
Vom Wasser bewahrt – zur Erhaltung organischer Materialien in der Feuchtbodenarchäologie • Preserved by Water – the Conservation of Organic Materials in Wetland Archaeology

Ingrid Stelzner

Neben schriftlichen und bildlichen Quellen geben insbesondere die im Boden erhaltenen materiellen Hinterlassenschaften die wichtigsten Hinweise auf die Lebensweise der Menschen in vergangenen Zeiten. Insbesondere in Zeiten ohne schriftliche Quellen sind es die archäologischen Funde und Befunde sowie deren sorgsames Studium, das neues Wissen generiert: über die Entwicklung der Menschen, deren Sozialstrukturen oder technologische Errungenschaften.

Unter normalen Umständen überdauern lediglich anorganische Materialien wie Stein oder Metall im Boden und bilden den Großteil der wissenschaftlichen Belege für die archäologische Forschung. Da sich organische Materialien so selten erhalten, ist die Auffindung dieser Objekte eine Besonderheit (Banck-Burgess 2010). Aber woran liegt es, dass sich diese archäologischen Quellen nicht zersetzt haben?

Der Gang alles Irdischen

Alle Grundstoffe, die Lebewesen für ihr Wachstum benötigen, kehren auf verschiedene Weise nach mehr oder we-

In addition to written and pictorial sources, especially remains that are preserved in the ground provide important information about the way of life of people in the past. Archaeological evidence, especially in epochs without written records, allows archaeologists to undertake detailed analyses that can provide new and exciting information about the development of early cultures, their social structures and their technological development. Under normal circumstances, only inorganic materials such as stone or metal survive in the ground and usually form the basis of archaeological research. Since organic materials are so rarely preserved, the discovery of such objects is a unique opportunity (Banck-Burgess 2010). But why is it that these archaeological remains have not decomposed?

The course of earthly material

All raw materials that organisms require for growth return to the soil, water or atmosphere in some form and at some point. The decomposition of organic materials normally happens very quickly. Only a few years are necessary for

niger langer Zeit wieder in die Atmosphäre, ins Wasser oder in den Boden zurück. Die Zersetzung organischer Materialien geschieht normalerweise sehr schnell: Innerhalb weniger Jahre werden diese Materialien mechanisch oder chemisch, vor allem aber enzymatisch zersetzt. Mikroorganismen, besonders Pilze und Bakterien sowie gewisse Tiere wie Würmer, leben in der obersten Bodenschicht. Diese zum Teil hoch spezialisierten Destruenten zersetzen das tote organische Material tierischen und pflanzlichen Ursprungs und gewinnen daraus die lebensnotwendige Energie. Die Endprodukte der Zersetzung, etwa Kohlendioxid oder verschiedene Salze, werden wieder freigesetzt und können von lebenden Organismen erneut genutzt werden. Ohne die Aktivität von Mikroorganismen ist der natürliche Stoffwechselkreislauf undenkbar. Schwierig abzubauen Substanzen werden in der Humusschicht akkumuliert oder gelangen in die Ozeane. Unter normalen Umständen verschwinden also die organischen Hinterlassenschaften früherer Menschen innerhalb weniger Jahre – und damit die archäologischen Quellen – im natürlichen Stoffwechselkreislauf (Schmeil/Seybold 1941; Madsen 1994).

Schaufenster in die Vergangenheit

Unter extremen Bedingungen verlaufen chemische Reaktionen oder mikrobiologische Aktivitäten stark verlangsamt oder werden nahezu ganz unterbunden, wie spektakuläre Befunde aus dem Permafrost oder der Wüste zeigen. Auch in den gemäßigten Breitengraden erhalten sich organische Materialien: Geschützt in der für Mikroorganismen toxischen Korrosionsschicht von Metallen wie Silber- und Kupferlegierungen können sich winzige organische Spuren bewahren, ebenso durch Verkohlung (Abb. 1). Indirekt geben Abdrücke in Eisenkorro-

materials to fully decompose either by physical or chemical reaction, but above all from the biological reaction. Microorganisms, especially fungi and bacteria, as well as certain animals, such as worms, live in the uppermost layer of the soil. These highly specialised decomposers break down the decaying organic material remains from both animals and vegetation to gain the energy that they use to survive. The remaining compounds such as carbon dioxide or various salts are released again and can be reused by living organisms. Without this cycle of activity from microorganisms, the natural metabolic cycle is inconceivable, so substances that are difficult to decompose accumulate in the humus layer or end up in the ocean. Under normal circumstances, the organic deposits of previous centuries, that is to say, the archaeological evidence will disappear within a few years of this natural metabolic cycle (Schmeil/Seybold 1941; Madsen 1994).

A window to the past

Under extreme conditions, chemical reactions or microbiological activity progress at a much slower rate or are even almost suspended, as evident from some of the spectacular findings in glaciers or from desert regions. Even in the temperate zones, organic materials can be preserved: for example, in the corrosion layers of metals such as silver and copper alloys, which is toxic to microorganisms, or by fire resulting in a chemically very stable carbonised material (fig. 1). Indirectly, textile patterns can appear as imprints because of corrosion on iron, or imprints in ceramic objects or in lime. These can provide clues to the material objects of the past (Fischer 1994; Reifarth 2013).

Furthermore, regions that are permanently moist create excellent conditions for the preservation of organic materials:

sion, Keramikobjekten oder Kalk. Hinweisen beispielsweise auf Textilien (Fischer 1994; Reifarth 2013).

Darüber hinaus schaffen dauerfeuchte Milieus exzellente Erhaltungsbedingungen für organische Materialien: In Böden, aus denen das Regenwasser oder Grundwasser nicht abfließt, reduziert sich der Sauerstoffgehalt der Umgebung. Die für viele Mikroorganismen notwendige Sauerstoffatmung ist hier nicht mehr vollständig möglich. Lediglich wenige, hoch spezialisierte Mikroorganismen können unter diesen lebensfeindlichen Bedingungen bestehen. Die Zersetzung findet hier nur noch sehr langsam statt, so dass das organische Material in der Humusschicht akkumuliert wird (Madsen 1994). Im baden-württembergischen Alpenvorland etwa, bergen Seen und Feuchtgebiete archäologische Fundstätten von einzigartiger Bedeutung. Im neutralen bis leicht alkalischen, kalkreichen Milieu haben sich über Jahrtausende pflanzliche Materialien wie Holz hervorragend erhalten. Allerdings fehlt dagegen der archäologische Nachweis von Objekten aus tierischen Materialien wie Fischhaut, Leder oder Haaren, die sich unter diesen Umgebungsbedingungen zersetzen.

Empfindliche Strukturen

Im Rahmen von Ausgrabungen werden Funde wie beispielsweise Textilien in ihrer Fundlage dokumentiert und vorsichtig zusammen mit dem umgebenden Erdreich geborgen (s. Probst-Böhm, Grabungstechnik). Die archäologischen Textilien sind stark beeinträchtigt und sehr fragil. Frische pflanzliche Materialien bestehen vor allem aus Zellulose – ein Mehrfachzucker und Hauptbestandteil der pflanzlichen Zellwände, das dem Holz seine hohe Zug- und Biegefestigkeit verleiht – und Lignin, auch „Holzstoff“ genannt. Bei Letzterem han-



If rain or groundwater remains logged in the soil the oxygen content is reduced. Oxygen respiration, as vital for many microorganisms, is not fully possible anymore. Only a few, highly specialised microorganisms can survive in these conditions. Under these conditions, decomposition takes place very slowly, so that the organic material is accumulated in the humus layer (Madsen 1994). In the Alpine foreland of Baden-Württemberg, for example, lakes and wetlands contain archaeological sites of unique importance. In a neutral to slightly alkaline, lime-rich environment, plant materials such as wood have been excellently preserved for thousands of years. However, there is no archaeological evidence for objects made from animal materials such as the skin of fish, leather or animal hair which are all subject to the disintegrating process as mentioned above.

Delicate structures

During the course of an excavation, archaeological finds such as textiles are documented within their context and carefully recovered together with the surrounding soil (see Probst-Böhm, Excavation Technique). The textiles are usually heavily degraded and extremely fragile. Fresh plant materials consist mainly of cellulose – a multi-sugar substance and the main component of plant cell walls, which gives the wood

1 Das Spiralwulstgeflecht wurde im Brandhorizont einer Siedlung aufgefunden. Die Struktur ist optimal erhalten. • The coil mesh was found in a burnt layer of a settlement. The structure has been optimally preserved.



2 Auf dem Grund des Bodensees haben sich, geschützt im Sediment, über mehrere Tausend Jahre Textilien erhalten. • On the bottom of Lake Constance, protected by the sediment, textiles have been preserved for several thousand years.

delt es sich um ein hochvernetztes Biopolymer, das verantwortlich für die Druckfestigkeit von Holz und neben Zellulose der Hauptbestandteil der verholzten pflanzlichen Zellwände ist. Zellulose bietet einen guten Nährstoff für Mikroorganismen und wird über die Jahrtausende im Boden mehr oder weniger zersetzt. Übrig bleibt ein poröses Gerüst aus dem schwer abbaubaren Lignin. Die Faserreste werden durch das umgebende Wasser und das Sediment, in das sie eingebettet sind, stabilisiert (Abb. 2). Nach ihrer Bergung werden die Funde einer völlig anderen Umgebung ausgesetzt. Innerhalb weniger Minuten nach der Ausgrabung können sie austrocknen. Sie schrumpfen, reißen und verwerfen sich unwiederbringlich (Abb. 3). Wenn die ohnehin wenigen Funde bis zur Unkenntlichkeit vertrocknet sind, können sie für die Forschung kaum mehr erschlossen werden.

Wie kann dies verhindert und wie können die archäologischen Quellen für die Nachwelt bewahrt werden? Hier stehen die archäologischen Wissenschaften vor großen Herausforderungen: Teilweise ist unbekannt, um wel-

its high tension and bending strength – and lignin, the so-called wood pulp. The latter is a highly cross-linked biopolymer and responsible for the compressive strength of timber. Besides cellulose, it is the main component of the woody plant cell walls. Cellulose provides a good nutrient for microorganisms and is more or less decomposed in the soil over the centuries. What remains is a porous scaffold of the lignin structure which is not easily broken down under anaerobic conditions. These residues of fibres remain stabilised and preserved by the surrounding sediment and waterlogged conditions (fig. 2). After their recovery, the finds are exposed to a completely different environment. Within minutes of their removal these finds can dry out beyond recognition. They shrivel, tear and shed as they become irreversibly damaged (fig. 3). If the finds which are low in number anyway are allowed to dry beyond recognition they can hardly be restored or made accessible for analysis.

How can this be prevented and how can archaeological remains best be preserved for posterity? This is a challenge with which conservators are confronted

che und wie viele Materialien es sich überhaupt handelt und wie stark sie bereits abgebaut sind.

Konservierung archäologischer Textilien

Bereits bei der Ausgrabung müssen restauratorische beziehungsweise konservatorische Maßnahmen getroffen werden, um die Funde sicher in die Restaurierungslabore zu überführen, wo sie zunächst gekühlt und feucht aufbewahrt werden. Durch empirische Versuche haben Restauratoren eine Lösung für eine möglichst dauerhafte Erhaltung der organischen Objekte gefunden: Dafür werden archäologische Funde mit einer wässrigen Lösung aus Polyethylenglykol, einem wasserlöslichen Wachs, imprägniert. Dieses Konservierungsmittel festigt das stark abgebaute Material. Anschließend erfolgt die sehr schonende Gefriertrocknung im Unterdruck, bei der das Wasser direkt aus den zuvor eingefrorenen Objekten gezogen wird (Stelzner 2017). Obwohl das Verfahren seit vielen Jahren angewendet wird, ist bisher unbekannt, welche Interaktionen tatsächlich zwischen dem sich zersetzenden Material und den Konservierungsmitteln stattfinden. Zudem gibt es nur wenige wissenschaftliche Studien über die Langzeitstabilität/-wirkung dieser Maßnah-

constantly. In some cases it is impossible to determine the type of material, how much of it actually remains or even how far it has disintegrated.

The conservation of textiles in archaeology

During the excavation, restoration and conservation, measures must be implemented to ensure that the remains are safely moved to the restoration laboratories, where they are first kept moist and at low temperatures. Through experiential trials conservators have found a solution for the permanent preservation of organic objects: For this purpose, archaeological remains are impregnated in a watery solution of polyethylene glycol, a water-soluble, non-toxic and inert polymer. This conserving agent strengthens the strongly decomposed material. This step is followed by very gently vacuum freeze-drying the fragments, during which water is extracted directly from the previously frozen remains (Stelzner 2017). Although the process has been used for many years, it is still uncertain what interactions are actually happening between the degraded material and the conserving agents. In addition, there are very few scientific studies on the long-term stability/effect of the procedure. How well are the fibre remains stabilised? How stable are the

3 Lufttrocknung eines steinzeitlichen Textilfragmentes. Der zeitliche Abstand zwischen den einzelnen Bildern beträgt ca. drei Stunden, zwischen dem vorletzten und dem letzten Bild liegen 26 Stunden.

- Air drying of a Stone Age textile fragment. The time interval between the pictures is about three hours and there are 26 hours between the penultimate and the last picture.



men. Wie gut sind die Fasern gefestigt? Wie stabil sind die Funde heute? Wie baut sich das eingebrachte Konservierungsmittel ab?

Mit der Ausgrabung übernehmen wir die Verantwortung für die Erhaltung und damit auch für die Möglichkeit zur Erforschung der Relikte unserer Vorfahren. Die Funde erfordern ein schnelles restauratorisches beziehungsweise konservatorisches Eingreifen. Aber ist eine umfassende Analyse der Funde nach der Konservierung überhaupt noch möglich? Oder werden Informationen durch die eingebrachten Konservierungsmittel unwiederbringlich verändert oder gehen verloren? Um die einzigartigen Funde optimal auswerten und bewahren zu können, bedarf es interdisziplinärer Forschung, um selbst kleinste Hinweise zusammenzuführen und neues Licht in das Dunkel der Vergangenheit zu bringen.

remains today? How does the introduced preservative degrade?

With each excavation we take on the responsibility for the preservation of the finds and thereby for the research of remains that came down to us from our ancestors. The objects require a fast response to their restoration and conservation needs. But is a comprehensive analysis of the finds still possible after conservation? Or is information irretrievably changed or lost by the conservation materials? In order to be able to evaluate and preserve the unique finds, interdisciplinary research is required to bring together even the faintest clues that will allow new insights into the past.