

Pilot-Projekt 3-D-Digitalisierung archäologischer Funde

Mehrere Regierungsbezirke

Florian Westphal,
Birgit Münz-Vierboom

Im Jahr 2020 wird die amtliche Bodendenkmalpflege in Westfalen 100 Jahre alt. Anlässlich dieses Jubiläums wird die LWL-Archäologie für Westfalen eine Publikation mit den bedeutendsten 100 Funden aus Westfalen-Lippe herausgeben und entwickelte zudem den Plan, die materiellen, archäologischen Kulturgüter digital zu dokumentieren. Der wohl wichtigste Grund für eine solche Digitalisierung ist der Erhalt zumindest der digitalen Informationen bei einem Verlust des Kulturgutes. Ereignisse wie der Brand im brasilianischen Nationalmuseum in Rio de Janeiro Anfang September 2018 oder der Einsturz des Stadtarchivs in Köln Anfang März 2009 zeigen, dass es sinnvoll ist, ein Digitalisat bedeutender (archäologischer) Funde zu besitzen.

Außer der umfassenden Dokumentation archäologischer Objekte bieten die 3-D-Modelle zahlreiche weitere Vorteile. So können mit den Daten zum Beispiel Repliken mittels 3-D-Druck angefertigt und der Leihverkehr für Objekte optimiert werden, da durch Negativdrucke passgenaue Verpackungen entstehen. Wissenschaftliche Bearbeitungsschritte wie Schnitte, Maße und Volumen sind mithilfe der digitalen Modelle zu berechnen. Unterschiedliche Ansichten können als Foto ausgegeben und beispielsweise für Publikationen verwendet werden. Im Internet publizierte Modelle sind rund um die Uhr und weltweit zugänglich. In Museen lassen sich 3-D-Objekte anschaulich animieren, sodass Besucher die Funde leichter erschließen können. Insgesamt ist dies also ein ökonomischer und innovativer Weg.

Um dies zukünftig in größerem Umfang zu realisieren, wurde anlässlich des 100-jährigen Bestehens der amtlichen Bodendenkmalpflege in Westfalen das Pilot-Projekt »3-D-Digitalisierung« ins Leben gerufen. Im Zuge dessen wurde eine Auswahl aus den 100 Funden digitalisiert und präsentiert (www.100Jahre100Funde.lwl.org).

Im Juli 2019 konnte das Projekt in der praktischen Umsetzung starten. Aber schon seit Mitte 2018 wurde geplant, recherchiert, verschiedene Experten und Expertinnen zu Ra-

te gezogen, Unternehmen eingeladen, Messen besucht, Equipment organisiert und getestet. Neben weiterer Technik und Ausrüstung wurden schließlich der Streifenlichtscanner Comet 8M der Firma Zeiss und die Vollformatkamera 850D von Nikon mit Makroobjektiv angeschafft und für die dreidimensionale Dokumentation von archäologischen Objekten in den Räumlichkeiten der Restaurierung der LWL-Archäologie angesiedelt (Abb. 1). Dies hat den Vorteil, dass die Wege der Funde zum Archiv und den Werkstätten sehr kurz sind, um diese möglichst geringem Stress in Form von Erschütterungen, Klimaveränderungen und wechselnden Umgebungsparametern beim Transport auszusetzen.

Die Digitalisate sollen wissenschaftlichen Ansprüchen genügen, weshalb im Zuge des Pilot-Projektes mehrere Fachkompetenzen interdisziplinär zusammenarbeiten. So wurde auch eine AG Dateninfrastruktur ins Leben gerufen, in der verschiedene Aspekte, die auch durch das Projekt akut wurden, diskutiert und bearbeitet werden. Aufgrund der großen Datenmenge, die bei den vielen einzelnen Arbeitsschritten im Workflow zur Erstellung eines

Abb. 1 3-D-Scanning in der Restaurierungswerkstatt, Vorbereitung der Erfassung des auf dem Drehteller platzierten Objektes mit Scanner und Kamera (Foto: LWL-Archäologie für Westfalen/N. Wolpert).

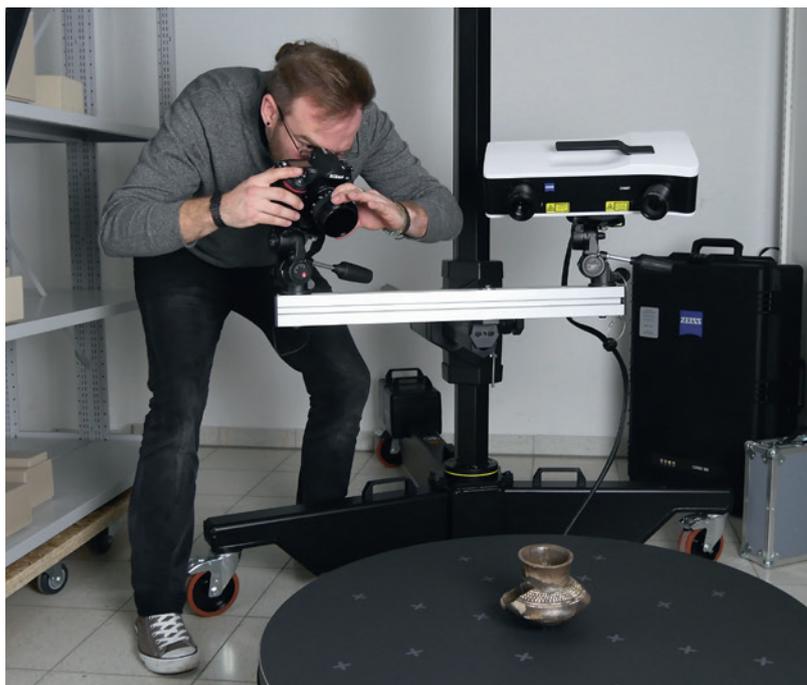


Abb. 2 Ursprünglich war ein Griff aus organischem Material mit den Nieten an der Griffplatte des Bronzedolches aus Petershagen-Hävern befestigt. Die Nieten sind noch beweglich (Foto: LWL-Archäologie für Westfalen/S. Brentführer).



Abb. 3 Die sinnvolle Positionierung vor dem Scan ist vor allem bei Funden mit beweglichen Teilen wichtig. Aufnahmesituation des Bronzedolches aus Petershagen-Hävern mit kalibriertem Maßstab (Foto: LWL-Archäologie für Westfalen/F. Westphal).

hochauflösenden 3-D-Modells produziert wird, war es zielführend, im Vorfeld einen digitalen Ablageplan zu entwickeln. Zudem wurden die Wahl der Datenformate, die zyklische Erweiterung der Speicherkapazität und die Langzeitspeicherung und Archivierung von nötigen Rohdaten, Zwischenschritten und Endergebnissen thematisiert und organisiert.



Beim derzeitigen Projektstand lassen sich etwa ein bis zwei Objekte pro Arbeitswoche erfassen, je nach Komplexität des einzelnen Objektes. Schwierigkeiten bereiten Einkerbungen und Hinterschneidungen sowie reflektierende, transluzente und farblich oder geometrisch homogene Oberflächen, ebenso wie eine besonders große Detailgenauigkeit des gewünschten Modells.

In zwei Schritten werden die Geometrie der Oberfläche mittels Streifenlichtscanner erfasst und die Farbigkeit der Oberflächenstruktur mittels Photogrammetrie mit dem Verfahren Structure from Motion (SfM) dokumentiert. Am Ende entstehen zwei nebeneinanderstehende eigenständige Modelle, die sich in ihren jeweiligen Eigenschaften ergänzen.

Die Fotogrammetrie ist im Vergleich zum Streifenlichtscan die von den Anschaffungskosten her günstigere und vollständigere Anwendung, dafür ist es aber auch deutlich aufwendiger, ein entsprechend wissenschaftlich korrektes und hochauflösendes Modell zu erstellen.

Eine Herausforderung ist die Positionierung der archäologischen Funde auf dem Drehteller, da diese häufig vierteilig, filigran und fragil sind. Wenn sie keine geeignete Standfläche aufweisen, muss zunächst eine objektspezifische Halterung angefertigt werden (inertter Schaumstoff [Ethafoam], Klammer, Sandbett u. v. a.), insbesondere, wenn bewegliche Teile am Objekt vorhanden sind (Abb. 2). Würde das Objekt bewegt werden, würde sich die Position der beweglichen Teile zum Rest des Objektes verändern. Die einzelnen Aufnahmen, Scans oder Fotos würden nicht miteinander übereinstimmen und könnten nicht aneinander ausgerichtet werden. Entsprechende Funde müssen so positioniert werden, dass die fotogrammetrischen Aufnahmen in einem Arbeitsschritt sowohl von oben als auch von unten erstellt werden können (Abb. 3).

Diverse weitere Punkte spielen ebenfalls eine Rolle und sind im Vorfeld sorgfältig vorzubereiten. Hierzu gehören etwa die Ausleuchtung, ausreichender Kontrast von Hintergrund und Objekt sowie die Anzahl und Platzierung von Passmarken am Objekt und auf dem Drehteller, die mitgescannt oder fotografiert werden, um so der Software die anschließende Zuordnung von Überschneidungen in den Aufnahmen zu vereinfachen. Über diese bekannten Maßeinheiten im Bild findet später auch die Skalierung des 3-D-Modells statt. Diese Vorarbeit ist so wichtig, da wäh-

rend des Scanprozesses und der Fotoaufnahmen keine Veränderungen mehr vorgenommen werden dürfen und letztendlich eben diese Aufnahmen die Basis für das 3-D-Modell bilden.

Um den Aufwand zu verdeutlichen, sollen beispielhaft ein paar Zahlen genannt werden. Mit einer Vollformatkamera und Makroobjektiv werden mit einem computergesteuerten Drehteller vom Objekt umlaufend Bilder aufgenommen. Dabei werden meist in vier vertikalen Positionen jeweils 20 horizontale Positionen mit einer Winkelweite von je 18° angefahren, sodass sich das Objekt schließlich auf jeder der vier vertikalen Positionen einmal komplett um 360° gedreht hat. So ist eine große Überlappung der einzelnen Bilder gewährleistet. An jeder Position werden etwa 15 Bilder mit hintereinanderliegender Schärfentiefe aufgenommen – das ergibt für ein Objekt insgesamt etwa 1200 Bilder. Anschließend werden mittels Focus-Stacking (Software Helicon Focus) die Einzelbilder zu 80 durchgängig scharfen Bildern zusammengerechnet. Mit diesem Verfahren kann die volle Sensorgröße der Kamera genutzt und gleichzeitig ein durchgängig tiefscharfes Bild erzeugt werden, welches die Algorithmen zum Weiterverarbeiten für die Erstellung eines 3-D-Modells mittels SfM benötigen (Abb. 4).

Beim Digitalisieren mittels Streifenlichtscanner gibt es ebenfalls ein paar Kniffe, die beachtet werden müssen. Dann bietet der STL-Scan eine einfache und schnelle Möglichkeit, die Struktur eines Objektes sehr genau zu erfassen und ein 3-D-Modell zu generieren. Hierfür können drei verschiedene Messfelder verwendet werden, deren Auswahl sich nach Objektgröße, Grad der gewünschten Detailgenauigkeit und Punktabstand im 3-D-Modell richtet.

An seine Grenzen gelangt dieses Verfahren bei der Erstellung eines »wasserdichten Modells«, bei dem keinerlei Löcher im Modell vorhanden sind. Dies gelingt lediglich bei einfachen Objekten, weshalb bei komplexeren Modellen eine Nachbearbeitung, bei der auch digitale Artefakte eliminiert werden müssen, unausweichlich ist. Erst wenn das Modell durch die Nachbearbeitung eine lückenlose Oberfläche aufweist, kann ein Format erstellt werden, das von einem 3-D-Drucker verarbeitet werden kann. Die Farbigkeit der Oberfläche wird beim Streifenlichtscan nicht erfasst (Abb. 5). Technisch wäre dies in Form von Vertexcolour (Scheitelpunktfarbe) zwar



möglich, liefert aber beim derzeitigen technischen Stand kein zufriedenstellendes Ergebnis.

Bei beiden Anwendungen handelt es sich um optische, berührungslose Verfahren, die ihre Grenzen bei Hinterschneidungen und Vertiefungen erreichen. Bestimmte Materialien, insbesondere Glas, können nicht erfasst werden. Glänzende und transluzente Oberflächen sind zwar schwierig, unter Umständen aber in guter Qualität zu dokumentieren.

Summary

In 2019, the LWL Archaeology Unit of Westphalia acquired a structured light scanner, so that the geometry of archaeological objects can now be documented with extreme precision, in-house, in a short space of time. When used in combination with photogrammetry, the scanner also allows the colouration and structure of surfaces to be photorealistically recorded and all the information presented in image

Abb. 4 (oben) Mit der Fotogrammetrie wurde die Objektoberfläche dokumentiert, sodass das 3-D-Modell einen fotorealistischen Eindruck vermittelt (Screenshot aus RealityCapture: LWL-Archäologie für Westfalen/F. Westphal).

Abb. 5 (unten) Das 3-D-Modell des bronzezeitlichen Dolches, dessen Geometrie mit dem Scanner erfasst wurde (Screenshot aus RealityCapture: LWL-Archäologie für Westfalen/F. Westphal).

format. The two procedures operate in a contactless and non-destructive manner, producing 3-D models that can be used for many different applications.

Samenvatting

De LWL-Archäologie für Westfalen heeft in 2019 een 3D-scanner aangeschaft om de vorm en de maatvoering van archeologische objecten snel en nauwkeurig te kunnen vastleggen. In combinatie met fotogrammetrie worden ook de kleur en de structuur fotografisch vastgelegd en volledig weergegeven. Beide methoden werken contactloos en non-destructief, de gecreëerde 3D-modellen zijn breed inzetbaar.

Literatuur

Hugh Denard (Hrsg.), Die Londoner Charta für die computergestützte Visualisierung von kulturellem Erbe. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Archäologie des Mittelalters und der Neuzeit 22, 2010, 247–252. DOI: <https://doi.org/10.11588/dgamn.2010.1.17343>. – **IANUS (Hrsg.)**, IT-Empfehlungen für den nachhaltigen Umgang mit digitalen Daten in den Altertumswissenschaften (2017) [Version 1.0.0.0]. DOI: <http://dx.doi.org/10.13149/000.y47clt-t>.