

# Gräber im virtuellen Flug erfasst

## Kann die 3D-Computertomografie bei der Auswertung des frühmittelalterlichen Gräberfeldes von Lauchheim helfen?



*Das Gräberfeld von Lauchheim im Ostalbkreis zählt zu den größten und bedeutendsten Bestattungsplätzen des frühen Mittelalters in Süddeutschland. Aufgrund der enormen Fundmengen ist eine umfassende Auswertung des Gräberfeldes bislang nicht möglich gewesen. Viele der Grabbeigaben wurden als Gipsblöcke mit der umgebenden Erde geborgen. Besonders die konventionelle Aufarbeitung dieser so genannten Blockbergungen ist sehr zeitintensiv, weshalb sich eine von der DFG geförderte Pilotstudie am Landesamt für Denkmalpflege in Esslingen mit der 3D-Computertomografie von Blockbergungen beschäftigte. Durch einen Vergleich mit den herkömmlichen Methoden wie Röntgen und der manuellen Freilegung sollte die Eignung der 3D-CT zur Untersuchung und Dokumentation von Blockbergungen systematisch überprüft werden. Angestrebtes Ziel des Projektes war es, die herkömmliche Bearbeitung der Blockbergungen durch den Einsatz der 3D-Computertomografie wesentlich zu beschleunigen, um so eine zeitnahe Auswertung des Gräberfeldes von Lauchheim zu ermöglichen.*

Nicole Ebinger-Rist/Christina Peek/Jörg Stelzner

### Das Gräberfeld von Lauchheim

Das von der zweiten Hälfte des 5. bis zum ausgehenden 7. Jahrhundert belegte Gräberfeld von Lauchheim (Ostalbkreis) konnte von 1987 bis 1996 in zahlreichen Grabungskampagnen durch das Landesamt für Denkmalpflege unter der Leitung von Ingo Stork freigelegt und mit 1308 Bestattungen beinahe vollständig erfasst werden. Der lange Bestattungszeitraum und die große Anzahl an Gräbern, die zum Teil mit außergewöhnlich qualitativollen Grabbeigaben ausgestattet waren, sowie die zusätzlich dokumentierte, nahe gelegene Siedlung machen Lauchheim zu einem der bedeutendsten frühmittelalterlichen Fundorte Süddeutschlands. Diese Umstände bieten der Forschung die seltene Chance, weitreichende Erkenntnisse zur sozialen, ökonomischen und demografischen Entwicklung und des kulturgeschichtlichen Wandels eines frühmittelalterlichen Siedlungsraumes zu gewinnen. Insgesamt konnten an die 16000 Fundstücke geborgen werden. Hiervon wurden bisher 4500 Objekte restauriert, von denen einzelne Stücke der Öffentlichkeit in Ausstellungen und auch in Fachpublikationen bereits präsentiert werden konnten.

### Die Bergung in Gipsblöcken

Bei den Grabungen zeigten sich häufig sehr komplexe Befundzusammenhänge. Dies trifft insbesondere zu, wenn sich organische Materialien in der Umgebung der Funde erhalten haben. Zumeist sind diese sehr stark abgebaut, sodass sie sich oft nur noch in Form von Bodenverfärbungen abzeichnen. In vielen Fällen erhalten sich aber mehr oder weniger mineralisierte Reste der organischen Materialien in direktem Kontakt zu Metallobjekten. So haben Untersuchungen gezeigt, dass an ungefähr 60 Prozent der Metallfunde aus Lauchheim Auflagen von Textilien, Leder, Holz, Horn oder auch Federn und Pflanzenresten vorliegen. Viele der Beigaben wie Waffen, Gürtelgarnituren, Amulettgehänge, Schmuck oder Gegenstände des täglichen Lebens, an denen sich zum Beispiel Textilien der Kleidung oder Lederreste eines Gürtels erhalten haben, wurden daher in ihrer originalen Fundlage mit der umgebenden Erde in Gipsblöcken geborgen, um die Befundsituation in den Restaurierungswerkstätten genau untersuchen zu können. Insgesamt wurden aus Lauchheim über 400 Blockbergungen mit komplexen Befundsituationen ins Landesamt für Denkmalpflege

1 Das Frauengrab 447 aus dem 7. Jahrhundert. Das Gürtelgehänge (markierter Bereich) wurde mit der umgebenden Erde und den Knochen im Block geborgen.



gebracht, wo sie in einem Gefriermagazin bei -20 °C gelagert werden. Ein Beispiel hierfür ist das vierteilige Gürtelgehänge aus dem in das 7. Jahrhundert zu datierende Frauengrab 447 (Abb. 1).

### Die zweidimensionale Radiografie

Der erste standardisierte Schritt bei der Bestandsaufnahme von Blockbergungen und allen einzeln geborgenen Funden ist die Radiografie. Der Restaurierungswerkstatt im Landesamt für Denkmalpflege steht hierfür eine technische Röntgenan-

2 Zeichnerische Dokumentation der einzelnen Schichten des im Block geborgenen Gürtelgehänges aus Grab 447.



lage mit digitalen Speicherfolien zur Verfügung. Diese digitalen Röntgenaufnahmen lassen sich mit einer speziellen Software weiter bearbeiten. So können Konturen nachträglich geschärft oder Kontraste hervorgehoben werden. Die im Landesamt für Denkmalpflege erstellte Röntgendokumentation von Blockbergungen und Einzelobjekten wird auf einer zentralen Datenbank abgelegt. Durch die zweidimensionale Radiografie können erste Informationen über die im Block geborgenen Objekte gewonnen werden. Dies beschränkt sich jedoch auf Funde aus Metall; weniger dichte Materialien können zumeist nicht abgebildet werden. Zudem sind den zweidimensionalen Aufnahmen keine zuverlässigen Angaben zur exakten Lage der Objekte zu entnehmen.

### Die manuelle Freilegung von Blockbergungen

Für die Erfassung aller Funde aus den unterschiedlichen Materialien ist eine aufwendige manuelle Freilegung notwendig. Um den Befundzusammenhang in den Blockbergungen klären und auswerten zu können, ist es erforderlich, den Befund Schicht für Schicht unter dem Binokular abzutragen. Die schriftliche, zeichnerische und fotografische Dokumentation der einzelnen Schichten bedeutet bei der großen Anzahl der Blockbergungen einen erheblichen Zeit- und Personalaufwand (Abb. 2). So befinden sich bis heute noch über 270 Blockbergungen aus Lauchheim im Gefriermagazin des Landesamtes für Denkmalpflege in Esslingen.

Wie bei jeder archäologischen Ausgrabung wird auch bei der Freilegung einer Blockbergung der originale Befundzusammenhang sukzessiv zerstört. Eine nachträgliche Überprüfung und Rekonstruktion desselben kann daher nur noch mithilfe der zuvor angefertigten Dokumentation erfolgen. Die geborgenen Objekte befinden sich oft in einem schlechten Erhaltungszustand, weshalb die korrodierten und zum Teil zerbrochenen Objekte restauriert werden müssen, bevor eine gesicherte Ansprache und Datierung möglich ist. Die Freilegung, Untersuchung, Dokumentation und Restaurierung der im Block geborgenen Funde aus Metall, Glas, Keramik und anderen Materialien ist für die Erforschung, Auswertung und Publikation des Gräberfeldes unerlässlich. Mit den herkömmlichen Methoden würde dies in etwa noch drei bis vier Jahrzehnte in Anspruch nehmen.

### Das Pilotprojekt

Um die im Block geborgenen Objekte zu dokumentieren und damit die Gesamtauswertung des Gräberfeldes möglichst zeitnah zu gewährleisten,

wurde innerhalb eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Pilotprojektes die Anwendung der 3D-Computertomografie an Blockbergungen aus Lauchheim systematisch untersucht. Die 3D-CT wurde bereits erfolgreich in der Archäologie und Restaurierung in Einzelfällen angewendet. Es sollte nun überprüft werden, ob durch die Computertomografie die Untersuchung und Dokumentation der Blockbergungen beschleunigt werden kann. Außerdem sollte der Vergleich mit den herkömmlichen Bearbeitungsmethoden Aufschluss darüber geben, ob alle relevanten Informationen mit der 3D-CT erfasst werden können. Hierzu wurden Blockbergungen unterschiedlicher Objekte, Materialien und Befundzusammenhänge ausgewählt und mit einem industriellen Computertomografen gemessen.

Bei der 3D-Computertomografie mit Röntgenstrahlen wird das zu untersuchende Objekt auf einen Drehteller zwischen der Strahlenquelle und einem Flächendetektor gestellt (Abb. 3). Während das Objekt durchstrahlt wird, dreht es sich um 360° und der Flächendetektor nimmt von mehreren hundert Winkelpositionen Projektionen auf, die anschließend zu einem dreidimensionalen Datensatz rekonstruiert werden.

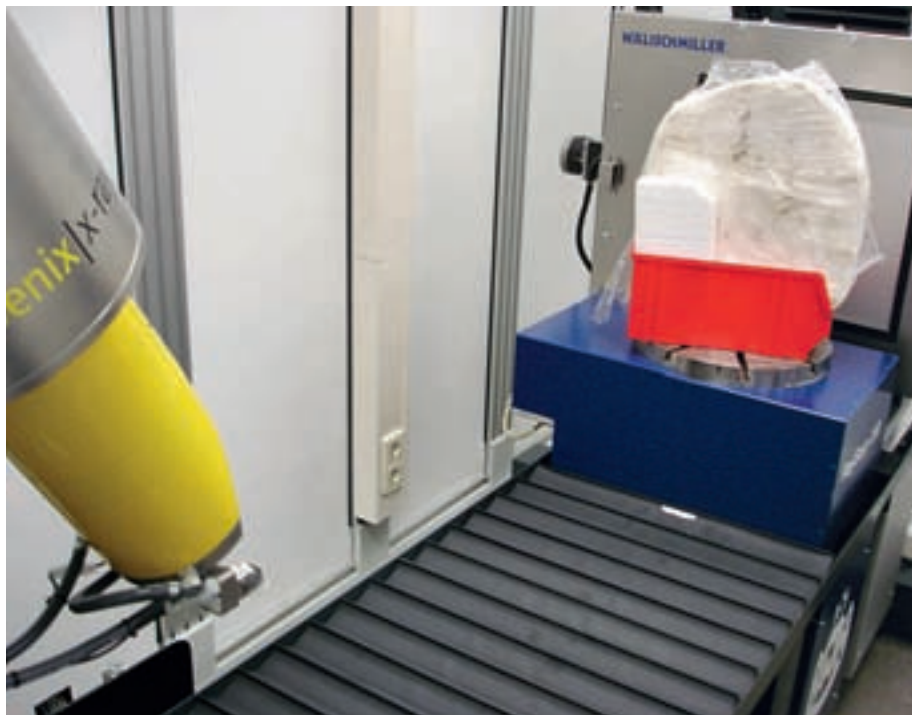
Die Vorteile der industriellen Computertomografie gegenüber der medizinischen liegen in der sehr viel stärkeren Strahlung, mit der auch Metallobjekte durchstrahlt werden können, der sehr hohen Auflösung, die bis in den Mikrometerbereich reicht und den verhältnismäßig kurzen Messzeiten. So benötigt die Tomografie je nach Größe einer Blockbergung zwischen ein und drei Stunden.

Die gewonnenen Daten wurden dann am Landesamt für Denkmalpflege in Esslingen mit einer speziellen Visualisierungssoftware weiterbearbeitet und ausgewertet. Anschließend wurden die tomografierten Blöcke geöffnet, konventionell freigelegt und dokumentiert, um die gewonnenen Ergebnisse der 3D-CT zu überprüfen.

### Der Flug durch den Block

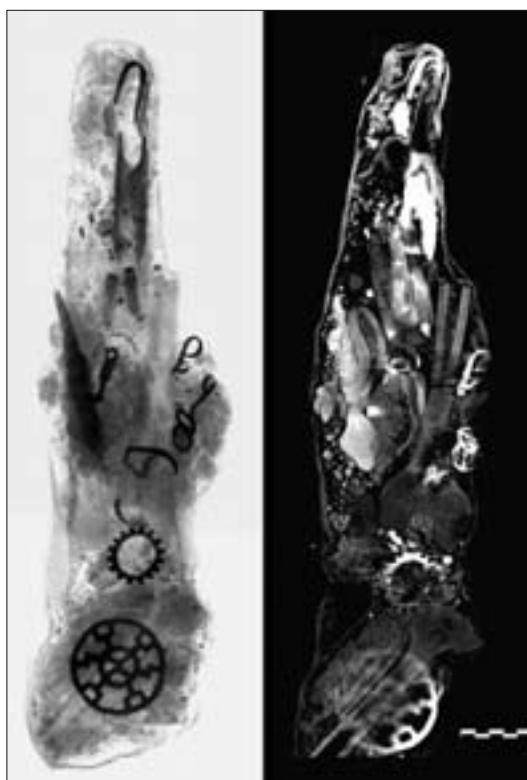
Der digitale Datensatz einer Blockbergung kann in drei senkrecht zueinander stehenden Raumrichtungen in Schnittbildern betrachtet werden. Auf diese Weise kann das Objekt aus unterschiedlichen Perspektiven „durchfliegen“ bzw. „durchblättern“ und äußere sowie innere Strukturen detailliert dargestellt werden.

Gegenüber der zweidimensionalen Radiografie liefert die 3D-CT neben der exakten Form und der räumlichen Lage eines Objektes auch Informationen über Funde, die beim Röntgen bislang nicht sichtbar waren. Hierzu gehören vor allem die Materialien mit einer geringeren Dichte als Metall,



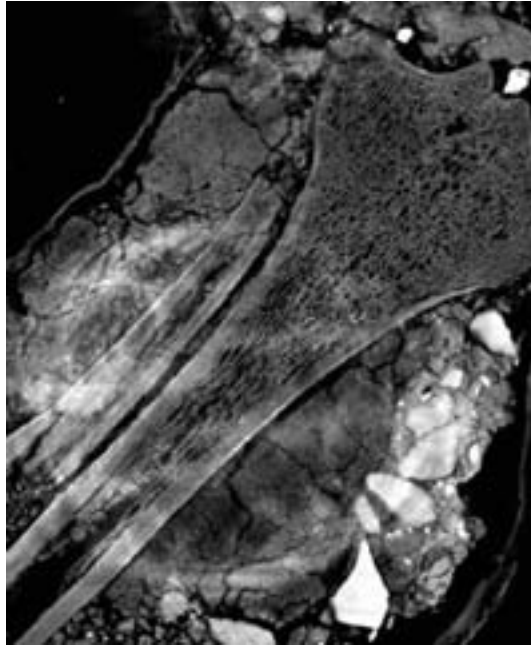
wie es Bein, Zahn oder Muscheln sind. Die Röntgenabbildung und das Schnittbild der Computertomografie der Blockbergung aus Grab 447 zeigen diesen deutlichen Unterschied (Abb. 4). Im Schnittbild der 3D-CT sind neben den Metallobjekten auch die Knochen, eine Cypraea (Kaurischnecke), ein Bärenzahn und ein Beinkamm zu erkennen. Im Röntgenbild sind die Knochen nur angedeutet und von dem Kamm sind lediglich die Nieten aus Eisen zu sehen. Sind charakteristische Strukturen erhalten, können organische Materialien wie Holz, Leder und Textil bestimmt werden.

3 Im Computertomografen zwischen Strahlenquelle und Flächendetektor positionierte Blockbergung.

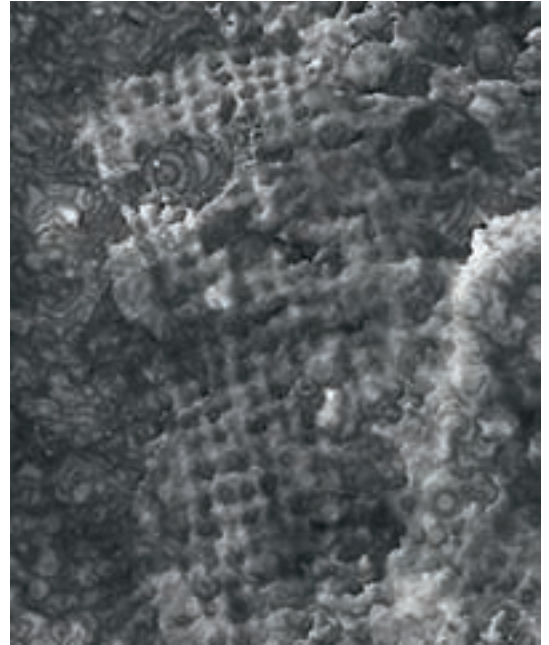


4 Digitale Röntgenabbildung (links) und Schnittbild der Computertomografie (rechts) des im Block geborgenen Gürtelgehänges aus Grab 447 mit unterschiedlichen Objekten und Materialien. In der Röntgenaufnahme sind die Metallobjekte wie Schere, Messer oder die Zierscheibe auszumachen, während die Computertomografie zusätzlich den Kamm, den Bärenzahn und die Cypraea im oberen Abschnitt der Blockbergung erkennen lässt.

5 2D-Schnittbild eines Oberschenkelknochens.



6 3D-Darstellung eines im Block geborgenen Leinwandgewebes.



7 3D-Darstellung des Gürtelgehänges aus Grab 447 bestehend aus Eisenschere, Beinkamm im Futteral mit aufliegender Riemenzunge, Eisenmesser, Bärenzahn, Cypraea, Eisenschlüssel, verschiedenen Ringen aus Eisen und Bronze, Kontenring und Zierscheibe aus Bronze.

Voraussetzung hierfür ist aber, dass diese nicht durch sehr dichtes Metall, wie zum Beispiel Bronze, überstrahlt werden. Ein weiterer Vorteil der Computertomografie gegenüber anderen Dokumentationsverfahren ist der Blick ins Innere von Objekten. Ein Beispiel hierfür sind die inneren Strukturen von erhaltenen Knochen (Abb. 5). Nachbardisziplinen eröffnen sich hierdurch neue Perspektiven. Der Anthropologie ermöglicht die hohe Auflösung zum Beispiel eine Bestimmung von Alter und Geschlecht des Verstorbenen, ohne den Befundblock zuvor öffnen bzw. den Knochen zerstören zu müssen. Aufnahmen von Holz beinhalten wichtige Informationen für die Dendrochronologen. Darstellungen von textilen Strukturen liefern hingegen wichtige Erkenntnisse für Textilarchäologen. So konnten im Rahmen des Projektes bereits in Blockbergungen eingelagerte Textilien mittels Computertomografie erkannt und analysiert werden (Abb. 6).

### Die Fundstücke in 3D

Die Weiterbearbeitung der Daten ermöglicht die dreidimensionale Darstellung aller im Block geborgenen Objekte. So kann das gesamte Gürtelgehänge der Blockbergung aus Grab 447 in seiner originalen Fundlage auf einen Blick erfasst werden, ohne dass hierfür der Befundzusammenhang zerstört werden muss (Abb. 7).

Die einzelnen Bestandteile des Gürtelgehänges können auch im Detail dargestellt werden, was eine gesicherte typologische Ansprache aller im Block geborgenen Objekte und die Beantwortung zahlreicher archäologischer Fragestellungen zulässt. Beispiele hierfür sind der Schlüssel aus Eisen (Abb. 8) und das Messer, an dem sich organische Reste erhalten haben, die von einer Leder-

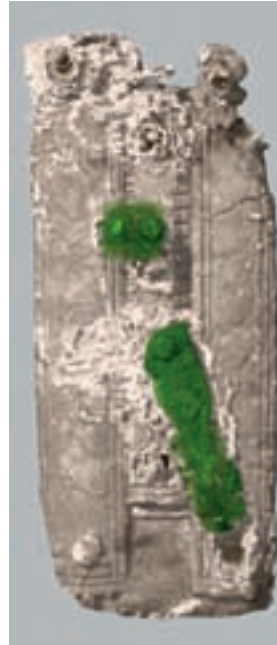
scheide stammen (Abb. 9). Auf dem Futteral des Kammes sind Verzierungen in Form von Kreissegmenten und Strichreihen zu erkennen, und auch der Kamm selbst lässt sich mit seinen zwei unterschiedlichen Zinkenreihen darstellen (Abb. 10). Anhand der Form des Kammes und seiner Verzierungen sind eine typologische Ansprache sowie die Datierung des Befundes in das frühe 7. Jahrhundert möglich. An der Zierscheibe aus Bronze konnten zudem herstellungstechnische Details und Gebrauchsspuren beobachtet werden. So ist im Außenkreis der Zierscheibe eine sorgfältig ausgeführte antike Reparatur zu erkennen. Ein Bronzestück wurde exakt eingepasst und mit drei Nieten fixiert (Abb. 11). Die zudem auffällige Verformung dieses Fundstückes kann nur mit einem längeren Gebrauch desselben erklärt werden.

Auch über den Erhaltungszustand der Objekte liefert die 3D-CT aufschlussreiche Informationen. Beispielsweise liegt die Cypraea in vielen, zum Teil sehr kleinen Bruchstücken vor (Abb. 12). Die Bergung und Restaurierung eines solch stark fragmentierten Objektes ist nur mit einem enormen, kaum zu rechtfertigenden Zeitaufwand möglich. Durch die 3D-CT sind Form und Lage der Cypraea dennoch offensichtlich. Zudem ist es möglich, mit der Visualisierungssoftware einzelne Fragmente eines Objektes virtuell wieder zusammenzufügen, wie es die stark beschädigte Schere des Gürtelgehänges zeigt (Abb. 13).

### Zusammenfassung und Ausblick

Die im Rahmen der Pilotstudie vorgenommenen Messungen belegen, dass die Untersuchung und Dokumentation im Block geborgener Funde mit der 3D-CT möglich ist. Das hier vorgestellte Bei-





spiel des im Block geborgenen Gürtelgehänges aus dem Frauengrab 447 verdeutlicht, dass alle Objekte aus unterschiedlichen Materialien in ihrer originalen Position genau erfasst, identifiziert und typologisch zugeordnet werden können. Darüber hinaus konnten Aufschlüsse über Herstellung, Oberflächenverzierung, organische Auflagen oder antike Reparaturen gewonnen werden. Alle diese Informationen konnten bei der anschließenden manuellen Freilegung der Blockbergung überprüft und bestätigt werden.

Gegenüber den herkömmlichen Methoden wie der Radiografie und der zeichnerischen Dokumentation bietet die 3D-CT weitere Vorteile. Die dreidimensionale Darstellung lässt die unmittelbare Definition der Objekte anhand ihrer Form und deren Details zu. Die Visualisierung innerer materialspezifischer Strukturen stellt Informationen zur Verfügung, die sofort an korrespondierende Disziplinen weitergegeben werden können. Außerdem liefert die 3D-CT Informationen über den Erhaltungszustand der Objekte, wobei stark abgebaute und kaum zu restaurierende Funde erfasst und auch virtuell rekonstruiert werden können. Gegenüber der konventionellen Vorgehensweise müssen die Objekte bei der Untersuchung und Dokumentation nicht aus ihrem Befundzusammenhang genommen werden. Demzufolge können die Blockbergungen jederzeit unter neuen Fragestellungen und mit fortgeschrittenen technischen Möglichkeiten reanalysiert werden. Selbst wenn der Befund nicht in seinem ursprünglichen Zustand bewahrt werden kann, erlaubt die 3D-CT die Aufnahme des aktuellen Zustands. Die gewonnenen Rohdaten können mit fortlaufender Entwicklung der Visualisierungssoftware jederzeit erneut untersucht werden.

Insgesamt stellt die 3D-CT einen deutlichen Zeitgewinn bei der Untersuchung und Dokumentation von Blockbergungen dar. Die konsequente Anwendung dieser Methode kann voraussichtlich die Bearbeitung der Funde aus Lauchheim um einige Jahrzehnte verkürzen. Sollte sich die 3D-CT bei der Auswertung des gesamten Gräberfelds Lauchheim bewähren, würde sich eine neue Perspektive zur Bewältigung großer Fundmassen eröffnen.

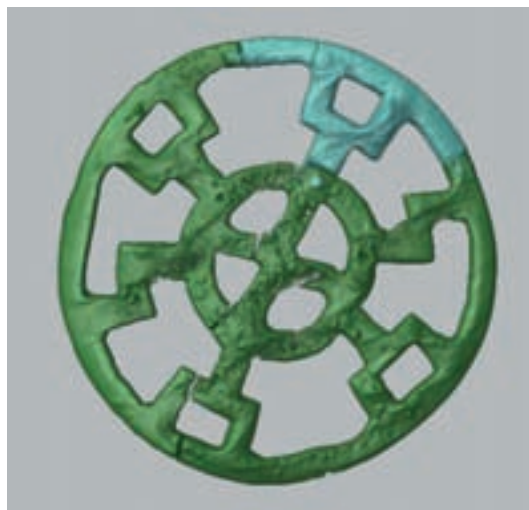
#### Literatur

- Tanja Kress/Julia Wicha: Blockbergungen und 3D-Computertomographie, *Archäologie in Deutschland* 2008/1, 60–61.  
 Johann Kastner/Dietmar Salaberger/Michael Grabner/Mathias Mehofer: Mikro-Röntgencomputertomographie: Eine zerstörungsfreie Methode für die Archäologie, *Archäologie Österreichs* 18/1, 2007, 60–64.  
 Roel J. Jansen/Martin Poulus/Jaap Kottman/Tessa de Groot/Dirk J. Huisman/Jaap Stoker: CT: A New

8 3D-Darstellung des Schlüssels aus Eisen.

9 3D-Darstellung von Überresten einer Lederseide, die sich auf der Oberfläche des eisernen Messers erhalten haben.

10 3D-Darstellung des Beinkamms im Klappfutteral mit Oberflächenverzierungen und aufliegender Riemenzunge (links) und Anschnitt des Kamms mit zwei unterschiedlichen Zinkenreihen (rechts).



11 3D-Darstellung der Zierscheibe mit antiker, dreifach genieteter Reparaturstelle.

12 3D-Darstellung  
der stark fragmentierten  
Cypraea.

13 3D-Darstellungen  
einer Schere vor (links)  
und nach der virtuellen  
Rekonstruktion (rechts).



Nondestructive Method for Visualizing and Characterizing Ancient Roman Glass Fragments in Situ in Blocks of Soil, *RadioGraphics* 26, 2006, 1837–1844.  
Britt Nowak-Böck/Christina Peek/I. Pfeifer-Schäller: Zur Untersuchung archäologischer Textilien mittels 3D-Computertomographie, *Beiträge zur Erhaltung von Kunst- und Kulturgut* 2005/1, 134–147.  
Ingo Stork: „Lauchheim“, in: Hoops RGA 18 (Berlin – New York 2001) 131–136.  
Rupert Gebhard: „Investigative Conservation“. Konzepte zur Eisen- und Bronzerestaurierung von frühmittelalterlichen Grabfunden, in: *Dedicatio. Festschr. H. Dannheimer. Kat. Prähist. Staatsslg. Beih. 5, Kallmünz/Opf.*, 1999, 179–191.  
Ingo Stork: Zum Abschluß der Untersuchung des Gräberfelds „Wasserfurche“ und Neues aus der Siedlung

„Mittelhofen“ in Lauchheim, Ostalbkreis, Arch. Ausgrabungen Baden-Württemberg 1996, 192–196.  
Ingo Stork: Zehn Jahre Lauchheim, Ostalbkreis, Arch. Ausgrabungen Baden-Württemberg 1995, 255–259.  
Ingo Stork: Lauchheim, Ostalbkreis 1994 – frühe Phasen des großen Gräberfelds der Merowingerzeit, Arch. Ausgrabungen Baden-Württemberg 1994, 212–216.

**Dipl. Rest. Nicole Ebinger-Rist**  
**Christina Peek M.A.**  
**Dipl. Rest. Jörg Stelzner**  
*Regierungspräsidium Stuttgart*  
*Landesamt für Denkmalpflege*