Feuchtbodenfunde – selten, fragil, schwer zu entschlüsseln

Objekte aus Materialien pflanzlichen oder tierischen Ursprungs begleiten den Menschen seit jeher. Diese empfindlichen Quellen erhalten sich nur unter besonderen Bedingungen. Zudem unterliegen sie bei der Lagerung im Boden über lange Zeiträume starken Veränderungen. Die Untersuchung und Bewahrung dieser seltenen Fundgattung bringt daher besondere Herausforderungen mit sich.

Von Ingrid Stelzner, Sebastian Million und Jörg Stelzner

Organische Fundkomplexe stellen eine Seltenheit dar, denn Objekte aus pflanzlichen oder tierischen Fasern zersetzen sich normalerweise recht schnell. Sie werden nicht nur chemisch und physikalisch abgebaut, sondern vor allem biologisch: Organische Reste dienen als Nährstoffe für Insekten, Weichtiere oder Mikroorganismen. Nur unter bestimmten, für eine große Anzahl dieser (Mikro-) Organismen lebensfeindlichen Bedingungen können sich Objekte, die aus pflanzlichen oder tierischen Rohstoffen gefertigt wurden, erhalten, etwa in Wüsten, Permafrost oder Salzbergwerken.

Als eine wertvolle Quelle für Objekte, die in prähistorischer Zeit aus pflanzlichen Rohstoffen gefertigt wurden, haben sich wassergesättigte Böden mit einem reduzierten Sauerstoffgehalt erwiesen, wie sie in den Feuchtgebieten um die Alpen vorliegen. Hier befinden sich Fundlandschaften mit Siedlungen der Stein- und Bronzezeit, in denen sich etwa Holzkonstruktionen der Häuser, wie Böden und Wände, erhalten haben. Darüber hinaus wurden hier Objekte aus sonst vergänglichen Materialien bewahrt, wie beispielsweise Textilien, die vor Tausenden von Jahren gefertigt wurden.

Welterbe Pfahlbauten

Eine Auswahl an digitalen Einblicken in die Pfahlbauten gibt es unter: www.palafittes.org

Als Rohstoffe für Textilien wie Seile, Netze, Siebe oder Körbe dienten damals Gehölzbast und Lein. Diese vorgeschichtlichen Objekte, die aus damals verfügbaren, aufbereiteten pflanzlichen Materialien gefertigt wurden und sich hier erhalten haben, sind einzigartige Quellen für die archäologischen Wissenschaften, anhand derer die prähistorische Umwelt mit archäologischen und naturwissenschaftlichen Methoden erforscht werden kann. Die herausragende wissenschaftliche Bedeutung dieser Fundplätze wurde 2011 durch die Ernennung der prähistorischen Pfahlbauten um die Alpen zum UNESCO-Weltkulturerbe hervorgehoben.

Fragil und steinalt

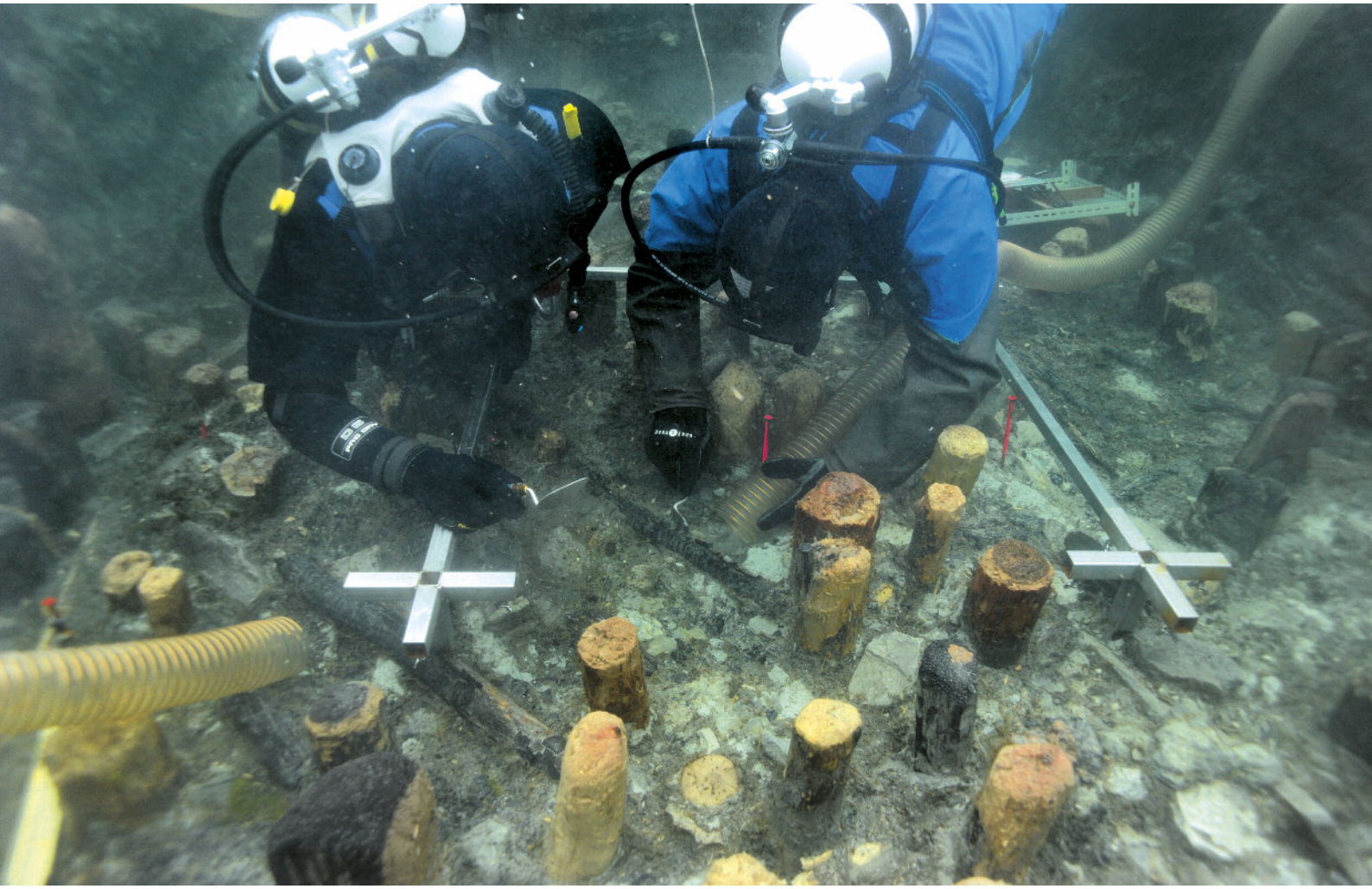
Die aus pflanzlichen Materialien gewonnenen Textilien, welche sich in diesen Fundplätzen erhalten haben, erfahren trotz der besonderen Bedingungen erhebliche Veränderungen während ihrer jahrtausendelangen Lagerung im Boden: Wenn auch sehr, sehr langsam, bauen Mikroorganismen Teile der Zellwände ab, vor allem die leicht verdauliche Cellulose. Infolgedessen sind diese erhaltenen textilen Objekte so fragil, dass sie ohne das stützende umgebende nasse Sediment und das in die Struktur eingelagerte Wasser sofort vergehen würden. Andererseits haben Mineralien aus der Bodenumgebung die Struktur durchsetzt, womit sich vormals charakteristische Materialeigenschaften im Laufe der Zeit veränderten.

Der Moment der Bergung ist für die weitere Erhaltung dieser vergänglichen Materialien von entscheidender Bedeutung. Hier treten die Funde nach einer Lagerung in ihrer geschützten Umgebung zutage. Durch den Zutritt von Sauerstoff ändern sich die vorher noch lebensfeindlichen Bedingungen für Mikroorganismen, die nun in den feuchten organischen Objekten eine Nahrungsquelle finden und diese schnell zersetzen können. Veränderungen in der Feuchtigkeit haben zudem Folgen: Zu viel Feuchtigkeit lässt das Material unkontrolliert quellen und in viele Einzelteile aufspalten, die auseinandergetrieben werden. Bei zu wenig Feuchtigkeit trocknen die Funde aus und zerfallen unwiederbringlich.

Auf die starke Gefährdung von archäologischen organischen Materialien nach der Bergung und die Notwendigkeit einer zügigen Erstversorgung wurde bereits im 19. Jh. im ersten Lehrbuch der Feldkonservierung hingewiesen. Viele Funde gingen durch die damals fehlenden Konservierungsverfahren verloren und auch heute sind konservatorische Maßnahmen für die dauerhafte Erhaltung der Originale direkt nach der Bergung entscheidend. Dies ist auch insofern von großer Bedeutung, als nach der Ausgrabung die Fundstelle beispielsweise durch nachfolgende Baumaßnahmen verschwindet. Die dort geborgenen Funde sowie die Dokumentation, die während der Grabung vorgenommen wurde, sind daher die einzigen Quellen für künftige Forschungen.

Das Ziel einer nachhaltigen Konservierung besteht darin, die Objekte, wenn nötig, zu stabilisieren und schonend zu trocknen. Die Funde sollen möglichst wenige Veränderungen erfahren, aber dennoch konsolidiert werden, sodass sie dauerhaft erhalten bleiben. Vor der Bergung stützen das eingelagerte Wasser sowie das umgebende Sediment die fragilen Strukturen. Durch geeignete Konservierungsmittel soll diese Aufgabe von alterungsstabilen Materialien dauerhaft übernommen werden. Zum Einsatz kommen wässrige Lösungen aus Polyethylenglykol, einem chemischen Stoff, der aus lange Ketten bildenden Molekülen besteht (Polymer), und je nach Kettenlänge des Moleküls unterschiedliche Eigenschaften aufweist.

Da die Lufttrocknung empfindliche Objekte aus organischem Material unwiederbringlich schädigen würde, wird die weit schonendere Gefriertrocknung eingesetzt, um die ursprüngliche Struktur zu erhalten. Schon die Inka im Hochland Südamerikas nutzten dieses Verfahren, um Kartoffeln das Wasser zu entziehen und so die Feldfrucht haltbar zu machen und



Ausgrabung einer prähistorischen Siedlung in der Bucht von Sipplingen. Sobald die Funde an die Luft gebracht werden, beginnen sie zu zerfallen.

dennoch deren Aroma zu erhalten. Bei dem Prozess der Gefriertrocknung wird eine physikalische Eigenschaft von Wasser genutzt: Während der sogenannten Sublimation geht das gefrorene Wasser direkt in den gasförmigen Aggregatzustand über. Die flüssige Phase wird hierdurch umgangen. Dadurch sind die Zellstrukturen beim Trocknen nicht mehr den Kapillarkräften des flüssigen Wassers ausgesetzt.

Nach der Konservierung müssen geeignete Umgebungsbedingungen dafür sorgen, dass die gefährdeten Funde für künftige Generationen dauerhaft erhalten bleiben. Insbesondere sind Erschütterungen zu vermeiden, da die sehr empfindlichen Objekte durch Faserbruch zerbröseln würden. Die Entscheidung, die seltenen Funde zu bewegen und beispielsweise in Ausstellungen zu zeigen, muss daher gut abgewogen werden. Eine Möglichkeit ist es, die Funde zu digitalisieren, wodurch sie virtuell bewegt werden können und uneingeschränkt für weitere Studien zur Verfügung stehen, ohne das empfindliche Original zu beanspruchen.

Einzigartige Einblicke mit der Mikro-Computertomografie

Besondere virtuelle Einblicke liefert die sogenannte Mikro-Computertomografie, anhand derer nicht nur die Oberfläche, sondern auch die inneren Strukturen eines Objekts dargestellt werden können. Diese Technik kann sowohl für die Untersuchung und Visualisierung der Herstellungstechnik dieser komplexen Funde als auch zur Materialbestimmung an kleinen Proben eingesetzt werden. Beispielhaft wurden hier drei Fragmente eines Schuhs aus Lindenbast analysiert, die 2008 in einer Brandschicht bei Sipplingen im Bodensee gefunden wurden und um etwa 2900 bis 2860 v. Chr. datieren. Die computertomografische Aufnahme gibt die Form des Schuhs sehr detailliert wieder. Fehlstellen im vorderen, mittleren und vor allem im oberen Bereich des Schuhs sind erkennbar. Der Blick in das Innere des Objekts zeigt deutlich, dass die breiten Baststreifen nicht verdreht wurden, sondern über die gesamte Länge bzw. Breite des Schuhs verlaufen. Eine senkrecht gefaltete Schnur verläuft diagonal über den Fersen und diente als Befestigung, was auch durch vergleichbares Fundmaterial belegt wird, beispielsweise die beeindruckenden Beispiele aus dem schweizerischen Maur.

Solch seltene textile Quellen wie der genannte Schuh, die selbst bei Ausgrabungen im Feuchtboden nur fragmentarisch vorliegen, geben einzigartige Einblicke in die Entwicklung menschlichen Wirkens. Anhand dieser Funde können weitere herstellungstechnische Fragen etwa zur Auswahl des Rohstoffs und dessen Aufarbeitung erforscht werden. In diesem Zusammenhang ist die Identifizierung des verwendeten Materials von großer Bedeutung. Die zuvor beschriebenen Materialveränderungen durch die Einlagerung

Steinzeitlicher Schuh aus Sipplingen nach der Konservierung: Er besteht aus Lindenbast.

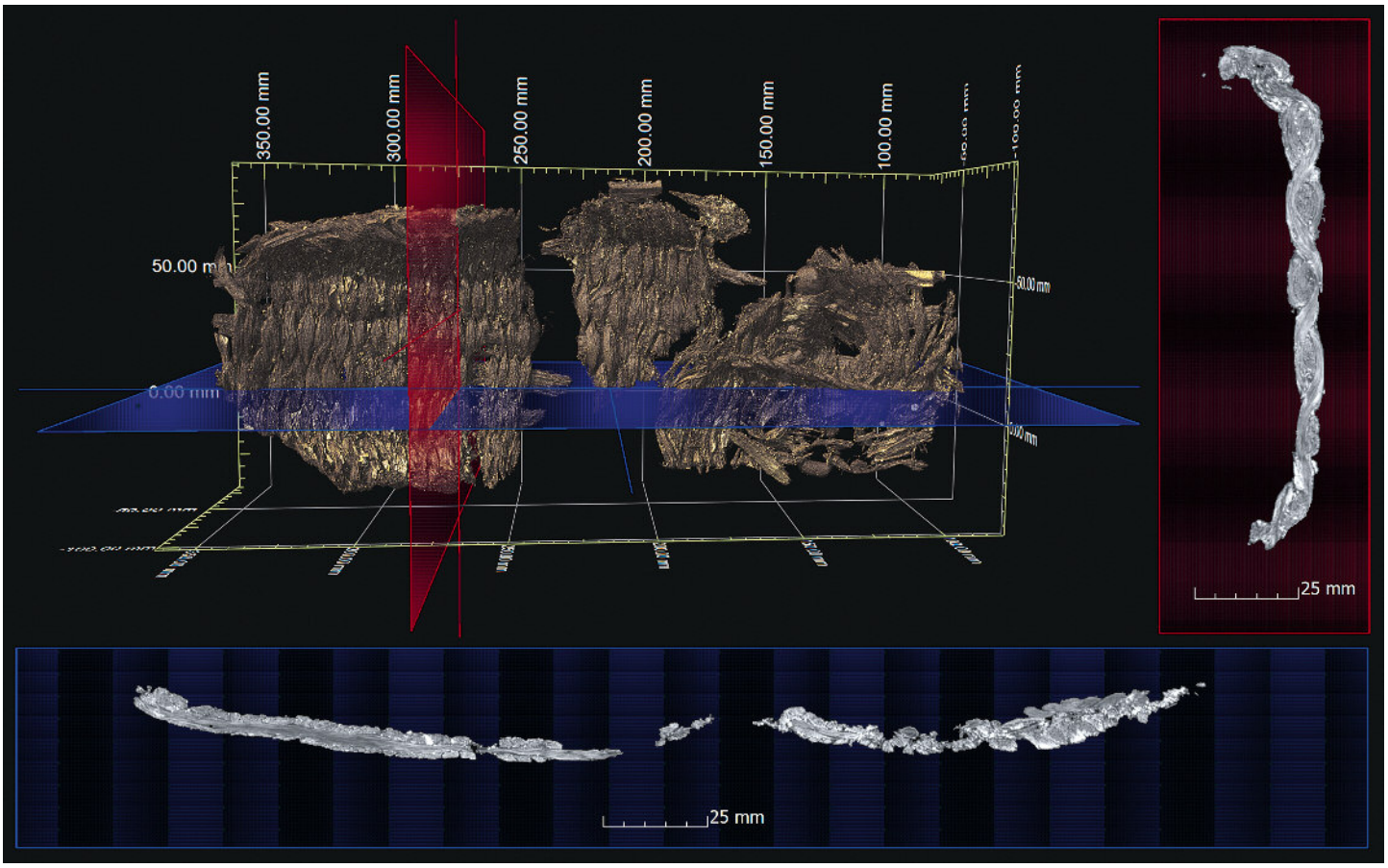
von Substanzen aus der Bodenumgebung oder der mikrobielle Abbau erschweren eine Materialbestimmung und können diese sehr aufwendig gestalten. Die botanischen Untersuchungen finden im Idealfall unmittelbar nach der Ausgrabung statt, da charakteristische Merkmale durch die eingesetzten Konservierungsmittel verdeckt werden und so die Analyse einschränken. Letzteres ist beispielsweise bei der Aufarbeitung von bekannten Fundkomplexen aus früheren Grabungskampagnen der Fall, da diese einerseits schon vor vielen Jahren geborgen und andererseits teilweise bereits konserviert wurden, ohne dass zuvor eine naturwissenschaftliche Untersuchung stattgefunden hätte.

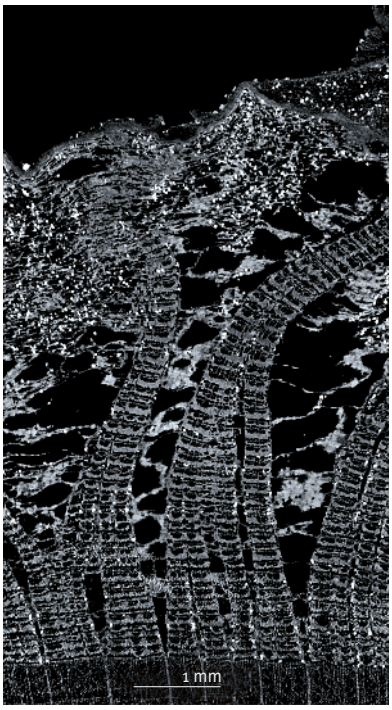
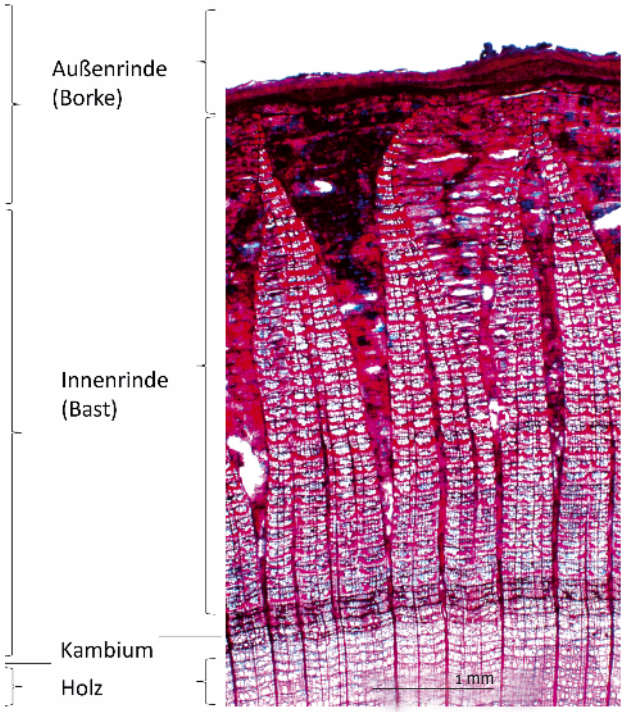
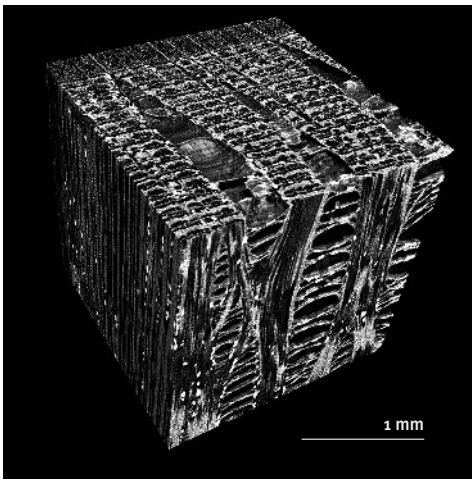
Zur Bestimmung des Materials bedient sich die naturwissenschaftlich ausgerichtete Archäologie verschiedener mikroskopischer Verfahren. Wie bereits erwähnt, erwies sich in neueren Forschungen zudem die zerstörungsfreie Mikro-Computertomografie als vielversprechende Untersuchungsmethode, um Funde zu dokumentieren oder um Materialbestimmungen vorzunehmen. Hier entfällt eine aufwendige und teilweise schwierige Präparation einer Probe des Objekts, die darüber hinaus bei der klassischen mikroskopischen Untersuchung oftmals zerstört wird. Zudem lassen sich auch bereits konservierte Funde analysieren. Mithilfe dieser Analyseverfahren können spezifische Merkmale dreidimensional dokumentiert werden. Anhand von Referenzdaten aus der Literatur, aber auch aus einschlägigen Sammlungen können die archäologischen Materialproben einer Pflanzengattung oder einer Art zugeordnet werden. Die Analyseergebnisse können direkt im digitalen Datensatz markiert und dokumentiert werden – eine wichtige Voraussetzung für die wissenschaftliche Forschung.

Die bisherigen Analysen von jungsteinzeitlichen Textilien des Voralpenlandes zeigen, dass neben der Verwendung von Süßgräsern vor allem Rinde und Gehölzbast zur Herstellung von prähistorischen Objekten genutzt wurden. Aufgrund ihrer anatomischen Merkmale ließen sich bisher die Rinden von Linde, Weide, Eiche und Ulme mikroskopisch oder anhand der Mikro-Computertomografie bestimmen.

Lindenbast ist bei vielen Textilien der bis dato am häufigsten nachgewiesene Rohstoff und wurde auch für die Herstellung des oben erwähnten Schuhs aus Sipplingen verwendet. Die Rinde der Linde besteht zu einem großen Teil aus stabilen, langen Fasern und fand deshalb wohl auch Verwendung in Rindengefäßen, als Binder von Spiralwulstgeflechten, einer Art Korb, oder den Seilen im prähistorischen Salzbergbau des österreichischen Hallstatt.

Welche weiterführenden Schritte in der Verarbeitung der Rinde vorgenommen wurden, gilt es zu beantworten. Von Interesse sind hier Aufbereitungsprozesse, die gezielt an dem Rohmaterial für deren Weiterverarbeitung vorgenommen wurden. Nach Versuchen aus der experimentellen Archäologie ist es plausibel, für Seile und Schnüre die Rinde zunächst beispielsweise in Gewässern zu rotten, wie es ebenfalls für die Produktion von Lein üblich ist. Dabei werden frisch vom Baum geschälte Rindenstücke für eine gewisse Zeit in Wasser gelagert. Während der Zeit im Wasser zersetzen Mikroorganismen Teile der Rinde, sodass der strukturelle Zusammenhalt gelöst wird. Nun ist es möglich, einzelne Baststreifen von der äußeren Rinde abzulösen. Daraus können dann feine Schnüre oder grobe Seile hergestellt werden. Diese Rottungsprozesse am Fundmaterial nachzuweisen ist bis heute nicht zweifelsfrei möglich. Die Frage nach den Produktionsschritten ist, ebenso wie die Entwicklung geeigneter Verfahren der Konservierung, Gegenstand weiterer naturwissenschaftlicher Forschung an den seltenen steinzeitlichen Textilien. ■



Dreidimensionale Visualisierung der computertomografischen Aufnahmen des steinzeitlichen Schuhs aus Sipplingen mit Schnittbildern in Quer- und Längsrichtung.

Mikro-Computertomografie (links, rechts), Durchlichtmikroskopie (Mitte) von heutiger Lindenrinde: Die chemische Färbung ist ein Vorteil der mikroskopischen Untersuchung – zellulosehaltige Bestandteile sind blau und ligninreiche Bestandteile rot eingefärbt. Die Mikro-Computertomografie erlaubt dreidimensionale Ansichten (rechts), die den komplizierten Aufbau und die artspezifischen Merkmale der inneren Rinde in den drei Schnittrichtungen verdeutlichen.