV	Auflagen, stark aufgedreht, brüchig, viele lose Fragmente	Schachtel
94015	Grasstrang	zwei Grasschnüre mit Schloss verbunden, mit ganz leichter S-Drehung		Schloss oder Knoten schwer zu identifizieren	2	5cm	k.A.	k.A.	S	/	1	Gr	IV	sehr fragil, fällt Auseinander, deformiert	Schachtel
94030	Grasschnur	Anfang einer Grasschnur mit S-Drehung, die dann vermutlich in Z-Richtung geschlagen wurde	x		1	16cm	k.A.	k.A.	S	Z	2	Gr	III	sehr fragil, lose Fragmente	Schachtel
94070	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung			1	13cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	II	geringe Auflagen, deformiert	mit Sprengdraht gesichert, Schachtel
94071/1	Grasstrang	zwei Fragmenten von Grasstränge mit je einen Knoten, ein Fragment weist eine leichte S-Drehung auf		Knoten	2	15cm	k.A.	k.A.	S	/	1	Gr	II	geringe Auflagen, deformiert	Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
94071/2	Grasstrang	zwei Fragmenten von Grasstränge mit je einen Knoten, ein Fragment weist eine leichte S-Drehung auf		Knoten	3	11cm	k.A.	k.A.	S	/	1	Gr	II	geringe Auflagen, deformiert	Schachtel
94072	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung			1	12cm	0,3cm	0,3cm	S	/	1	Gr	IV	Auflagen, deformiert, sehr fragil, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
94073	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung			1	10cm	k.A.	k.A.	S	/	1	Gr	IV	Auflagen, deformiert, sehr fragil, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
94095	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang, zwei Stränge mit S-Drehung, die in Z-Richtung geschlagen wurden	x		1	6cm	0,3cm	0,6cm	S	Z	2	Gr	III	Auflagen, deformiert, zerfasert, lose Fragmente	Schachtel
94103	Grasbündel	nicht mehr verdrehte Gräser			1	21cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	II	geringe Auflagen, deformiert	Schachtel
94104	Grasbündel	Grasbündel mit losen Zusammenhalt			1	20cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	IV	Auflagen auch von Salzkristallen, brüchig, lose Fragmente, Zerfasert	Schachtel
94110	Grasbündel	Grasschnur mit Knoten		Knoten	1	20cm	0,3cm	0,3cm	k.A.	k.A.	0	Gr	III	lockerer Zusammenhalt, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
94116	Grasstrang	Grasstrang mit ganz leichter S-Drehung => kann auch durch die Sicherung mit dem Sprengdraht entstanden sein			1	13cm	0,5cm	0,5cm	S	k.A.	1	Gr	I	deformiert	mit Sprengdraht gesichert, Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
94909/1	Grasschnur	Grasschnurfragment mit Anfang, S-Drehung der Stränge, Z-Richtung geschlagen	x		2	10cm	0,5-0,6cm	0,5-0,6cm	S	Z	2	Gr	IV	Zusammenhang sehr locker, es zerfällt, Auflagen, deformiert	Schachtel
94909/2	Grasschnur	Grasschnurfragmente mit S-Drehung der Stränge, Z-Richtung geschlagen			2	9cm	0,5-0,6cm	0,5-0,6cm	S	Z	2	Gr	IV	Zusammenhang sehr locker, es zerfällt, Auflagen, deformiert	Schachtel
112962	Bastschnur	Bastschnur aus drei Strängen gefertigt			1	19cm	0,5cm	0,5cm	k.D.	k.D.	3	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
113008/1	Grasbündel	Grasbündel			2	10,5cm	0,5cm	0,5cm	k.A.	k.A.	0	Gr	IV	Auflagen, deformiert, viele lose Fragmente	Schachtel
113008/2	Grasbündel	Grasbündel			2	18cm	0,8cm	0,8cm	k.A.	k.A.	0	Gr	IV	Auflagen, deformiert, viele lose Fragmente	Schachtel
113009	Grasbündel	Grasbündel mit Knoten, bzw. nur der Knoten ist erhalten		Knoten	1	6cm	0,7cm	0,7cm	k.A.	k.A.	0	Gr	III	Auflagen, deformiert, flachgepresst	Schachtel
113037	Grasstrang	Grasstrang mit Knoten und ganz leichter S-Drehung		Knoten	1	12cm	0,5cm	0,5cm	S	/	1	Gr	III	deformiert, aufgedreht	Schachtel
113074	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang, zwei Stränge mit S-Drehung, die in Z-Richtung geschlagen wurden	x		1	23cm	1cm	2cm	S	Z	2	Gr	III	Auflagen, deformiert	mit Sprengdraht gesichert, Schachtel
113123 a/1	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung			4	12cm	0,3cm	0,3cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, brüchig	mit Sprengdraht gesichert, Schachtel
113123 a/2	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung			4	10cm	0,3cm	0,3cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, brüchig	mit Sprengdraht gesichert, Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	Ø Sträng e	Ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
113123 a/3	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung			4	26cm	0,6cm	0,6cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, brüchig	mit Sprengdraht gesichert, Schachtel
113123 b	Grasschnur	Grasschnur, weist einen Anfang auf und wurde aus zwei Z-gedrehten Stränge die dann in S-Richtung geschlagen wurde gefertigt	x		4	11cm	0,6cm	0,6cm	Z	S	2	Gr	II	deformiert, brüchig	Schachtel
113131/1	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung			4	10cm	0,3cm	0,3cm	S	/	1	Gr	I	Deformiert	mit Sprengdraht gesichert, Schachtel
113131/2	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung			4	12,5c m	0,3cm	0,3cm	S	/	1	Gr	I	Deformiert	mit Sprengdraht gesichert, Schachtel
113131/3	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung			4	23cm	0,5cm	0,5cm	S	/	1	Gr	I	Deformiert	mit Sprengdraht gesichert, Schachtel
113131/4	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung			4	12cm	0,5cm	0,5cm	S	/	1	Gr	I	Deformiert	mit Sprengdraht gesichert, Schachtel
113217	Bastschnur	Bastschnur, aus zwei Strängen mit S- Drehung wurden in Z-Richtung geschlagen			1	6,5cm	k.A.	0,4cm	S	Z	2	Bast	II	abstehende Fasern, zerfasert	Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
113245/1	Grasbündel	Grasbündel, sehr loser Zusammenhang, keine Aussage mehr möglich			3	18cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	IV	auflagen, deformiert, brüchig	Schachtel
113245/2	Grasbündel	Grasbündel, sehr loser Zusammenhang, keine Aussage mehr möglich			3	15cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	IV	auflagen, deformiert, brüchig	Schachtel
113245/3	Grasbündel	Grasbündel, sehr loser Zusammenhang, keine Aussage mehr möglich			3	10cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	IV	auflagen, deformiert, brüchig	Schachtel
113247	Bastschnur	Bastschnur aus zwei Strängen mit Knoten		Knoten	1	15cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	2	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
113281	Bastschnur	Bastschnur mit Knoten		Knoten	1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
113296	Grasschnur	k.D.			1	14,5c m	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Gr	k.D.	k.D.	k.D.
113297	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung			1	10cm	0,3cm	0,3cm	S	/	1	Gr	II	geringe Auflagen, deformiert, leicht aufgedreht	Schachtel
113298	Grasstrang	Grasstrang in S- Richtung verdreht			1	13,5c m	0,5cm	0,5cm	S	/	1	Gr	IV	deformiert, aufgedreht, brüchig, einige Fragmente	Schachtel
113299	Grasstrang	Grasstrang mit leichter S-Drehung			1	9cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	IV	geringe Auflagen, deformiert, sehr lockerer Zusammenhalt, viele lose Fragmente	Schachtel

Inv.nr.	Objektansprache	Objektbeschreibung neu	Anfang	Knoten/Sonstiges	Anzahl der Fragmente	Maße: Länge	Ø Stränge	Ø Schnur	Drehung des Strangs	Drehung der Schnur	Anzahl der Stränge	Material	Zustandskategorie	Schäden	Sicherung
113300	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang, zwei Stränge mit Z-Drehung, die in S-Richtung geschlagen wurden	x		1	5cm	0,4cm	k.A.	Z	S	2	Gr	IV	sehr fragil, deformiert, stark aufgedreht, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
113301	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang, zwei Stränge mit S-Drehung, die in Z-Richtung geschlagen wurden	x		1	4,5cm	0,6cm	k.A.	S	Z	2	Gr	III	geringe Auflagen, deformiert, stark aufgedreht, brüchig	Schachtel
113302	Grasschnur	Grasschnur in Z-Richtung verdreht und in S-Richtung geschlagen			1	5cm	0,5cm	k.A.	Z	S	2	Gr	II	deformiert, leicht aufgedreht	Schachtel
113303	Grasschnur	Grasschnur mit Knoten, zwei Stränge in Z-Drehung in S-Richtung geschlagen		Knoten	1	14cm	0,7cm	1,2cm	Z	S	2	Gr	III	Auflagen, deformiert, sehr fragil, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
113304	Grasbündel	Grasbündel			1	19cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	IV	geringe Auflagen, deformiert, viele lose Fragmente	Schachtel
113314	Grasbündel	Grasbündel			1	10cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	II	geringe Auflagen, deformiert, lose Fragmente	Schachtel
113336	Grasschnur	Grasschnur im Heidengebirge, zwei Stränge mit leichter Z-Drehung, die in S-Richtung geschlagen wurden			1	23cm	0,5cm	k.A.	Z	S	2	Gr	IV	starke Auflagen vor allem Salzkristalle, stark aufgedreht, zerfasert	Schachtel
113348	Grasbündel	Grasbündel			1	18cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	IV	Auflagen, deformiert, loser zusammenhalt	Schachtel
113361	Bastschnur	Bastschnur aus drei Strängen gefertigt			1	16cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	3	Bast	k.D.	k.D.	k.D.

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
113365/1	Grasstrang	Grasstrangfragment mit leichter S- Drehung			2	13,4c m	0,6cm	0,6cm	S	/	1	Gr	IV	deformiert, aufgedreht, brüchig, einige lose Fragmente	Schachtel
113365/2	Grasstrang	Grasstrangfragment mit leichter S- Drehung			2	4,5cm	0,4cm	0,4cm	S	/	1	Gr	IV	deformiert, aufgedreht, brüchig, einige lose Fragmente	Schachtel
113385 a	Bastschnur	Bastschnurfragment			2	5cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D:	k.D.
113385 b	Bastschnur	Bastschnurfragment			2	7cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D:	k.D.
113387	Grasbündel	Grasbündel mit Knoten		Knoten	1	5cm	0,5cm	0,5cm	k.A.	k.A.	0	Gr	III	Auflagen, deformiert, brüchig	Schachtel
113388	Grasschnur	Grasschnur im Heidengebirge, zwei Stränge mit leichter Z-Drehung, die in S- Richtung geschlagen wurden			1	14cm	k.A.	k.A.	Z	S	2	Gr	IV	auflagen, deformiert, stark aufgedreht, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
113447	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung			1	14cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	III	schwarze Auflagen => verkohlt, deformiert, brüchig	Schachtel
113449	Grasbündel	Grasbündel mit Knoten		Knoten	1	12cm	1cm	1cm	k.A.	k.A.	0	Gr	III	geringe Auflagen, deformiert, platt gedrückt, Knoten locker, brüchig	Schachtel
113448/1	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung			2	17cm	1,2cm	1,2	S	/	1	Gr	IV	starke Auflagen, Salzkristalle, deformiert, zusammenhalt kaum vorhanden, brüchig, lose Fragmente	eine Grasschnur ist mit Sprengdraht gesichert, Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
113448/2	Grasschnur	Grasschnur aus zwei S-gedrehten Stränge in Z-Richtung geschlagen			2	19cm	0,5cm	1,5cm	S	Z	2	Gr	IV	starke Auflagen, Salzkristalle, deformiert, zusammenhalt kaum vorhanden, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
113450	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang aus zwei in S-gedrehten Strängen, die in Z-Richtung geschlagen wurden.	x		1	10,5cm	0,6cm	1,2cm	S	Z	2	Gr	III	geringe Auflagen, deformiert, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
113453	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung			1	4cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	II	geringe Auflagen, deformiert, leicht zerfasert	Schachtel
113473	Bastschnur	Bastschnur aus drei Strängen gefertigt			1	9,5cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	3	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
113476/1	Bastschnur	Zwei Fragmente einer Bastschnur			2	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
113476/2	Bastschnur	Zwei Fragmente einer Bastschnur			2	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
113481	Bastschnur	k.D.			1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
113482	Baststrang	Bastschnur, zwei Streifen in S-Drehung verdreht			1	18cm	Streife nbreite : 0,4- 0,6cm	0,4- 0,6cm	S	/	1	Bast	II	deformiert, zerfasert	Schachtel
113484	Grasstrang	Grasstrang im Heidengebirge, in S-Drehung			1	k.A.	1cm	1cm	S	/	1	Gr	IV	Auflagen, Salzkristalle, deformiert, zerfasert, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
113485	Grasstrang	Grasstrang in S-Richtung verdreht mit Knoten und Textilresten.			1	9cm	0,5cm	0,5cm	S	/	1	Gr	IV	Auflagen, deformiert, Knoten sehr locker, schon fast offen, brüchig	Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
113489	Grasbündel	Grasbündel ohne erkennbare Drehung			PI	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr/St roh	IV	Auflagen, deformiert, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
113500/1	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung, welche zu einem Ring geknotet ist. Bei der Bergung in zwei Teile gebrochen		Knoten => Ring	2	12cm	1,5cm	1,5cm	S	/	1	Gr	IV	auflagen, deformiert, stark aufgedreht, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
113500/2	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung, welche zu einem Ring geknotet ist. Bei der Bergung in zwei Teile gebrochen			2	18cm	1,5cm	1,5cm	S	/	1	Gr	IV	auflagen, deformiert, stark aufgedreht, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
113513	Grasstrang	Grasstrang mit Anfang, mit S- Drehung	x		1	56	0,4cm	0,4cm	S	/	1	Gr	I		Schachtel
113538	Grasbündel	Mehrere Grasfasern zusammengeknotet. Auf zwei Fasern sind die Samen erhalten		Knoten	1	5cm	0,5cm	0,5cm	k.A.	k.A.	0	Gr	I		Schachtel
113594	Bastschnur	Bastschnur zu einem Ring geknotet		Knoten	1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.		k.D.
113649	Grasbündel	Grasbündel mit Knoten		Knoten	1	10cm	0,4cm	0,4cm	k.A.	k.A.	0	Gr	I	deformiert	Schachtel
113650	Grasbündel	Grasbündel mit Knoten		Knoten	1	8cm	0,3cm	0,3cm	k.A.	k.A.	0	Gr	II	deformiert, aufgedreht	Schachtel
113651	Grasbündel	zwei Grasbündel miteinander Verknotet		Knoten	2	6cm	0,4cm	0,4cm	k.A.	k.A.	0	Gr	II	stark aufgedreht	Schachtel
113662	Grasbündel	Grasbündel ohne erkennbare Drehung			1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	IV	Auflagen, deformiert, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
113663	Grasschnur	k.D.			1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Gr	k.D.	k.D.	k.D.

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
113685	Grasschnur	Anhydrit mit Resten einer Grasschnur, die zwei Stränge mit Z-Drehung in S-Richtung geschlagen			1	6cm	k.A.	k.A.	Z	S	2	Gr	III	Deformiert, stark aufgedreht, brüchig	Schachtel
113692	Grasstrang	Grasstrang mit leichter S-Drehung und mit Heidengebirge und diverse weitere Funde			2	k.A.	k.A.	k.A.	S	/	1	Gr	IV	Auflagen, viele Salzkristalle, deformiert, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
113736	Baststrang/-ring	Bast mit Z-Drehung mit Knoten			1	15cm innerer Umfang	k.D.	Streifenbreite : 1cm	Z	/	1	Bast	I	deformiert: Flachgedrückt	auf Tableau, Schachtel
113755	Grasschnur	Grasschnur aus zwei Stränge mit Z-Drehung die in S-Richtung geschlagen wurde, mit Heidengebirge			1	k.A.	k.A.	k.A.	Z	S	2	Gr	IV	Auflagen, viele Salzkristalle, deformiert, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
113761	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung, Haare und Textil			Pl	8cm	k.A.	k.A.	S	/	1	Gr	IV	Auflagen, deformiert, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
113840	Bastschnur	k.D.			1	13,3cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	2	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
113850	Grasstrang	Grasstrang mit Knoten		Knoten	1	10cm	0,5cm	0,5cm	Z	/	1	Gr	II	deformiert, offener Knoten, Fragmente	auf Tableau, Schachtel
113868	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung, Anfang möglicherweise vorhanden	x		1	21cm	k.A.	k.A.	S	/	1	Gr	IV	sehr fragil, deformiert, stark aufgedreht, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
113914	Grasbündel	Grasbündel			1	10cm	2cm	2cm	k.A.	k.A.	0	Gr	III	Auflagen, Salzkristalle, deformiert, brüchig, lose Fragmente	Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
113982	Bastschnur	Zwei Stränge zu einer Schnur geschlagen mit Knoten		Knoten	1	15,5cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	2	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
114053/1	Bastschnur	Schnur aus drei Strängen zu einem Ring verknotet, in zwei Teile gebrochen		Knoten	2	16,5cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	3	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
114053/2	Bastschnur	Schnur aus drei Strängen zu einem Ring verknotet, in zwei Teile gebrochen			2	44,5cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	3	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
114054	Grasschnur	Grasschnur mit zwei S-gedrehten Strängen, die in Z-Richtung geschlagen sind			1	14cm	0,3cm	0,7cm	S	Z	2	Gr	II	Auflagen, deformiert, brüchig, Nadeln rosten	auf Tableau mit Stecknadeln, Schachtel
114055	Grasbündel	Grasbündel			1	7cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	III	geringe Auflagen, deformiert, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
114060	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang, zwei Stränge mit S-Drehung, die in Z-Richtung geschlagen wurden	x		1	26cm	1cm	1,5cm	Z	S	2	Gr	II	geringe Auflagen, deformiert, Nadeln rosten	auf Tableau mit Stecknadeln, Schachtel
114070	Grasstrang	Grasstrang mit leichter Z-Drehung mit einem Knoten		Knoten	1	13cm	k.A.	k.A.	Z	/	1	Gr	III	deformiert, geringer zusammenhalt, lose Fragmente	Schachtel
114155	Grasstrang	Grasstrang mit Anfang mit Z-Drehung	x		1	10cm	k.A.	k.A.	Z	/	1	Gr	IV	kaum mehr als Schnur wahrnehmbar, deformiert, aufgedreht, brüchig, lose Fragmente, Nadeln rosten	mit Nadeln die rosten auf Ethafoam gesteckt, Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	Ø Sträng e	Ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mat erial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
114156	Grasstrang	Gras- mit Strohstrang mit S- Drehung			1	9cm	k.A.	k.A.	S	/	1	Gr/St roh	IV	kaum mehr als Schnur wahrnehmbar, deformiert, aufgedreht, brüchig, lose Fragmente, Nadeln rosten	mit Nadeln die rosten auf Ethafoam gesteckt, Schachtel
114169	Grasschnur	Grasschnur mit Knoten, Z-Richtung geschlagen?		Knoten	1	12cm	1cm		S	Z	2	Gr	II	geringe Auflagen, deformiert, viele lose Fragmente	Schachtel
114170/1	Grasbündel	zwei Grasbündelfragment e			2	5cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	III	Auflagen, deformiert, brüchig, Nadeln rosten	mit Nadeln die rosten auf Ethafoam gesteckt, Schachtel
114170/2	Grasbündel	Grasbündel			2	6cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	III	Auflagen, deformiert, brüchig, Nadeln rosten	mit Nadeln die rosten auf Ethafoam gesteckt, Schachtel
114171	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung			1	13cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	III	deformiert, dreht sich auf, brüchig, lose Fragmente	mit Nadeln auf Ethafoam gesteckt, Schachtel
114172	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung			1	7cm	0,6cm	0,6cm	S	/	1	Gr	IV	deformiert, brüchig, Nadeln rosten	mit Nadeln die rosten auf Ethafoam gesteckt
114173/1	Grasbündel	Grasbündel			2	4cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	IV	Schnur nicht mehr erkennbar, vollständig aufgedreht, lose Fragmente, Nadeln rosten	mit Nadeln die rosten auf Ethafoam gesteckt, Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
114173/2	Grasbündel	Grasbündel			2	5cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	IV	Schnur nicht mehr erkennbar, vollständig aufgedreht, lose Fragmente, Nadeln rosten	mit Nadeln die rosten auf Ethafom gesteckt, Schachtel
114185	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung mit dazugehörigen einzelnen Gras- und Strohfaser			1	31cm	0,3cm	0,3cm	S	/	1	Gr/St roh	IV	Auflagen, deformiert, leicht aufgedreht, lose Fragmente	mit Nadel auf Ethafom gesteckt, Schachtel
114189	Grasstrang	Grasstrang mit Knoten mit S- Drehung		Knoten	1	12cm	0,4cm	0,4cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, aufgedreht, lose Fragmente	auf Tableau, Schachtel
114253/1	Grasbündel mit Drehung	Grasschnur in mehreren Fragmente			3	30cm	2,5cm	2,5cm	S	?	1	Gr	II	Auflagen, Salzkristalle, deformiert, viele lose Fragmente, sehr fragil	auf Tableau in einer Schachtel mit Deckel
114253/2	Grasschnur	Grasschnur in mehreren Fragmente			3	12cm	1,2cm	2,5cm	S	Z	2	Gr	II	Auflagen, Salzkristalle, deformiert, viele lose Fragmente, sehr fragil	auf Tableau in einer Schachtel mit Deckel
114253/3	Grasbündel	Grasschnur in mehreren Fragmente			3	9cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	II	Auflagen, Salzkristalle, deformiert, viele lose Fragmente, sehr fragil	auf Tableau in einer Schachtel mit Deckel
114270	Baststrang	Baststrang mit Z- Drehung und mit Knoten		Knoten	1	17cm	0,7- 0,8cm	0,7- 0,8cm	Z	/	1	Bast	II	deformiert, zerfasert	Schachtel
114289	Bastschnur	Bastschnur aus zwei Strängen			1	19cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	2	Bast	k.D.	k.D.	k.D.

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
114391	Grasbündel	zwei Grasbündel			2	13cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	IV	nicht mehr als Schnur erkennbar, deformiert, aufgedreht	mit Nadeln auf Ethafoam gesteckt, Schachtel
114393	Grasschnur	Grasbündel keine Aussage mehr möglich			Pl.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	III	deformiert, aufgedreht, loser zusammenhalt, lose Fragmente, keine Aussage mehr möglich	Schachtel
114407	Grasstrang	zwei Grasstrangfragmente mit S-Drehung			2	7,5cm	k.A.	k.A.	S	/	1	Gr	IV	geringe Auflagen, deformiert, sehr lockerer Zusammenhalt, Nadeln rosten	mit Nadeln auf Ethafoam gesteckt, Schachtel
114408	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang, zwei Stränge mit Z- Drehung, die in S- Richtung geschlagen wurden	x		Pl.	k.A.	2- 2,5cm	k.A.	Z	S	2	Gr	IV	viele Auflagen, Salzkristalle, deformiert, brüchig, viele Fragmente	Schachtel
114449	Grasstrang	Grasstrang mit leichter Z-Drehung			1	11cm	1,5cm	1,5cm	Z	/	1	Gr	III	deformiert, zum Teil aufgedreht, Rostflecken	mit Nadeln auf Ethafoam gesteckt, Schachtel
114453	Strohstrang	Strohstrang mit S- Drehung			1	13cm	0,8cm	0,8cm	S	/	1	Stro h	II	Leicht Deformiert, lose Fragmente	Schachtel
114468	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung			1	18cm	2cm	2cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, Nadeln rosten	mit Nadeln auf Ethafoam gesteckt und dreimal mit einer Schnur zusammen gebunden, Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
114480 a/1	Grasstrang	Grasstrang mit leichter Z-Drehung			4	8cm	0,4cm	0,4cm	Z	/	1	Gr	IV	deformiert, zum Teil aufgedreht, brüchig, lose Fragmente, Rostflecken	mit Nadel auf Ethafom gesteckt und mit einem Garn gesichert, Schachtel
114480 a/2	Grasstrang	Grasstrang mit leichter Z-Drehung			4	8cm	0,7cm	0,7cm	Z	/	1	Gr	IV	deformiert, zum Teil aufgedreht, brüchig, lose Fragmente, Rostflecken	mit Nadel auf Ethafom gesteckt und mit einem Garn gesichert, Schachtel
114480 a/3	Grasstrang	Grasstrang, möglicherweise mit Anfang und Z- Drehung	x		4	15cm	0,5cm	0,5cm	Z	/	1	Gr	IV	deformiert, zum Teil aufgedreht, brüchig, lose Fragmente, Rostflecken	mit Nadel auf Ethafom gesteckt und mit einem Garn gesichert, Schachtel
114480 b	Grasbündel	Grasbündel mit Knoten zur Drehung ist keine Angabe mehr möglich		Knoten	4	10cm	1cm	1cm	k.A.	k.A.	0	Gr	IV	deformiert, zum Teil aufgedreht, brüchig, lose Fragmente, Rostflecken	mit Nadel auf Ethafom gesteckt und mit einem Garn gesichert, Schachtel
114481	Grasschnur	Grasschnur mit S- Drehung mit Anfang, Schlag aufgegangen	x		1	13cm	0,5cm	k.A.	S	Z	2	Gr	IV	auflagen, deformiert, leicht aufgedreht, aufgerieben, brüchig, lose Fragmente	Schachtel
114515	Baststrang	Baststrang mit S- Drehung			1	13cm	0,2cm	0,2cm	S	/	1	Bast	III	deformiert, dreht sich zum Teil auf, vor allem ein Schaft, abstehende Fasern	Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
114521/1	Grasstrang	Zwei Grasstrang- fragmente mit S- Drehung, die mit Umgebungsmaterial gelagert sind			2	11cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	IV	viele Auflagen, Salzkristalle, deformiert, zum Teil Aufgedreht, brüchig, Rostflecken	mit Nadel auf Ethafoam gesteckt, Schachtel
114521/2	Grasstrang	Zwei Grasstrangfragmente mit S-Drehung, die mit Umgebungsmaterial gelagert sind			2	15cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	IV	viele Auflagen, Salzkristalle, deformiert, zum Teil Aufgedreht, brüchig, Rostflecken	mit Nadel auf Ethafoam gesteckt, Schachtel
114549	Grasbündel mit Drehung	zwei Grasbündel miteinander Verknotet		Knoten	2	10cm	0,5cm	0,5cm	k.A.	k.A.	0	Gr	II	deformiert, aufgedreht, Rostflecken	mit (neue) Nadeln auf Ethafoam gesteckt, Schachtel
114560	Grasstrang	Grasstrang mit leichter S-Drehung und Knoten		Knoten	1	10cm	k.A.	k.A.	S	/	1	Gr	IV	Auflagen, Salzkristalle, deformiert, aufgedreht, lose Fragmente, Rostflecken, Nadel rosten	mit Nadel auf Ethafoam gesteckt, Schachtel
114561	Grasbündel	Grasbündelfragment			Pl.	15cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	III	geringe Auflagen, deformiert, loser Zusammenhalt	ein Teil ist mit Nadeln auf Ethafoam gesteckt, Schachtel
114591	Baststrang	Baststrang mit Z- Drehung			1	14cm	0,2cm	0,2cm	Z	/	1	Bast	I	deformiert	Schachtel
114641	Grasstrang	zwei Grasstränge miteinander Verknotet, sie weisen eine S- Drehung auf, Beifund: Leuchtspäne		Knoten	1	36cm	0,7cm	0,7cm	S	/	1	Gr	III	viele Auflagen, deformiert, platt gedrückt, brüchig	Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
114648	Baststreifen	Baststreifen eventuelle zusammengedreht			3	13cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
114655	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang, zwei Stränge mit S- Drehung, die in Z- Richtung geschlagen wurden, Beifunde	x		1	10cm	0,7cm	1,3cm	S	Z	2	Gr	II	deformiert, etwas aufgedreht, abstehende Fasern	Schachtel wurde mit einem Zellstofffilz ausgelegt
114689	Bastschnur	Bastschnur aus drei Strängen			1	11,9c m	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	3	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
114690	Grasstrang	Grasschnur mit Anfang mit S- Drehung	x		1	7cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	IV	Auflagen, deformier, aufgedreht, lose Fragmente, sehr fragil	mit Zahnstochern auf Ethafoam befestigt, Schachtel
114719	Baststrang	vier Streifen mit S- Drehung zu einem Strang verdreht			1	13,5c m	0,4cm	0,4cm	S	/	1	Bast	III	deformiert, zum Teil aufgedreht, stark zerfasert, abstehende Fasern	mit Zahnstochern auf Ethafoam befestigt, Schachtel
114720	Grasbündel	Grasbündel mit Knoten, möglicherweise Verbindung von zwei Grasbündeln		Knoten	2	7cm	0,2- 0,4cm	0,2- 0,4cm	k.A.	k.A.	0	Gr	II	Auflagen, deformiert	Schachtel
114735	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung und Knoten, möglicherweise Verbindung von zwei Grasstränge		Knoten	2	22cm	0,5cm	0,5cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, flachgepresst, zerfasert, wenige lose Fragmente	mit Zahnstochern auf Ethafoam befestigt, Schachtel
114739 a	Grasschnur	Grasschnurfragment mit Knoten		Knoten	2	10cm	0,7cm	1,2cm	Z	S	2	Gr	IV	deformiert, aufgedreht, brüchig, in zwei Teile gebrochen	mit Zahnstochern auf Ethafoam befestigt, Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mat erial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
114739 b	Grasbündel	Grasbündel ohne erkennbare Drehung			2	5cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	IV	deformiert, aufgedreht, brüchig, in zwei Teile gebrochen	mit Zahnstochern auf Ethafoam befestigt, Schachtel
114758	Baststreifen	ein eingedrehter Baststreifen			1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
114789	Bastschnur	Bastschnur mit Knoten		Knoten	1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
114839	Grasbündel	Grasbündel mit Knoten		Knoten	1	7cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	II	deformiert	Schachtel
114851	Bastschnur	Bastschnur aus drei Strängen, mit Knoten		Knoten	1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	3	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
114866	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung			1	19cm	2cm	2cm	S	/	1	Gr	III	geringe Auflagen, brüchig, lose Fragmente	mit Zahnstochern auf Ethafoam befestigt, Schachtel
114874	Bastschnur	k.D.		Knoten	1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
114876	Bastschnur	Bastschnur aus drei Strängen			1	22cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	3	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
114916	Grasstrang	Grasstrang mit S- Drehung			1	22cm	1,6cm	1,6cm	S	/	1	Gr	III	geringe Auflagen, brüchig, lose Fragmente	mit Zahnstochern auf Ethafoam befestigt, Schachtel
114917	Grasstrang	Gras-Strohstrang mit S-Drehung			1	17cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr/St roh	III	geringe Auflagen, brüchig, lose Fragmente	mit Zahnstochern auf Ethafoam befestigt, Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	Ø Sträng e	Ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mat erial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
114918	Grasstrang	Gras-Strohstrang mit S-Drehung, mit Knoten, Beifund: Leuchtpäne		Knoten	1	12cm	1,5cm	1,5cm	S	/	1	Gr/St roh	III	geringe Auflagen, brüchig, lose Fragmente	mit Zahnstochern auf Ethafoam befestigt, Schachtel
114919	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung			1	14cm	2cm	2cm	S	/	1	Gr	III	Auflagen, aufgedreht, brüchig, lose Fragmente	mit Zahnstochern auf Ethafoam befestigt, Schachtel
114920	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung			1	7cm	0,5cm	0,5cm	S	/	1	Gr	III	deformiert, brüchig, lose Fragmente	mit Zahnstochern auf Ethafoam befestigt, Schachtel
114952	Bastschnur	k.D.		Knoten	1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
114961	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung und Knoten		Knoten	1	5cm	0,3cm	0,3cm	S	/	1	Gr	II	geringe Auflagen, etwas aufgedreht, etwas zerfasert	Schachtel
119533	Bastschnur	k.D.			1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
119560	Bastschnur	Bastschnur aus drei Strängen			1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	3	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
119578	Bastschnur	k.D.		Knoten	1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
119579	Bastschnur	k.D.		Knoten	1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
119581	Bastschnur	k.D.		Knoten	1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
119583	Grasbündel	Grasbündel durch eine Knoten zu einem Ring geformt		Knoten	1	Umfang: 17,5cm	0,4cm	0,4cm	k.A.	k.A.	0	Gr	I	deformiert, plattgepresst	zwischen zwei Netze fixiert, Schachtel
119584	Grasbündel	Grasbündel			1	6cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	I	deformiert, plattgepresst	zwischen zwei Netze fixiert, Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
119586	Grasstrang	Grasstrang mit leichter S-Drehung, mit Heidengebirge			1	k.A.	k.A.	k.A.	S	/	1	Gr	IV	starke Auflagen vor allem Salzkristalle, deformiert, zerfasert, brüchig	Schachtel
119611	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung und mit Knoten			1	11cm	0,4cm	0,4cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, brüchig	Schachtel
119642	Grasstrang	Grasstrang, S-Drehung,			1	7,5cm	0,8cm	0,8cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, aufgedreht, wenige lose Fragmente	Schachtel
119689	Grasstrang	Grasstrang mit Knoten		Knoten	1	10cm	0,3cm	0,3cm	S??	/	1	Gr	I	deformiert	Schachtel
119696	Grasbündel	im Plastiksackerl			1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	IV	k.D.	Plastiksackerl
119701	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung, Beifunde: zwei Fläche Leuchtpäne und lose Grasfasern			1	49cm	0,5-07cm	0,5-0,7cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, leicht aufgedreht, brüchig, lose Fragmente	mit Zahnstochern auf Ethafoam befestigt, Schachtel
119712	Bastschnur	Bastschnur aus zwei Strängen, mit Knoten		Knoten	1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	2	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
119723	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung			1	9cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	III	Auflagen, deformiert, aufgedreht	Schachtel
119764	Bastschnur	k.D.		Knoten	1	10,5cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
119903/1	Grasstrang	zwei Grasstrangfragmente mit S-Drehung, eines mit Knoten		Knoten	2	5cm	0,8cm	0,8cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, zerdrückt, leicht aufgedreht	zwischen zwei Netzen fixiert, Schachtel
119903/2	Grasstrang	zwei Grasstrangfragmente mit S-Drehung, eines mit Knoten			2	11cm	0,8cm	0,8cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, zerdrückt, leicht aufgedreht	zwischen zwei Netzen fixiert, Schachtel

Inv.nr.	Objektansprache	Objektbeschreibung neu	Anfang	Knoten/ Sonstige s	Anzahl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Ma te ri al	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
119904	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung und Knoten, Beifund: Leuchtpäne		Knoten	1	13cm	1,3cm	1,3cm	S	/	1	Gr	III	deformiert, brüchig	zwischen zwei Netzen eingenäht, Leuchtpäne im Netz mit eingenäht => kann zu weiteren Schäden führen, Schachtel
119905	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung, mit Knoten		Knoten	1	8cm	0,6cm	0,6cm	S	/	1	Gr	I	deformiert	zwischen zwei Netzen gesichert, mittels Sprengdraht zusammenge näht, Schachtel
119906 a/1	Grasstrang	Grasstrang mit einer leichten S-Drehung			3	5cm	0,6cm	0,6cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, flachgepresst, brüchig	zwischen zwei Netzen eingenäht, Schachtel
119906 a/2	Grasstrang	Grasstrang mit einer leichten S-Drehung			3	4cm	0,6cm	0,6cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, flachgepresst, brüchig	zwischen zwei Netzen eingenäht, Schachtel
119906 b	Grasbündel	Grasbündel ohne erkennbare Drehung			3	4cm	0,6cm	0,6cm	k.A.	k.A.	0	Gr	II	deformiert, flachgepresst, brüchig	zwischen zwei Netzen eingenäht, Schachtel
119981	Baststrang	Baststrang mit S-Drehung und Knoten		Knoten	1	10cm	0,2cm	0,2cm	S	/	1	Bast	II	deformiert, leicht aufgedreht	Schachtel
119984	Grasbündel	Grasbündel mit Knoten		Knoten	1	4cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	II	deformiert	zwischen zwei Netzen gesichert , Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
119985	Grasbündel	Grasbündel ohne erkennbare Drehung		Knoten	1	10cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	II	deformiert,	zwischen zwei Netzen eingenäht, Schachtel
120180	Bastschnur	k.D.			1	8cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D:	k.D.
120430	Grasbündel	Grasbündel mit Knoten		Knoten	1	6cm	0,3cm	0,3cm	k.A.	k.A.	0	Gr	II	deformiert, sehr flach gedrückt,	Schachtel
120553	Schnur- fragment	k.D.			pl	9cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
120696	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang, zwei Stränge mit S- Drehung, die in Z- Richtung geschlagen wurden	x		1	8cm	0,8cm	1,6cm	S	Z	2	Gr	II	stark deformiert,	Schachtel
120737	Grasbündel	Grasbündel mit Knoten		Knoten	1	3cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	III	deformiert, zerfasert, lose Fragmente	Schachtel
120786	Bastschnur	k.D.		Knoten	1	30cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
120810	Bastschnur	k.D.			1	10cm	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
121093	Bastschnur	k.D.			1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
121114	Rinde/Bast	k.D.		Knoten	1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
121171	Rinde / Bast	k.D.			1	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	k.D.	Bast	k.D.	k.D.	k.D.
121172	Bastschnur	Bastschnur aus zwei Strängen mit zwei Knoten		Knoten	1	17cm	0,2cm	0,3cm	S	Z	2	Bast	III	deformiert, stark aufgedreht aufgerieben	Schachtel
121223	Grasschnur	Grasschnur mit 2 Strängen die S- Richtung verdreht sind und in Z- geschlagen sind	x		1	16cm	0,4cm	0,9cm	S	Z	2	Gr	II	deformiert, aufgedreht	Schachtel

Inv.nr.	Objektansprache	Objektbeschreibung neu	Anfang	Knoten/Sonstiges	Anzahl der Fragmente	Maße: Länge	Ø Stränge	Ø Schnur	Drehung des Strangs	Drehung der Schnur	Anzahl der Stränge	Material	Zustandskategorie	Schäden	Sicherung
121707	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang, die zwei Strängen sind in S-Richtung gedreht und in Z-Richtung geschlagen	x		1	25cm	1cm	k.A.	S	Z	2	Gr	III	deformiert, aufgedreht, brüchig, viele lose Fragmente	auf Tableau, Schachtel
121714	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang, die zwei Strängen sind in S-Richtung gedreht und in Z-Richtung geschlagen	x		1	20cm	0,4cm	0,7cm	S	Z	2	Gr	III	deformiert, aufgedreht, brüchig, ein paar lose Fragmente	auf Tableau, Schachtel
125073	Grasbündel mit Drehung	Grasbündel			1	16cm	0,3cm	0,3cm	k.A.	k.A.	0	Gr	III	deformiert, aufgedreht, brüchig, viele lose Fragmente	Schachtel
125115	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung			1	26cm	1,5cm	1,5cm	S	/	1	Gr	III	deformiert, aufgedreht, viele lose Fragmente	auf Tableau, Schachtel
125152	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang, zwei Stränge in S-Richtung gedreht und in Z-Richtung geschlagen	x		1	11cm	0,4cm	0,9cm	S	Z	2	Gr	II	deformiert, zum Teil aufgedreht	Schachtel
125347	Grasstrang	Grasstrangfragmente teilweise noch mit Zusammenhang => leichte Drehung			plural	7-14cm	0,3	k.A.	S	/	1	Gr	III	deformiert, viele lose Fragmente	Schachtel
125432	Grasbündel	Grasbündel, Drehung kaum mehr erkennbar			1	29cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	I	deformiert	Schachtel
125457	Grasstrang	Grasschlaufe kaum verdreht, außer beim Knoten, mit Knoten		Knoten	1	innerer Durchmesser 15cm	0,3cm	0,3cm	S	/	1	Gr	I	deformiert, alte Brüche	auf Tableau, Schachtel

Inv.nr.	Objektansprache	Objektbeschreibung neu	Anfang	Knoten/ Sonstiges	Anzahl der Fragmente	Maße: Länge	Ø Stränge	Ø Schnur	Drehung des Strangs	Drehung der Schnur	Anzahl der Stränge	Material	Zustandskategorie	Schäden	Sicherung
125498	Grasbündel	Grasbündel mit Altweiberknoten => zwei Schnüre miteinander verbunden		Knoten	1	19cm	0,4cm	0,4cm	k.A.	k.A.	0	Gr	I	deformiert	auf Tableau, Schachtel
125569	Grasschnur	Grasschnur mit Anfang	x		1	15cm	1cm	2cm	S	Z? nicht mehr erhalten	2	Gr	I	deformiert, viele lose Fragmente	auf Tableau, Schachtel
125646	Bastschnur	Bastschnurschleife aus drei Strängen, mit Knoten		Knoten	1	16cm	0,2cm	0,5cm	S	Z	3	Bast	II	deformiert, leicht aufgedreht, geringe Auflagen, aufgerieben absteigende Fasern	auf Tableau, Schachtel
125653	Bastschnur	Bastschnur aus drei Strängen mit S-Drehung in Z-Richtung geschlagen			1	20cm	0,15-0,2cm	0,5cm aber im aufgedrehten Zustand	S	Z	3	Bast	II	deformiert, leicht aufgedreht, geringe Auflagen, aufgerieben absteigende Fasern	Schachtel
125670	Grasstrang	Grasstrang mit S-Drehung			1	36cm	1,5cm	1,5cm	S	/	1	Gr	III	Auflagen, deformiert, aufgedreht, viele lose Fragmente	mit Sprengdraht gesichert und in Tüll mit Zahnstocher fixiert, Schachtel
125703	Grasstrang	Grasstrang mit Altweiberknoten => zwei Stränge miteinander verbunden		Knoten	1	21cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	III	deformiert, brüchig, viele lose Fragmente	auf Tableau, Schachtel

Inv.nr.	Objektan- sprache	Objektbeschreibung neu	An- fang	Knoten/ Sonstige s	Anza hl der Frag ment e	Maße: Länge	ø Sträng e	ø Schnu rr	Dreh ung des Stra ngs	Dreh ung der Schn ur	Anzahl der Sträng e	Mate rial	Zust ands kate gorie	Schäden	Sicherung
125734	Grasstrang	Grasstrang, möglicherweise war einmal ein Knoten dar			1	9cm	1cm	1cm	S	/	1	Gr	IV	deformiert, sehr fragil, brüchig, viele lose Fragmente	Schachtel
125742	Grasstrang	Grasstrang mit Knoten		Knoten	1	8cm	0,3cm	0,3cm	S	/	1	Gr	I	deformiert	Schachtel
125756	Grasstrang	Grasstrang nur mehr im losen Zusammenhang, in der Mitte gebogen, möglicherweise der Anfang und in Z- geschlagen			1	14cm	0,6cm	0,6cm	S	/	1	Gr	II	deformiert, stark aufgedreht, paar lose Fragmente	Schachtel
125848	Grasbündel	Grasbündel mit Knoten		Knoten	1	16cm	1cm	1cm	k.A.	k.A.	0	Gr	I	im Knoten Auflagen, deformiert	Schachtel
125861	Grasbündel	Grasbündel			1	31cm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	Gr	II	deformiert, lose Fragmente	Schachtel