

9/10

K öln
u nd
B onner
A rchaeologica



2019/20

Habelt-Verlag · Bonn

K öln
u nd
B onn
A rchaeologica

KuBA 9/10, 2019/20



Habelt-Verlag · Bonn

Kölner und Bonner Archaeologica
KuBA 9/10, 2019/20

Herausgeber

Martin Bentz – Dietrich Boschung – Eckhard Deschler-Erb –
Michael Heinzelmann – Eleftheria Paliou – Frank Rumscheid

Redaktion, Satz und Gestaltung

Patrick Zeidler

Umschlaggestaltung

Patrick Zeidler

Fotonachweis Umschlag

Josa Jungnickel, RRZK Universität zu Köln.

Alle Rechte sind dem Archäologischen Institut der Universität zu Köln und der
Abteilung für Klassische Archäologie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
vorbehalten. Wiedergaben nur mit ausdrücklicher Genehmigung.

Hinweise für Autoren sind unter <https://www.ai.uni-bonn.de/kuba-1/hinweise-fuer-autoren> einsehbar.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detailliertere bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

© 2021 by Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn

ISBN 978-3-7749-4299-8

Wir danken der HypZert und dem vdpResearch dafür, dass sie die Drucklegung ermöglicht haben.

HypZert

vdpResearch

INHALT

Beiträge

- MAXIMILIAN F. RÖNNBERG, „... Fett ausschmelzend von einem wohlgenährten Mastschwein“:
Zur Interpretation geometrischer Dreifußvotive 5
- FERDINAND WULFMEIER, Fischteller als Teil des griechischen Symposiongeschirrs? 27
- MAREIKE WUNDERWALD, Das *valetudinarium* im Römerlager Anreppen, Kreis Paderborn
und andere Legionslazarette im Römischen Reich 47

Projektberichte

- DENNIS BECK – MARTIN BENTZ – FLORIAN BIRKNER – CHRISTIAN BRIESACK –
VALENTINA CARAFA – ALESSANDRA COEN – FEDERICA GALIFFA – FERNANDO GILOTTA –
LUCA LUCCHETTI – MARINA MICOZZI – CARMELO RIZZO, Die Monte Abatone-Nekropole
von Cerveteri. Vorbericht zur Grabungskampagne 2019 59
- FRANK HULEK, Vorbericht zur Grabungskampagne in Ari/Charvalo 2016 und zur Auswertung
einer Altgrabung am Frankolimano bei Thorikos 2017 und 2019 69
- CATERINA PARIGI – CHRISTINE AVENARIUS, Vom Forschungsprojekt zur Lehrveranstaltung,
Untersuchungen zu einem Opferrelief aus der Sammlung des Turiner Museo di Antichità 89
- CATERINA PARIGI – THORALF SCHRÖDER, Antike Skulpturen in Mantua: Ein neues Projekt
des Forschungsarchivs für Antike Plastik 105
- STEFAN PIRCHER, Durch das Burginatiumtor und dann gleich links. Ergebnisse der vierten
Lehrgrabungskampagne der Universität zu Köln in der Colonia Ulpia Traiana in Xanten 119
- KARL OBERHOFER – CONSTANZE HÖPKEN – MANUEL FIEDLER, Ein Windrohr und eine
Schmiede? Ausgrabungen im vicus von Călugăreni/Mikháza, Kreis Mureş (Rumänien) 129
- MICHAEL HEINZELMANN – CHRISTIAN A. SCHÖNE – DIANA WOZNIOK – TALI ERICKSON-
GINI, Elusa – ein bislang unbeachtetes Landwirtschaftssystem im Negev? Zwischenbericht
zum Elusa-Umlandsurvey (2018 bis 2020) 141

Sammlungen

- CATHARINA FLÄMIG, Eine minoische Larnax in Bonn 161

INHALT

ArchäoInformatik

SEBASTIAN HAGENEUER, Digitale Lehre in der Archäoinformatik	177
ALEXANDER BRAUN, Schau Augustus (?) – Visuelle Kommunikation und politische Veränderungen auf dem Forum Romanum zwischen der späten Republik und der frühen Kaiserzeit mit einem computergestützten Ansatz	189
ECKHARD DESCHLER-ERB – SABRINA GEIERMANN – SEBASTIAN HAGENEUER – DENNIS CHRISTIAN WILK, Das Römergrab Weiden auf dem Weg in die virtuelle Welt	203

Digitale Lehre in der Archäoinformatik

SEBASTIAN HAGENEUER

*Digitale Lehre nimmt an den Hochschulen einen immer größeren Raum ein. Selbst das eher traditionell angesiedelte Fach der Archäologie widmet sich heutzutage vermehrt digitalen Formaten und Angeboten. Spätestens seit dem Entstehen der Subdisziplin der Archäoinformatik jedoch ist die Ausbildung angehenden Archäolog*innen ohne digitale Lehre kaum noch vorstellbar, da der Beruf heute den Umgang mit digitalen Werkzeugen und Analyseverfahren voraussetzt. Dieser Artikel möchte einen kleinen Einblick in das Fach der Archäoinformatik und die digitalen Möglichkeiten der archäologischen Hochschullehre bieten. Dazu werden verschiedene Verfahren der Archäoinformatik vorgestellt und in Bezug zu den praktischen Erfahrungen gesetzt, welche der Autor in zwei regelmäßig am Archäologischen Institut der Universität zu Köln stattfindenden Kursen in den letzten vier Jahren sammeln durfte.*

Digital teaching is slowly taking a bigger part of the curriculum at the university. Even the more traditional subject of archaeology is getting more focused on digital formats and methods today. Since the introduction of Archaeoinformatics (Digital and Computational Archaeology) however, teaching archaeology to students without digital methods is unthinkable since the profession today is required to be familiar with the use of digital tools and analytics. This paper wants to give a small introduction into the field and its digital possibilities of teaching archaeology at the university level. For this, different methods of Archaeoinformatics are being presented and connected to the practical experiences made by the author in the last four years during two regular courses given at the Institute of Archaeology at the University of Cologne.

1. Einleitung

Der Bereich der 3D-Technologie hat für die Archäologie in den letzten Jahren stark an Popularität zugenommen. Neben der Erstellung von 3D-Modellen von Funden, werden immer öfter ganze Grabungen digital und dreidimensional aufgenommen und archiviert¹. Dabei liegt der Fokus meist auf der Entwicklung technologischer Innovationen (bessere Kameras, höher aufgelöster Scanner, etc.) oder der Diskussion über den Wert von 3D-Daten und Formen der Archivierung². Damit reißen sich diese Entwicklungen in den generellen digitalen Trend der Archäologie und der damit verbundenen neu entstehenden Fachrichtung Archäoinformatik³ ein. In diesem Zusammenhang muss auch über neue Unterrichtsformen nachgedacht

werden, da die neue Fachrichtung Archäoinformatik aufgrund ihrer spezifisch praktischen Ausrichtung kaum mit traditionellen Lehr- und Lernformaten auskommt.

Die Lehre im universitären Bereich hat in den letzten Jahren generell eine positive Entwicklung erfahren. So finden immer mehr Seminare als sog. *inverted* oder *flipped classrooms*⁴ statt oder es werden neue Technologien zur Wissensvermittlung eingesetzt. Das Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen hat diesen Trend erkannt und schreibt seit 2016 Fellowships für Innovationen in der digitalen Hochschullehre⁵ aus. Verwaltet werden diese vom Stifterverband, einem privaten Förderverein mit über 3.000 Mitgliedern und 660 Stiftungen. Ziel dieses

1 z. B. Olsen – Caraher 2015.

2 Richards 1997.

3 Seit 2016 existiert ein Lehrstuhl für Archäoinformatik an der Universität zu Köln, besetzt von Prof. Dr. Eleftheria Paliou. Im April 2018 ist der Studiengang als fünfte

Fachrichtung im Masterstudium Archäologie akkreditiert worden.

4 O’Flaherty – Philips 2015.

5 Siehe: <<https://www.stifterverband.org/digital-lehrfellowships-nrw>> (26.02.2020).

Programmes ist es, Anreize für die Entwicklung und Erprobung digital gestützter Lehr- und Prüfungsformate (beispielsweise MOOCS, flipped/inverted classroom, Gamification, Simulationen, E-Prüfungen) oder die Neugestaltung von Modulen und Studienabschnitten unter konsequenter Nutzung digitaler Technologien zu schaffen.

Mit einem Antrag zum Thema der *Erfahrbarkeit des Altertums* konnte der Autor dieses Artikels 2017 Fellow des Programmes werden⁶. Zielsetzung des Antrages war es, neue computergestützte Wege der Wissensvermittlung im Bereich der Archäologie und insbesondere für den neu eingerichteten Lehrstuhl für Archäoinformatik an der Universität zu Köln zu entwickeln. Mit Hilfe verschiedenster Technologien aus den Bereichen der Visualisierung und Datenaufnahme wurden neue Wege der archäologischen Wissensvermittlung erprobt und entwickelt. Darüber hinaus wurden in einem zweitägigen internationalen Symposium an der Universität zu Köln interdisziplinäre Ansätze der archäologischen Wissensvermittlung im Bereich der Universität, der Museen oder der öffentlichen Kommunikation diskutiert (s. u.).

2. Digitale Lehre

Der Begriff *Digitale Lehre* beschreibt eine Form des Unterrichts, welche durch den Einsatz digitaler Technologien oder Methoden erweitert werden kann bzw. ohne diese nicht mehr auskommt. Dabei ist nicht die Projektion einer PowerPoint-Präsentation über einen Beamer gemeint, sondern der spezifische Einsatz von Soft- und Hardware im Unterricht, um entweder besondere Formen der Wissensvermittlung zu nutzen oder schlicht den Umgang mit digitalen Werkzeugen zu zeigen. Digitale Lehre findet für gewöhnlich in einem speziell dafür eingerichteten Unterrichtsraum statt, welcher mit Computer-Arbeitsplätzen ausgestattet ist (PC-Pool). Der Unterricht wird dann mit direk-

tem praktischem Bezug meist in Form einer Übung gehalten.

Im Folgenden werden verschiedene Methoden aus dem Modul „3D-Anwendungen in der Archäologie“ der Fachrichtung Archäoinformatik an der Universität zu Köln beschrieben. Darüber hinaus wird aufgezeigt, inwiefern die finanzielle Unterstützung des Fellowship dabei helfen konnte, den Unterricht zu bereichern.

2.1 Structure from Motion und 3D-Druck

Structure from Motion (kurz SfM) ist eine seit den 1970er Jahren⁷ aus dem Bereich der Computer Vision (Maschinelles Sehen) entwickelte Technologie zur digitalen Rekonstruktion dreidimensionaler Objekte mit Hilfe zweidimensionaler Bilder (Fotos). Dabei müssen die aufgenommenen Bilder des originalen Objektes aus allen Blickrichtungen mit ausreichender Überlappung angefertigt werden, so dass pro Datenaufnahme zwischen 40 und 120 Fotos entstehen können⁸. Die Voraussetzungen dafür sind zunächst nicht kompliziert und erfordern sowohl finanziell als auch professionell weniger Aufwand und Vorwissen als es beispielsweise bei einem Laserscan der Fall wäre. Die Nachbearbeitung der Bilder erfolgt in mehreren Schritten. Nachdem die Fotos farb- und linsenkorrigiert sind, können diese in ein Programm zur digitalen dreidimensionalen Rekonstruktion geladen werden.

Zunächst geht der Algorithmus der Software⁹ alle Fotos durch, um charakteristische *Features* (Punkte mit markanten Eigenschaften) zu registrieren. Dabei wird diesen Punkten ein eindeutiger *Deskriptor*, ähnlich einem Fingerabdruck, zugewiesen, welcher dann in unterschiedlichen Bildern aus verschiedenen Aufnahmewinkeln wiedererkannt werden kann. Durch die Korrelation der *Features* in verschiedenen Bildern ist es dem Algorithmus möglich eine grobe Punktwolke des 3D-Objektes zu erstellen und zugleich die Position

6 Der Autor dankt dem Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen dafür, dass er mit dem Fellowship für Innovative Digitale Hochschullehre ausgezeichnet wurde. Darüber hinaus ist er dem Stifterverband dankbar, welcher die Organisation und Verwaltung des Fellowship übernommen und dazu in regelmäßigen Treffen das Thema der Digitalen Lehre durch Workshops und gegenseitigen Austausch gefördert hat.

7 Ullman 1976.

8 Reinhard 2016, 18 f.

9 Dabei kommen verschiedene Algorithmen zur Anwendung. Der bekannteste und am meisten verwendete Algorithmus ist der Scale-Invariant Feature Transform (SIFT)-Algorithmus, siehe Lowe 1999; Lowe 2004. Daneben gibt es aber auch zum Beispiel den Speeded-Up Robust Features (SURF)-Algorithmus, siehe Bay u. a. 2006.



Abb. 1: Eines der 48 Bilder der Datenaufnahme der Terrakottafigur AI 575

der einzelnen Fotos in Relation dazu zu setzen¹⁰. In einigen weiteren Schritten wird diese Punktwolke dann noch verdichtet und die einzelnen Punkte werden miteinander verbunden (Vermaschung), so dass ein solides 3D-Objekt entsteht. Als letzter Schritt können dann noch die Farbwerte mit Hilfe der positionierten Fotos auf das 3D-Objekt projiziert werden, um eine Textur zu erstellen, welche das dreidimensionale Objekt fotorealistic „einkleidet“.

Im Wintersemester 2018/19 wurde eine Terrakotta-Figur aus der Sammlung des Archäologischen Instituts der Universität zu Köln von den Studierenden ausgewählt, fotografisch aufgenommen (**Abb. 1**) und mit Hilfe des SfM-Verfahrens digital prozessiert. Bei der Figur mit der Inventarnummer AI 575 handelt es sich um eine Leihgabe der theaterwissenschaftlichen Sammlung der Universität zu Köln. Die Statuette von 10,5 cm Höhe zeigt einen Trägersklaven mit dickem Bauch, Girlande in der herabhängenden rechten Hand und einem auf der linken Schulter getragenen Korb mit Früchten. Die Figur wurde mit 48 Fotos aus unterschiedlichen Blickwinkeln und Entfernungen aufgenommen.

Im Anschluss wurde die Terrakotte anhand der Bildaufnahme in dem gerade beschriebenen Verfahren dreidimensional rekonstruiert und tex-



Abb. 2: 3D-Druck der durch das SfM-Verfahren eingescannten Terrakottafigur

turiert. Zuletzt haben die Studierenden die erzeugten Daten in ein offenes Dateiformat konvertiert und archiviert. So sind eine Langzeitarchivierung sowie die plattformübergreifende Weiterverarbeitung der 3D-Daten möglich. Das Ergebnis des 3D-Scans ist somit auf einer online zugänglichen Plattform anderen Nutzern verfügbar¹¹.

Das SfM-Verfahren hat für die Studierenden der Archäoinformatik nicht nur den Vorteil, dass es einfach (innerhalb dreier Unterrichtseinheiten) zu erlernen ist. Mit Hilfe dieser Technik können darüber hinaus nicht nur Funde, wie die hier gezeigte Terrakotte, aufgenommen werden, es ist damit sogar möglich gesamte Grabungen zu dokumentieren¹². Die verwendete Software ist günstig, einfach zu bedienen und man kann die 3D-Daten darüber hinaus für andere Zwecke, wie beispielsweise einen 3D-Druck, nutzen.

Diesbezüglich konnte für den Lehrstuhl für Archäoinformatik dank der Fellowship-Gelder ein

¹⁰ Reinhard 2016, 19.

¹¹ Zu finden auf kompakt: <<http://doi.org/10.18716/KKK/AI3D>> (26.02.2020).

¹² Siehe z. B. Forte 2014; Olsen u. a. 2013; Weßling u. a. 2013.

3D-Drucker der Marke *Ultimaker* finanziert werden. Bei dem Drucker handelt es sich um einen Filament-Drucker, welcher feine Plastiksichten übereinanderlegt, um ein auf einem 3D-Modell basierendes physikalisches Objekt zu erzeugen (additives Verfahren). Dabei werden die Objekte von unten nach oben aufgebaut und deren Inneres, nicht sichtbares, mit einer stabilen Wabenstruktur gefüllt.

Das Ergebnis ist ein in seiner Größe (wenn so gewollt) und äußeren Topografie dem Original sehr ähnliches Objekt, welches sich allerdings in Gewicht, Farbe und Haptik unterscheidet (**Abb. 2**). Die Vorteile des additiven Verfahrens wurden bereits durch Di Giuseppantonio di Franco u. a. im Bereich der Museen¹³ oder durch Reilly im Bereich der Epigrafik und Konservierung aufgezeigt¹⁴. So können 3D-Drucke dazu dienen, manche stilistischen Untersuchungen an der Kopie und nicht am Original vorzunehmen.

2.2 Reflectance Transformation Imaging

Ein weiteres Verfahren, welches in den letzten Jahren an Popularität gewonnen hat, ist das *Reflectance Transformation Imaging* (kurz RTI¹⁵). Dieses ist genaugenommen keine 3D-Technologie, da es sich bei dieser höchstens um ein Pseudo-3D-Verfahren handelt¹⁶. Das Resultat des Prozesses, das RTI-Bild, ist ein zweidimensionales Rasterbild, ganz ähnlich einer JPG- oder TIF-Datei. Es unterscheidet sich jedoch darin, dass es zusätzlich zu den RGB-Farbwerten noch einen Richtungsvektor pro Pixel mitspeichert. Dieser Vektor stellt die Normale des Pixels dar, zeigt also an, in welche Richtung die Oberfläche an einer bestimmten Stelle ausgerichtet ist. Dadurch ist es einer speziellen RTI-Software möglich¹⁷, das zweidimensionale Rasterbild eines Objektes dynamisch zu beleuchten, so dass man sich bei der Fotografie eines Objektes nicht auf

eine bestimmte Lichtrichtung bzw. Ausleuchtung festlegen muss.

Das Aufnahmeverfahren benötigt, anders als bei Structure from Motion, eine fest installierte Kamera, die orthogonal auf das Objekt ausgerichtet ist. Anstatt die Kamera um dieses zu bewegen, wird ein mit drahtloser Technologie verbundenes Blitzgerät um den Gegenstand bewegt und somit eine Reihe von Fotos erstellt. Das Objekt wird stets von derselben Stelle aus fotografiert, aber jedes Bild neu beleuchtet. Mit Hilfe von stark reflektierenden Kugeln, welche mit dem Objekt aufgenommen werden, ist es einer Bearbeitungssoftware möglich, die Richtung des Lichteinfalls bei jedem Foto zu rekonstruieren. Da die Richtung des Lichtes und die Richtung des reflektierten Lichtes bekannt sind, kann ein Algorithmus die Richtung der Oberfläche (Normale) an jedem Ort des Bildes berechnen. Dieser Vektor wird zusätzlich zu den Farbinformationen in dem RTI-Bild mit abgespeichert¹⁸.

Das manuelle Aufnahmeverfahren ist ebenfalls schnell zu erlernen, erfordert jedoch einiges an Geschick, da das Blitzlicht und die Kamera gut aufeinander abgestimmt sein müssen. Zudem muss das Blitzlicht immer den gleichen Abstand und eine gerade Ausrichtung zum Objekt haben. Des Weiteren sollte penibel darauf geachtet werden, den Aufbau (Kamera, Stativ, Objekt, Tisch, usw.) nicht anzustoßen oder zu bewegen. Leichte Änderungen der Position eines der Elemente können den gesamten Datensatz nutzlos machen.

Eine elaborierte Form der Datenaufnahme bietet ein sogenannter RTI-Dome. In dieser Halbkugel sind in regelmäßigen Abständen LEDs fest installiert, die durch ein Steuergerät nacheinander an- und ausgeschaltet werden können. Dasselbe Steuergerät kann auch dazu genutzt werden, um die befestigte Kamera während der einzelnen Lichtphasen auszulösen, so dass eine reibungslose

13 Di Giuseppantonio di Franco u. a. 2015.

14 Reilly 2015, 229.

15 Entwickelt wurde dieser Prozess 2000 durch Mitarbeiter von Hewlett-Packard. Das früher unter dem Begriff „Polynomial Texture Mapping“ (kurz PTM) bekannte Verfahren wurde inzwischen weiterentwickelt und nutzt nun die Bezeichnung RTI. Nichtsdestotrotz werden PTMs immer noch verwendet und als solche in der Literatur angesprochen.

16 Duffy u. a. 2013, 3.

17 Die kostenlos durch die Gruppe *Cultural Heritage Imaging* zur Verfügung gestellte Software kann zum Erstellen (RTI Builder) und Betrachten (RTI Viewer) von RTIs verwendet werden: <http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/> (26.02.2020).

18 Duffy u. a. 2013, 3.

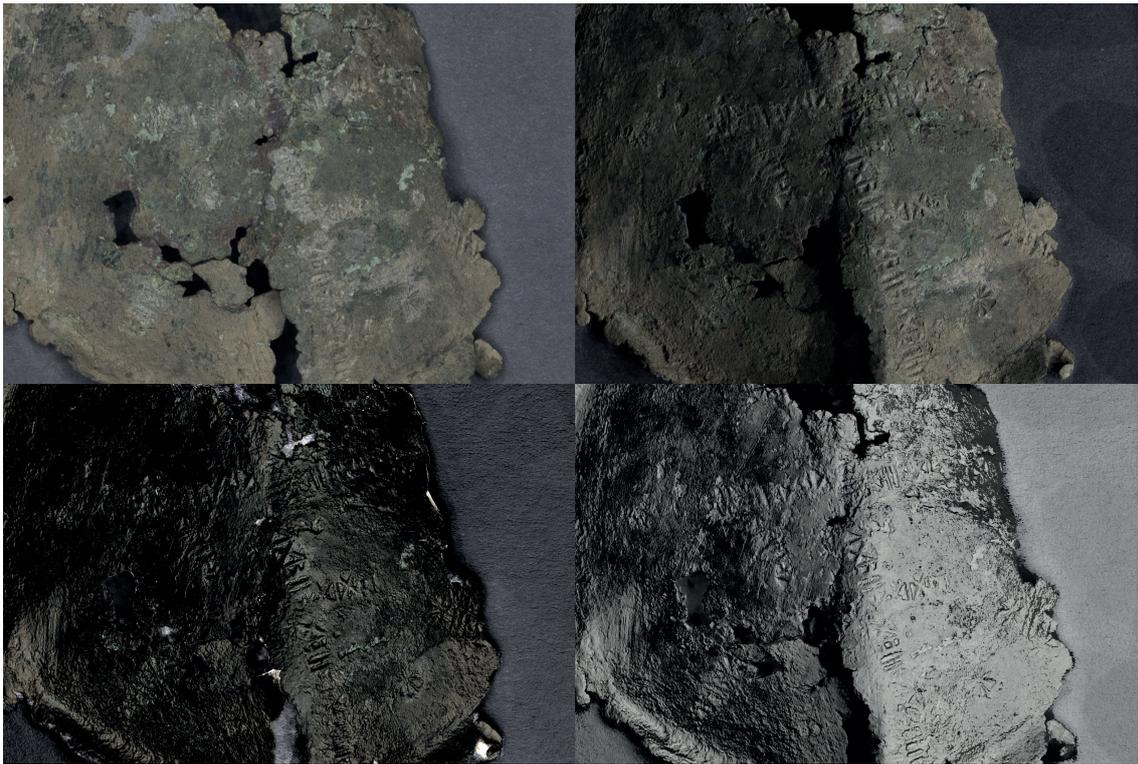


Abb. 3: Fragment eines Dosenortbandes aus der 1. Hälfte des 3. Jahrhunderts n. u. Z. Links oben: Normales Foto. Rechts oben: Änderung des Beleuchtungswinkels. Links unten: Diffuse Gain-Filter. Rechts unten: Specular Enhancement-Filter.

und kontaktfreie Datenaufnahme stattfinden kann. Zwei RTI-Domes konnten durch das Fellowship finanziert und angeschafft werden. Beide Geräte verfügen über 64 LEDs und ermöglichen damit bei jedem Durchgang die Aufnahme von 64 Bildern. Das größere Gerät weist einen Durchmesser von 100 cm auf und kann für Objekte mit einer Größe von 5 bis 40 cm genutzt werden. Der kleinere Dome weist einen Durchmesser von 50 cm auf und kann für Objekte zwischen 0,5 und 5 cm verwendet werden, da sich die Kamera durch den geringeren Radius des Domes automatisch näher am Objekt befindet. Mit Hilfe von verschiedenen Kameraobjektiven wäre es zwar möglich noch größere oder kleinere Objekte aufzunehmen, jedoch steigern diese Zoom- bzw. Weitwinkelobjektive die Verzerrung der Bilder. Dadurch könnte eine origi-

¹⁹ Ich möchte in diesem Zusammenhang Philipp Groß meinen Dank für seine unzähligen und hilfreichen Tipps aussprechen, welche er mir in Bezug auf das Thema der Fotografie unermüdlich zur Verfügung gestellt hat.

nalgetreue Datenaufnahme nicht mehr gewährleistet werden¹⁹.

Die Betrachtungssoftware der RTI-Bilder bietet nicht nur die Option die Beleuchtung der abgebildeten Objekte dynamisch zu ändern, sondern auch unterschiedliche Filter anzuwenden (**Abb. 3**). So können durch Übersteuerung verschiedener Parameter Details sichtbar werden, die teilweise mit dem bloßen Auge nicht wahrgenommen werden können²⁰. Die fertigen RTI-Bilder sind nicht viel größer als RAW-Dateien und können heutzutage problemlos digital versendet werden. Eine Darstellung der RTI-Bilder im Browser²¹ ist ebenfalls möglich.

Wie eingangs schon erwähnt, liegt ein großer Vorteil dieses Verfahrens darin, dass die Beleuchtungsrichtung nicht entschieden werden muss.

²⁰ Earl u. a. 2010, 6–8; Jones u. a. 2015.

²¹ Palma u. a. 2014. Siehe Palazzo Blu: <<http://vcg.isti.cnr.it/PalazzoBlu/>> (26.02.2020).

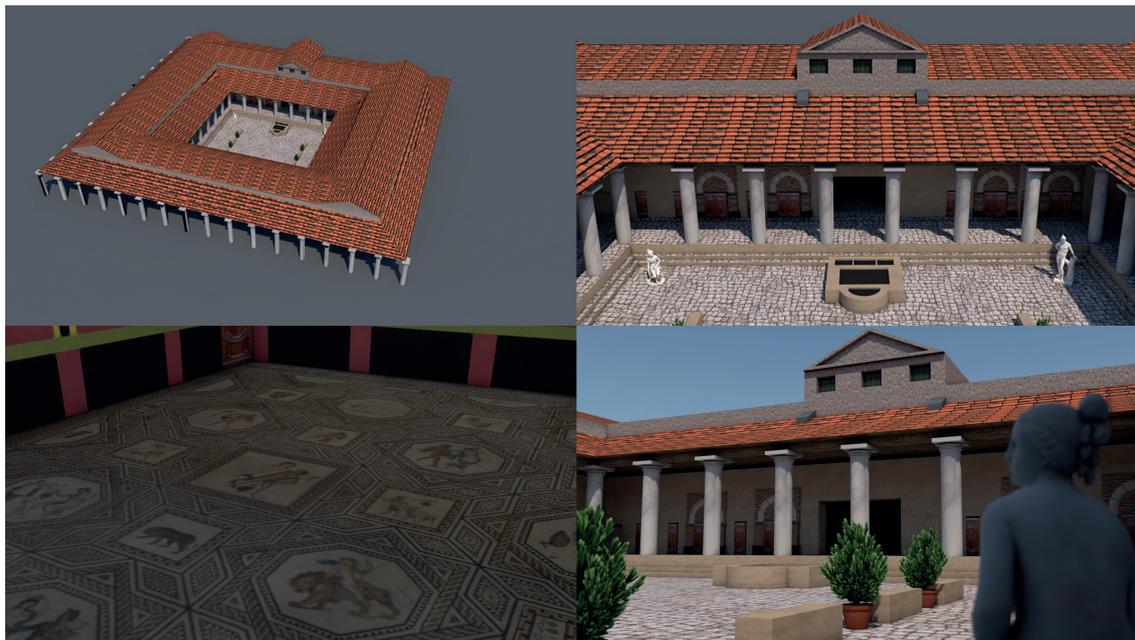


Abb. 4: Rekonstruktion des römischen Hauses. Links oben: Vogelperspektive. Rechts oben: Blick auf den Hof Richtung Speiseaal. Links unten: SfM-Scan des Dionysos-Mosaiks. Rechts unten: Blick vom Hof Richtung Speiseaal

Damit ist sichergestellt, dass das aufgenommene Objekt stets mit dem besten Licht betrachtet werden kann. Zumal eine Beleuchtungsrichtung gut für einen Abschnitt des Objektes, aber nicht für alle Teile sein muss. Das Aufnahmeverfahren ist nicht invasiv, sehr kostengünstig und mobil²². Darüber hinaus können damit kleinste Details an Objekten sichtbar gemacht werden, die bei einem einfachen Foto unter Umständen verborgen bleiben würden.

2.3 Archäologische Rekonstruktionen und Virtual Reality

Das bereits erwähnte Master-Modul „3D-Anwendungen in der Archäologie“ besteht aus den Kursen „3D recording and documentation of material culture“ sowie „3D modelling and reconstruction in Archaeology“. Letzterer Kurs hat zum Ziel, den Studierenden den Umgang mit einer handelsüblichen 3D-Software beizubringen und darüber hinaus die Theorie und Methoden der archäologischen virtuellen Rekonstruktion zu vermitteln. Dadurch

soll gezeigt werden, welchen Nutzen dreidimensionale Rekonstruktionen haben können, aber auch welche Gefahren diese bergen und welche Verantwortung aus der Erstellung solcher Modelle resultiert.

In einem ersten Kursteil wird den Studierenden der Umgang mit der 3D-Software durch kleinere Übungen vermittelt. Im Anschluss werden in Kleingruppen erste Rekonstruktionsprojekte umgesetzt, bevor die Studierenden in Absprache mit dem Dozenten ein eigenes Projekt wählen. Dieses Projekt wird dann in Eigenverantwortung der Studierenden bis zum Semesterende verwirklicht und brachte bislang stets beeindruckende Ergebnisse.

So haben sich beispielsweise Studierende des Sommersemesters 2018²³ der Rekonstruktion eines römischen Hauses in der Nähe des Kölner Doms angenommen. Es handelte sich dabei um ein Peristylhaus, in dem in einem mutmaßlichen Speiseaal 1941 ein Dionysos-Mosaik entdeckt wurde²⁴.

²² Duffy u. a. 2013, 3.

²³ Zu diesen gehörten in alphabetischer Reihenfolge: Miriam Meinhold, Lennart Niehues, Nathalie Powels, Katinka Walker und Sun Way.

²⁴ Fremersdorf 1956, 1 f.

Die Errichtung des römischen Wohnhauses wird auf ungefähr 50 n. u. Z. datiert. Derzeit werden fünf Bauphasen unterschieden, von denen die dritte, die am besten erhaltene gewesen ist²⁵. Die Stadt Köln entschloss sich nach dem 2. Weltkrieg das Römisch-Germanische Museum an der Stelle des Wohnhauses zu errichten und das Fußbodenmosaik in den Museumsbau zu integrieren. Noch heute kann das Mosaik dort in situ besichtigt werden.

Zur Realisierung der Projektidee bemühte sich die Kleingruppe um die Recherche der Quellen, Vergleichsmöglichkeiten, aber auch um die konkrete Aufnahme des Mosaiks im Museum mittels SfM-Verfahren²⁶. In gegenseitiger Absprache wurden Aufgaben verteilt, wie z. B. die Konstruktion des Daches oder des Hofes, und zielgerichtet ausgeführt. So konnte innerhalb einiger Wochen eine virtuelle dreidimensionale Rekonstruktion des Hauses erstellt werden, in welcher ein 3D-Scan des Dionysos-Mosaiks eingegliedert wurde (**Abb. 4**).

Die im Rahmen des Fellowship angeschafften VR-Brillen konnten besonders gut zur Betrachtung der 3D-Rekonstruktion eingesetzt werden. In der letzten Unterrichtseinheit des Semesters, als die Studierenden ihre Rekonstruktion fertiggestellt hatten, wurde diese mit Hilfe der VR-Brille ‚betreten‘. Die Umwandlung des 3D-Modells in eine virtuelle Umgebung erfolgte mit der kostenlosen Game Engine Unity²⁷, welche einem nicht nur ermöglicht virtuell und immersiv in die Rekonstruktion einzutauchen, sondern sich auch darin zu bewegen.

Das Ergebnis wurde dann mit den Mitstudierenden besprochen und virtuell untersucht. Dadurch konnten Fragen nach Sichtbarkeit und Wirkmächtigkeit der Architektur gestellt werden. Beispielsweise: Wie sichtbar war das Mosaik eigentlich? Besucht man die Überreste im Römisch-Germanischen Museum, so kann das Mosaik von einer erhöhten Galerie betrachtet werden, wodurch der Besucher einen guten Überblick erhält. Mit Hilfe der virtuellen Begehung ist es nun aber möglich über das Mosaik zu laufen und zu erfahren, wie

man den Inhalt und die Schönheit des Kunstwerkes in direktem Kontakt wahrnehmen konnte.

Nach einem kurzen Interview mit den Studierenden stellte sich heraus, dass sich die Erfahrbarkeit des Mosaiks in der virtuellen Welt anders darstellte als zuvor angenommen. Alle waren sich jedoch einig darin, dass der Einsatz der Virtuellen Realität für die archäologische Lehre einen Mehrwert darstellt.

3. Symposium

Ein großer Teil des Fellowship beinhaltete die Ausrichtung und Publikation eines 2-tägigen internationalen Symposiums an der Universität zu Köln zum Thema der digitalen Lehre in der Archäologie. Die Veranstaltung fand unter dem Namen „Communicating the Past in the Digital Age – Digital methods for teaching and learning in Archaeology“ vom 12.–13. Oktober 2018 statt.

Ziel der Tagung war es, internationale Forscher aus den Bereichen der digitalen archäologischen Lehre zusammenzuführen und gemeinsam über die neusten Entwicklungen im Thema zu diskutieren. Es wurden Beiträge zu verschiedenen Teilaspekten der digitalen Lehre vorgestellt.

Im ersten Teil ging es um das neue Thema des *Archaeogaming*²⁸. Das Ziel ist es, die archäologische Lehre mit Hilfe von spielerischen Elementen zu verbessern. Zum einen wird sich mit populären Videospielen auseinandergesetzt, um eine Vorstellung vom Einfluss dieser Spiele auf die Wahrnehmung der Vergangenheit innerhalb der Bevölkerung zu gewinnen. Zum anderen geht es um die spielerischen Elemente, die dazu genutzt werden können, archäologisches Wissen zu kommunizieren. Der Beitrag der VALUE Foundation der Universität Leiden konnte zum Beispiel eindrücklich vermitteln, wie man mit Hilfe verschiedener Tools Kindern einen leichteren Zugang zu unserer kulturellen Erbe ermöglichen kann²⁹. Xavier Rubio-Campillo von der Universität in Edinburgh präsentierte ein von ihm mitentwickeltes digitales Spiel, in welchem man als Oberhaupt einer Jäger- und Sammler-Gruppe in verschiedenen Epochen des

25 Fremersdorf 1956, 3–7.

26 Der Autor ist im Namen des Kurses der freundlichen Zustimmung für die Fotoaufnahme seitens des RGM äußerst dankbar.

27 Siehe: <<https://unity.com/de>> (26.02.2020).

28 Reinhard 2018.

29 Boom u. a. 2020.

Paläolithikums überleben lernen muss. Neben dem Unterhaltungsfaktor vermittelt das Spiel beiläufig die unterschiedlichen Nahrungsressourcen, Werkzeuge und die menschliche Evolution im Paläolithikum³⁰.

Der zweite Teil des Symposiums beschäftigte sich mit dem Thema *Lernen im Museum*. Anna Riethus vom Neanderthal Museum in Mettmann präsentierte die NMsee App. Es handelt sich dabei um einen Audio-Guide für Blinde, mit welchem diese die Ausstellung im Museum audio-taktil wahrnehmen können. Kombiniert mit spielerischen Elementen kann die Entwicklung von Apps eine immersivere Wahrnehmung der Ausstellungsinhalte ermöglichen, als es bislang möglich gewesen war³¹. Ana Martí von der Universität Politècnica de València zeigte eine Augmented Reality App, die sie mit ihrem Team für das La Almoína Museum in Valencia entwickelt hat. Mit Hilfe der HoloLens, einer von Microsoft entwickelten Augmented Reality Brille, war es Besuchern möglich, die Ausstellung mit zusätzlichen Informationen und dreidimensionalen Rekonstruktionen, die direkt auf die ausgestellten Ruinen augmentiert wurden, zu erleben. Darüber hinaus wurden die Besucher von einer digitalen Reiseführerin begleitet, welche verschiedene Aspekte der Ausstellung audio-visuell, projiziert auf die Brille, vermittelte³².

Der dritte Teil des Symposiums widmete sich dem Thema der *Digitalen Werkzeuge im Unterricht*. So konnte Michael Remmy von der Universität zu Köln zeigen, wie er in Zusammenarbeit mit den Digital Humanities verschiedene Geocaching Apps entwickelt hat, welche von den Studierenden konzipiert und umgesetzt wurden. Mit Hilfe dieser Apps war es den Studierenden sowie weiteren Testpersonen möglich, das antike Köln in Form einer digitalen Schnitzeljagd zu erkunden und so spielerisch etwas über die Vergangenheit Kölns zu erfahren³³. Juan Hiriart von der Universität in Salford stellte die Ergebnisse seiner Doktorarbeit vor, in welcher er das Potenzial digitaler Spiele für den



Abb. 5: Der Student Matthias Angenendt beim Testen eines Minecraft-Spiels zur Vermittlung römischer Architektur

Geschichtsunterricht untersucht hat. Ein eigens entwickeltes Spiel über das Leben im mittelalterlichen England wurde mit Schülern der Altersklasse 8–11 getestet. Sein Ergebnis war, dass empathische Spiele das Verständnis geschichtlicher Zusammenhänge fördern können³⁴.

Im letzten Teil ging es um das Thema der *Digitalen Lernumgebungen*. Hier konnten Felicitas Fiedler, Erika Holter, Una Ulrike Schäfer und Sebastian Schwesinger eindrucksvoll eine Virtual-Reality Umgebung zeigen, in welcher man sich einen Redner im klassischen Athen anhören konnte. Durch verschiedene Optionen war es möglich, die eigene Position innerhalb der Zuschauer, die Lautstärke oder Aggressivität des Redners sowie des Publikums und andere Einflüsse zu regulieren. Es war damit erfahrbar, unter welchen Umständen man einen antiken Redner überhaupt verstehen konnte³⁵.

Am letzten Nachmittag des Symposiums konnten mit Hilfe von technischen Demonstrationen (**Abb. 5**) verschiedene Lehransätze ausprobiert und erfahren werden. Alle Beiträge³⁶ des Symposiums wurden in Form eines Sammelbandes im Open Access Format publiziert und verfügbar gemacht³⁷.

4. Fazit

Wie im Artikel dargestellt, erfordert die Lehre in der Archäoinformatik einen starken praktischen

³⁰ Rubio-Campillo 2020.

³¹ Riethus 2020.

³² Muñoz – Martí 2020.

³³ Remmy 2020.

³⁴ Hiriart 2020.

³⁵ Holter – Schwesinger 2020.

³⁶ Abgesehen von einem Beitrag von L. Meghan Dennis, welche aus Zeitgründen ihren Vortrag zum Thema der Ethik in Videospiele nicht zur Publikation abliefern konnte.

³⁷ Hageneuer 2020.

Bezug und kann ohne die Einbeziehung moderner Technologien und Methoden nicht vermittelt werden. Dabei können selbstverständlich auch einfachere Formen der hier vorgestellten Verfahren angewendet werden. So müssen SfM-Modelle nicht ausgedruckt, RTI-Bilder nicht mit einem Dome aufgenommen und virtuell erstellte Rekonstruktionen nicht mittels VR-Brille betreten werden. Die Erfahrung der letzten Jahre und die Ergebnisse des an der Universität zu Köln veranstalteten Symposiums haben allerdings gezeigt, dass die Lehre aus mehreren Gründen von diesen Technologien profitieren kann:

Generell wird die Motivation der Studierenden durch die Einbeziehung neuester Technologien für den Einsatz im Seminar immens gesteigert. Ein selbst erstelltes 3D-Modell mit nach Hause nehmen zu können, ist etwas, was Studierenden der Archäologie selten ermöglicht wird. Denkbar wäre beispielsweise eine Sammlung von 3D-Modellen antiker Artefakte, welche für eine mögliche Seminararbeit von Relevanz sind.

Die Einbeziehung aktueller Technologien ermöglicht es den Studierenden darüber hinaus Methoden kennen zu lernen, die für das spätere Berufsleben in der Archäologie relevant sein können. Beispielsweise wurde die RTI-Dome-Technik schon erfolgreich bei der Materialanalyse römischer Kleinfunde im Rahmen einer Master-Abschlussarbeit verwendet³⁸. Die dadurch gewonnenen Erkenntnisse flossen direkt in die Ergebnisse der Arbeit ein.

Der Einbezug von 3D-Technologien in den archäologischen Alltag findet längst statt und tendiert zu einer stärkeren Nutzung von 3D-Dokumentationen, -Modellierungen und -Publikationen als je zuvor³⁹. Der Unterricht mit und in 3D bereitet Studierende auf die zukünftigen Aufgaben an Forschungsinstitutionen, in Museen, Landesdenkmalämtern und bei Drittmittelprojekten vor.

Praktische Fähigkeiten im Bereich der IT und der 3D-Dokumentation und -Rekonstruktion sind sogenannte „transferable skills“ – Fähigkeiten, die auch außerhalb der Archäologie angewandt wer-

den können. Studierende sind sich der prekären Arbeitsbedingungen in der Wissenschaft bewusst und nehmen Möglichkeiten, sich auf ein breiteres Tätigkeitsfeld einzustellen, gerne an.

Bislang finden sich innerhalb Deutschlands keine vergleichbaren Angebote Archäoinformatik in der hier vorgestellten Weise zu studieren. Gerade in Kombination mit anderen Themenbereichen des Lehrstuhls wie der Räumlichen Analyse oder Geoinformationssystemen kann die Universität zu Köln eine für angehende Archäolog*innen in allen Bereichen moderne Hochschulausbildung anbieten. Gerade das Fach der Archäoinformatik nutzt die Möglichkeiten der Digitalen Lehre voll aus, da die Inhalte anders kaum angeboten werden können. Es bleibt zu hoffen, dass auch der klassische Archäologie-Unterricht von den neueren Entwicklungen der Digitalen Lehre profitieren wird.

Literaturverzeichnis

Bay u. a. 2006

H. Bay – T. Tuytelaars – L. van Gool, Speeded-Up Robust Features (SURF), in: L. Leonardis – H. Bischof – A. Pinz (Hrsg.), *Proceedings of the Ninth European Conference on Computer Vision* (Berlin 2006).

Boom u. a. 2020

K. H. J. Boom – C. E. Ariese – B. van den Hout – A. A. A. Mol – A. Politopoulos, Teaching Through Play. Using Video Games as a Platform to Teach about the Past, in: S. Hageneuer (Hrsg.), *Communicating the Past in the Digital Age. Proceedings of the International Conference on Digital Methods in Teaching and Learning in Archaeology* (12th–13th October 2018) (London 2020) 27–44. <https://doi.org/10.5334/bch.c>.

Duffy u. a. 2013

S. M. Duffy – P. Bryan – G. P. Earl – G. Beale – H. Pagi – E. Kotoula, *Multi-Light Imaging for Heritage Applications*, English Heritage (2013).

³⁸ Niehues 2019.

³⁹ Gillings 2005; Lanjouw 2016.

- Earl u. a. 2010
G. P. Earl – K. Martinez – T. Malzbender, Archaeological Applications of Polynomial Texture Mapping. Analysis, Conservation and Representation, *Journal of Archaeological Science* 37 (8), 2010, 2040–2050. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.03.009>.
- Forte 2014
M. Forte, 3D Archaeology New Perspectives and Challenges – The Example of Çatalhöyük, *Journal of Eastern Mediterranean Archaeology & Heritage Studies* 2 (1), 2014, 1–29.
- Fremersdorf 1956
F. Fremersdorf, Das römische Haus mit dem Dionysos-Mosaik vor dem Südportal des Kölner Domes, *Kölner Ausgrabungen I* (Berlin 1956).
- Gillings 2005
M. Gillings, The Real, the Virtually Real, and the Hyper-real. The Role of VR in Archaeology, in: S. Smiles – S. Moser (Hrsg.), *Envisioning the Past. Archaeology and the Image* (Oxford 2005) 223–239.
- di Giuseppantonio di Franco u. a. 2015
P. di Giuseppantonio di Franco – C. Camporesi – F. Galeazzi – M. Kallmann, 3D Printing and Immersive Visualization for Improved Perception of Ancient Artifacts, *Presence* 24 (3), 2015, 243–264. https://doi.org/doi:10.1162/PRES_a_00229.
- Hageneuer 2020
S. Hageneuer (Hrsg.), *Communicating the Past in the Digital Age. Proceedings of the International Conference on Digital Methods in Teaching and Learning in Archaeology (12th–13th October 2018)* (London 2020). <https://doi.org/10.5334/bch>.
- Hiriart 2020
J. Hiriart, How to be a ‘Good’ Anglo-Saxon. Designing and Using Historical Video Games in Primary Schools, in: S. Hageneuer (Hrsg.), *Communicating the Past in the Digital Age. Proceedings of the International Conference on Digital Methods in Teaching and Learning in Archaeology (12th–13th October 2018)* (London 2020) 141–151. <https://doi.org/10.5334/bch.k>.
- Holter – Schwesinger 2020
E. Holter – S. Schwesinger, Modelling and Simulation to Teach (Classical) Archaeology. Integrating New Media into the Curriculum, in: S. Hageneuer (Hrsg.), *Communicating the Past in the Digital Age. Proceedings of the International Conference on Digital Methods in Teaching and Learning in Archaeology (12th–13th October 2018)* (London 2020) 167–177. <https://doi.org/10.5334/bch.m>.
- Jones u. a. 2015
A. M. Jones – A. Cochrane – C. Carter – I. Dawson – M. Diaz-Guardamino – E. Kotoula – L. Minkin, Digital Imaging and Prehistoric Imagery. A New Analysis of the Folkton Drums, *Antiquity* 89 (347), 2015, 1083–1095. <https://doi.org/10.15184/aqy.2015.127>.
- Lanjouw 2016
T. Lanjouw, Discussing the Obvious or Defending the Contested. Why Are We Still Discussing the ‘Scientific Value’ of 3D Applications in Archaeology?, in: H. Kamermans – W. de Neef – C. Piccoli – A. G. Posluschny – R. Scopigno (Hrsg.), *The Three Dimensions of Archaeology. Proceedings of the XVII UISPP World Congress (1–7 September 2014, Burgos, Spain)* (Oxford 2016) 1–11. <http://www.archaeopress.com/ArchaeopressShop/Public/download.asp?id={4D879534-2D7C-4B48-AA7A-642EFD11753B}>.
- Lowe 1999
D. G. Lowe, Object Recognition from Local Scale-Invariant Features, in: IEEE Computer Society (Hrsg.), *Proceedings of the International Conference on Computer Vision, Corfu (Sept. 1999)* (1999) 1–8.
- Lowe 2004
D. G. Lowe, Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints, *International Journal of Computer Vision*, 2004, 1–28.
- Muñoz – Martí 2020
A. Muñoz – A. Martí, New Storytelling for Archaeological Museums Based on Augmented Reality Glasses, in: S. Hageneuer (Hrsg.), *Communicating the Past in the Digital Age. Proceedings of the International Conference on Digital Methods in Teaching and Learning in Archaeology (12th–13th October 2018)* (London 2020) 85–100. <https://doi.org/10.5334/bch.g>.
- Niehues 2019
L. Niehues, *Einordnung und Deutung der Buntmetallobjekte vom römischen Vicus von Mittelstrimmig (Kreis Cochem-Zell)*, Masterarbeit (unpubl.), Universität zu Köln, 2019.
- O’Flaherty – Philips 2015
J. O’Flaherty – C. Philips, The Use of Flipped Classrooms in Higher Education. A Scoping Review, *The Internet and Higher Education* 25, 2015, 85–95. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2015.02.002>.
- Olsen – Caraher 2015
B. R. Olsen – W. R. Caraher (Hrsg.), *Visions of Subs-*

- tance – 3D Imaging in Mediterranean Archaeology (Grand Forka 2015).
- Olsen u. a. 2013
B. R. Olson – R. A. Placchetti – J. Quartermaine – A. E. Killebrew, The Tel Akko Total Archaeology Project (Akko, Israel). Assessing the Suitability of Multi-Scale 3D Field Recording in Archaeology, *Journal of Field Archaeology* 38 (3), 2013, 244–262. <https://doi.org/10.1179/0093469013Z.000000000056>.
- Palma u. a. 2014
G. Palma – M. Baldassarri – M. Favilla – R. Scopigno, Storytelling of a Coin Collection by Means of RTI Images. The Case of the Simoneschi Collection in Palazzo, in: N. Proctor – R. Cherry (Hrsg.), *Museums and the Web 2013* (Silver Spring 2014). <http://mwf2014.museumsandtheweb.com/paper/storytelling-of-a-coin-collection-by-means-of-rti-images-the-case-of-the-simoneschi-collection-in-palazzo-bl/>.
- Reilly 2015
P. Reilly, Additive Archaeology. An Alternative Framework for Recontextualising Archaeological Entities, *Open Archaeology* 2015:1, 2015, 225–235. <https://doi.org/10.1515/opar-2015-0013>.
- Reinhard 2016
J. Reinhard, Structure-from-Motion-Photogrammetrie mit Agisoft PhotoScan. Erste Erfahrungen aus der Grabungspraxis, in: U. Lieberwirth – I. Herzog (Hrsg.), *3D-Anwendungen in der Archäologie. Computeranwendungen und quantitative Methoden in der Archäologie. Workshop der AG CAA und des Exzellenzclusters Topoi 2013* (Berlin 2016) 17–44. <http://edoc.hu-berlin.de/miscellanies/topoi-3d-43007/17/PDF/17.pdf>.
- Reinhard 2018
A. Reinhard, *Archaeogaming – An Introduction to Archaeology in and of Video Games* (New York/Oxford 2018).
- Remy 2020
M. Remy, The X Marks the Spot – Using Geo-Games in Teaching Archaeology, in: S. Hageneuer (Hrsg.), *Communicating the Past in the Digital Age. Proceedings of the International Conference on Digital Methods in Teaching and Learning in Archaeology (12th–13th October 2018)* (London 2020) 127–140. <https://doi.org/10.5334/bch.j>.
- Richards 1997
J. D. Richards, Preservation and Re-Use of Digital Data. The Role of the Archaeology Data Service, *Antiquity* 71 (274), 1997, 1057–1059. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00086014>.
- Riethus 2020
A. Riethus, An Inclusive Prehistory Game by the Blind and Visually Impaired. Creating an Inclusive App Game on Prehistoric Archaeology with the BSVN e.V. for the Permanent Exhibition of the Neanderthal Museum, in: S. Hageneuer (Hrsg.), *Communicating the Past in the Digital Age. Proceedings of the International Conference on Digital Methods in Teaching and Learning in Archaeology (12th–13th October 2018)* (London 2020) 61–71. <https://doi.org/10.5334/bch.e>.
- Rubio-Campillo 2020
X. Rubio-Campillo, Gameplay as Learning. The Use of Game Design to Explain Human Evolution, in: S. Hageneuer (Hrsg.), *Communicating the Past in the Digital Age. Proceedings of the International Conference on Digital Methods in Teaching and Learning in Archaeology (12th–13th October 2018)* (London 2020) 45–58. <https://doi.org/10.5334/bch.d>.
- Ullman 1976
S. Ullman, *The Interpretation of Structure from Motion*, Artificial Intelligence Laboratory, A.I. Memo 476 (Massachusetts 1976) 0–27.
- Weßling u. a. 2013
R. Weßling – J. Maurer – A. Krenn-Leeb, Structure-from-Motion und Pole-Aerial-Photography für die Dokumentation archäologischer Grabungen, in: O. Chvojka (Hrsg.), *Archeologické prospekce a nedestruktivní archeologie v Jihočeském kraji, kraji Vysočina, Jihomoravském kraji a v Dolním Rakousku. Sborník z konference, Jindřichův Hradec 6.3.–7.3.2013* (Budweis 2013) 245–254.
- Abbildungsnachweis: Abb. 1. 2. 5: Sebastian Hageneuer – Abb. 3: Niehues 2019, Kat.-Nr. 39; Original: Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz, Direktion Landesarchäologie, Außenstelle Koblenz, Inv.-Nr. 2019_0299_160 – Abb. 4: Miriam Meinhold, Lennart Niehues, Nathalie Powels, Katinka Walker und Sun Way.
- Anschrift: Sebastian Hageneuer, Universität zu Köln, Archäologisches Institut, Albertus-Magnus-Platz, 50923 Köln.*
E-Mail: s.hageneuer@uni-koeln.de

