

Immersive und browserbasierte virtuelle Realität in der Lehre: Möglichkeiten und Grenzen

Abstract The use of 3D models, *extended reality* environments and immersive and browser-based *virtual reality* (VR) offers new didactic possibilities for teaching archaeology. The first part of the article outlines the advantages and disadvantages of using these technologies. The international teaching project *Virtual Worlds in Teaching Archaeology* is then presented in a second part. This project has set itself the goal of developing and evaluating various learning scenarios in an international consortium. One such learning scenario for the field of classical archaeology is presented in detail. The availability of high-quality digital models and didactic concepts are prerequisites for their use in the teaching in the field of archaeology.

Zusammenfassung Der Einsatz von 3D-Modellen, *Extended-Reality*-Umgebungen und immersiver und browserbasierter *Virtual Reality* (VR) bietet neue didaktische Möglichkeiten für die archäologische Lehre. In einem ersten Teil des Beitrages werden die Vor- und Nachteile des Einsatzes dieser Technologien skizziert. Im Anschluss daran wird in einem zweiten Abschnitt das internationale Lehrprojekt *Virtual Worlds in Teaching Archaeology* vorgestellt, welches sich zum Ziel gesetzt hat, in einem internationalen Konsortium verschiedene Lernszenarien zu entwickeln und zu evaluieren. Ein solches Lernszenario für das Fach Klassische Archäologie wird ausführlich vorgestellt. Voraussetzungen für den Einsatz in der Lehre der archäologischen Wissenschaften sind die Verfügbarkeit qualitativ hochwertiger digitaler Modelle und didaktische Konzepte.

Keywords Klassische Archäologie, Lernszenario, Extended Reality, Virtual Reality, 3D-Modell

In der archäologischen Feldforschung und der Dokumentation von Architektur und Objekten hat der Einsatz digitaler Methoden seit Anfang der 2000er Jahre eine immer größere Bedeutung erlangt.¹ Vor allem die photogrammetrische Methode Structure from Motion (SfM) hat die Erstellung digitaler Zwillinge von archäologischen Objekten wie auch die Dokumentation von Grabungsschnitten technisch erleichtert. Breit genutzt werden ebenso Laserscanner für die digitale Erfassung von Architekturkomplexen oder großflächigen archäologischen Befunden, die sowohl terrestrisch als auch luftgestützt mit Drohnen eingesetzt werden können (Lieberwirth – Herzog 2013; Museen der Stadt Wien – Stadtarchäologie 2021). Diese Techniken führen dazu, dass derzeit eine große Menge digitaler Daten archäologischer Funde und Befunde vorliegt, die lediglich einem kleinen, institutionell begrenzten Kreis zugänglich sind und von diesem exklusiv genutzt werden können.

In der universitären Lehre der archäologischen Fächer steht dabei die Frage im Vordergrund, wie die umfangreich vorhandenen 3D-Modelle in die Lehre in sinnvoller und gewinnbringender Weise eingebunden werden können. Welchen Mehrwert bieten dabei sog. *Extended-Reality*-Anwendungen? Der Beginn der Nutzung immersiver Technologien in der archäologischen Forschung und Lehre begann bereits Ende der 1990er Jahre mit der Etablierung dieser Technologien, so entwickelten z. B. Brian Slator et al. eine web-basierte VR-Umgebung (Slator et al. 2001), um den nordamerikanischen Fundplatz Like-a-Fishhook/Fort Berthold in die Lehre integrieren zu können. Für die wissenschaftliche Auswertung der Ausgrabungen der Brown University im sog. Großen Tempel in Petra haben Eileen Vote et al. mehrere VR-Prototypen entwickelt, in einer Cave Automatic Virtual Environment (CAVE) visualisiert und getestet (Vote et al. 2002). Aufgrund der rasanten technischen Weiterentwicklung einerseits und des hohen finanziellen und technischen Aufwands bei der Nutzung der CAVE-Technologie andererseits war beiden Projekten nur eine kurze Lebensdauer beschieden. Somit zeigt sich bereits in dieser frühen Phase von *Extended-Reality*-Projekten das auch heute noch vorhandene Problem der nachhaltigen Nutzung solcher Insellösungen.

Die Einführung und weite Verbreitung von Smartphones, leistungstärkere und günstigere Computerhardware und erschwinglichere Preise immersiver VR-Brillen haben in den vergangenen Jahren dazu geführt, dass 3D-Modelle und *Extended-Reality*-Anwendungen verstärkt in der Lehre der archäologischen Fächer

1 Der Aufsatz ist im Rahmen des Projekts *Virtual Worlds in Teaching Archaeology* entstanden. An dem Projekt sind neben der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn die Universiteit van Amsterdam, die Universitet i Oslo und die Open Universiteit Nederland beteiligt. Das Projekt wird ko-finanziert von der Europäischen Union in der Förderlinie Cooperation Partnerships des ERASMUS+-Programms (grant agreement 2023-1-DE01-KA220-HED-000151998). Für Literaturhinweise, Denkanstöße und Diskussionen möchte ich Francis Brouns (Heerlen), Adriana Günzel (Bonn), Matthias Lang (Bonn), Lara Mührenberg (Bonn), Ellen Rusman (Heerlen) und Jitte Waagen (Amsterdam) danken.

integriert wurden. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit erheben zu wollen, seien hier Initiativen genannt, die sich mit eben diesem Thema beschäftigen, wie z. B. das Unterprojekt *Virtuelle 3D-Lernwelten* des Projekts *Virtual Collaboration* an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (Jacobs – Stracke 2024), die von Stefan Krmnicek an der Eberhard Karls Universität Tübingen in Zusammenarbeit mit Studierenden entwickelte virtuelle Ausstellung zu spätantiken Kontorniaten (Krmnicek – Körner 2023), das von Fabian Stroth an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg durchgeführte Projekt *MARBLE – Mixed and Augmented Reality in Blended Learning Environments*², die Erarbeitung virtueller Exkursionen in der Christlichen Archäologie an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg durch Ute Verstegen und ihr Team (Verstegen et al. 2022) oder das von Michaela Stark und Claudia Schmieder an der Justus-Liebig-Universität Gießen verantwortete Projekt *Museum 3D – Ein virtueller Ausstellungsraum als DigiLab für Museen und Lehre*³.

International spiegelt sich dieser Trend in der Zunahme einschlägiger Studien wider, die sich mit dem theoretisch-didaktischen Rahmen und der Evaluation der Lehre mit virtuellen Inhalten befassen. So haben Peter J. Cobb et al. (2024) den didaktischen und lernpsychologischen Hintergrund sowie exemplarische Anwendungsbeispiele in der Archäologie und in weiteren Wissenschaften thematisiert. Dabei zeigen Vergleiche aus der Medizin und den Ingenieurwissenschaften das große Potential, das *Extended-Reality*-Anwendungen z. B. für die Diskussion von Ausgrabungsbefunden in Lehrkontexten bereithalten. Anhand des Beispiels der neolithischen Stätte Çatalhöyük in der Türkei analysiert Laia Pujol-Tost, ob und in welcher Form VR-Umgebungen archäologischer Kontexte das Gefühl einer Zeitreise vermitteln können und wie dies von unterschiedlichen Gruppen an Nutzer*innen wahrgenommen wird (Pujol-Tost 2019).

Vor diesem Hintergrund sollen in diesem Aufsatz kurz die Vor- und Nachteile des Einsatzes von 3D-Modellen und *Extended-Reality*-Umgebungen in der archäologischen Lehre skizziert werden, um dann das internationale Lehrprojekt *Virtual Worlds in Teaching Archaeology* vorzustellen. Dieses Projekt hat sich zum Ziel gesetzt, in einem internationalen Konsortium verschiedene Lernszenarien zu entwickeln und zu evaluieren. Ein solches Lernszenario für das Fach Klassische Archäologie wird ausführlich vorgestellt.

2 <https://www.byzanz.uni-freiburg.de/Forschung/marble> [zugegriffen am 31.10.2024]. Zu dem Projekt siehe auch die Aufzeichnung eines Vortrags von Stroth zu „Vom Korkmodell zur AR-Projektion“ unter <https://dikopa.net/2023/06/vom-korkmodell-zur-ar-projektion> [zugegriffen am 31.10.2024].

3 <https://www.uni-giessen.de/de/fbz/fb04/institute/altertum/klassarch/forschung/wissensundtechnologietransfer/museum3d> [zugegriffen am 31.10.2024].

Vor- und Nachteile des Einsatzes von 3D-Modellen und *Extended-Reality*-Umgebungen in der archäologischen Lehre

Zunächst sollen kurz die Vor- und Nachteile bei der Nutzung von 3D-Modellen und *Extended-Reality*-Umgebungen in der Klassischen Archäologie thematisiert werden. Zur Affordanz – dem Angebotscharakter – und den Vor- und Nachteilen dieser Techniken liegen umfangreiche Publikationen aus der Pädagogik und Lernwissenschaft vor (Delgarno – Lee 2010; Jensen – Konradsen 2018). In den archäologischen Wissenschaften liegen die Vorteile dieser Techniken darin, dass Objekte und Monumente in ihrem dreidimensionalen Kontext erschlossen werden können, die ansonsten nicht oder nur sehr eingeschränkt erreichbar sind. Restriktionen können z. B. durch Konfliktsituationen in einzelnen Ländern, durch hohe finanzielle Kosten, einen hohen CO₂-Ausstoß bei Exkursionen oder durch geschlossene Museen oder Grabungsgelände entstehen. Archäologische Objekte in Museen sind zumeist zu kostbar und fragil, als dass Studierende in früheren Semestern diese im Original in die Hand nehmen und begutachten könnten.

Aus didaktischer Sicht fördern vor allem immersive *Extended-Reality*-Anwendungen das räumliche Lernen (Jensen – Konradsen 2018, 11) und können dazu beitragen, dass Studierende den räumlichen Kontext archäologischer Monumente besser verstehen und rekonstruieren können. Damit bilden diese Techniken eine Brücke bei der Vermittlung von Architektur und Städtebau zwischen zweidimensionalen Medien wie Plänen und Fotografien sowie Exkursionen mit Begehungen im archäologischen Gelände. Ebenso wird das visuelle Lernen gefördert. Zusätzlich dazu führt die Auseinandersetzung mit 3D-Modellen zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit archäologischen Objekten.

Die Nachteile in der Nutzung von 3D-Modellen und *Extended-Reality*-Umgebungen liegen in dem bislang hohen technischen Aufwand ihrer Erstellung und Nutzung. Dies führt dazu, dass zurzeit vorrangig über Drittmittel gestützte Projekte Konzepte für die didaktische Nutzung entwickeln. Nach Ende der Projekte fehlen dann häufig die Ressourcen und das technische Wissen, um die erarbeiteten didaktischen Konzepte und virtuellen Modelle weiterhin in der Lehre einsetzen zu können.

Für einen übergreifenden Einsatz von 3D-Modellen und *Extended-Reality*-Umgebungen in der Klassischen Archäologie fehlt aktuell die Datengrundlage. Zwar liegen mittlerweile für zahlreiche Originale und Gipsabgüsse aus unterschiedlichen archäologischen Sammlungen virtuelle Zwillinge vor, die Qualität ist allerdings sehr heterogen. Dazu kommt, dass sie selten frei zugänglich und gemeinsame Datenstandards in Bezug auf Metadaten, Auflösung und Rohdaten bislang erst in Ansätzen entwickelt worden sind. Ein großes Desiderat sind 3D-Modelle wichtiger Ausgrabungsstätten und Gebäude, für die bislang keine Datengrundlage vorliegt. Auch das weitgehende Fehlen didaktischer Anwendungsmöglichkeiten und Vorbilder sowie

eine kritische Evaluation des Einsatzes dieser Techniken erschweren den verbreiteten Einsatz in den archäologischen Disziplinen.

Das Projekt *Virtual Worlds in Teaching Archaeology*

Im Projekt *Virtual Worlds* haben sich die Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn als koordinierende Einrichtung, die Universitäten in Amsterdam und Oslo sowie die Open Universiteit der Niederlande zusammengefunden, um Lernszenarien für die archäologischen Wissenschaften mit dem Einsatz von 3D-Modellen und VR-Umgebungen zu entwickeln und zu testen. Die Projektpartner*innen können auf lokale Initiativen, Erfahrungen und bestehende Datensätze zurückgreifen, die auf europäischer Ebene zusammengeführt und weiterentwickelt werden. Ziel ist es, die Lehre in den archäologischen Fächern durch den Einsatz virtueller Welten zu verbessern, digitale Zugänge zum kulturellen Erbe zu ermöglichen und für kreative Prozesse in unterschiedlichen Kontexten nutz- und wiederverwendbar zu machen.

Eine grundsätzliche Problematik bei der Anwendung digitaler Methoden für die Weiterentwicklung der universitären Lehre in den archäologischen Fächern besteht darin, dass zwar an zahlreichen Standorten in Deutschland und Europa lokale Initiativen und Projekte arbeiten, allerdings kaum eine übergreifende Diskussion oder Zusammenarbeit stattfindet. Ein Austausch von Modellen und Lernszenarien bzw. deren Bereitstellung unter offenen Lizenzen, die eine Weiternutzung ermöglichen, wird nicht praktiziert. Dies ist aber von zentraler Bedeutung, um die Lehre in den archäologischen Fächern weiterzuentwickeln und um zu erkennen, welche virtuellen Anwendungen eine Verbesserung darstellen. Grundsätzlich ist zu fragen, wann die eingesetzten neuen Methoden hilfreich, motivierend und für den Lernprozess förderlich sind, wann sie lediglich Aufmerksamkeit erregen, ohne einen didaktisch-inhaltlichen Mehrwert zu haben, und wann und unter welchen Bedingungen ihr Einsatz vielleicht sogar kontraproduktiv ist.

Im Projekt werden an den Universitäten Amsterdam, Bonn und Oslo mehrere Lernszenarien entwickelt, im universitären Unterricht angewendet und anschließend evaluiert. Für unterschiedliche Niveaustufen auf BA- und MA-Ebene werden so Beispiele für Lehrveranstaltungen entwickelt, in die unterschiedliche virtuelle Inhalte – von 3D-Modellen aus archäologischen Sammlungen bis hin zu VR-Umgebungen von Ausgrabungsstätten – integriert werden. Auf Grundlage der Evaluationen soll überprüft werden, ob und in welcher Form diese virtuellen Elemente einen didaktischen Mehrwert erbringen, wie sie von den Studierenden angenommen werden und wo technische Schwierigkeiten liegen, die mit der Nutzung verbunden sind.

Das Projekt soll somit als ein Beispiel guter Praxis fungieren, um die Lehre in den archäologischen Fächern evidenzbasiert zu verbessern.

Ein weiteres Ziel des Projekts ist es, die Anzahl an digitalen Zwillingen archäologischer Objekte und an virtuellen Welten archäologischer Kontexte zu vergrößern und zugänglich zu machen, da nur auf einer möglichst breiten Grundlage eine sinnvolle Einbindung in die Lehre möglich ist. Dafür produzieren die Projektpartner*innen 3D-Modelle von Objekten aus archäologischen Sammlungen und VR-Umgebungen, standardisieren diese und stellen sie anschließend online unter Creative-Commons-Lizenzen zur Verfügung. So können die bislang von der Universität Bonn produzierten Modelle z. B. auf der Plattform *Sketchfab* angesehen und heruntergeladen werden.⁴ Langzeitarchiviert und über die Laufzeit proprietärer Plattformen hinaus abrufbar gehalten werden die Modelle über das Forschungsdatenrepositorium der Universität Bonn.⁵ Auf diese Weise sollen die Ergebnisse des Projekts auch außerhalb des Konsortiums weiterverwendet, in verschiedene Lernkontexte außerhalb von *Virtual Worlds* integriert und von Kolleg*innen für eigene Lernszenarien und Lehrveranstaltungen genutzt werden können.

Im Projekt werden mit immersiven und browserbasierten VR-Anwendungen zwei unterschiedliche Techniken eingesetzt. Für immersive VR-Anwendungen werden aktuell kommerzielle VR-Brillen genutzt. Zukünftig wird verstärkt der Einsatz von Smartphones und einfachen VR-Brillen aus Karton für den Unterricht getestet. Durch die VR-Brillen wird ein tiefes Eintauchen in die virtuellen Welten ermöglicht, wodurch vor allem das räumliche Verständnis von archäologischen und architektonischen Kontexten gefördert wird. Ein Beispiel ist der von der Universität Bonn erstellte digitale Zwilling der Doppelkapelle zu Bonn-Schwarzhof, dem Aufnahmen mit 3D-Laserscan und Digitalfotografie zu Grunde liegen (Jacobs – Stracke 2024). Das begehbare VR-Modell ist auf Basis der Grafik-Software *Unreal Engine* von Philippe Pathé entwickelt und didaktisch von Hanna Jacobs konzipiert worden. Virtuell begehrbar ist die VR-Umgebung mit Headset und Hand-Controllern. Die Zusammenarbeit mit anderen Personen im virtuellen Raum ist über einen Multiplayer-Modus möglich.

Wie bereits angeführt, setzen immersive VR-Anwendungen einen hohen technischen und finanziellen Aufwand sowohl in der Produktion der Inhalte als auch in der Betreuung deren Nutzung voraus. Die Inhalte können nur von einer kleinen Gruppe an Lernenden genutzt werden, die von der Verfügbarkeit von VR-Brillen und leistungsstarken Rechnern abhängig ist. Die Anzahl der Lernenden kann aber dadurch erhöht werden, dass ein Teil der Gruppe über einen Bildschirm oder Beamer das Geschehen in der virtuellen Welt verfolgt und diskutiert.

4 <https://sketchfab.com/bcdh> [zugegriffen am 31.10.2024].

5 <https://bonndata.uni-bonn.de/dataverse/bcdh> [zugegriffen am 31.10.2024].

Für größere Lerngruppen bieten sich browserbasierte virtuelle Welten an, die über das Internet betreten und genutzt werden können. Für Nutzer*innen erfordert dies aus technischer Sicht weniger Aufwand, da keine zusätzlich über den Computer hinausgehende Technologie erforderlich ist. Im Vergleich zu hochauflösenden immersiven virtuellen Welten haben die browserbasierten dagegen eine deutlich geringere Auflösung, sodass kleine Details kaum bzw. nicht sichtbar sind. Ein gutes Beispiel einer solchen im Browser begehbaren virtuellen Welt ist das im Rahmen des Projekts *Virtual Past Places* an der Universität Amsterdam erstellte virtuelle Modell der Ausgrabungsstätte Troja in der Türkei.⁶ Dabei wird als gut nutzbare und technisch bereits entwickelte Anwendung auf die Plattform Mozilla Hubs zurückgegriffen, die es möglich macht, sich gemeinschaftlich in virtuellen Räumen zu treffen. Auf diese Weise können größere Gruppen von Lernenden über die zur Verfügung stehenden Endgeräte die virtuellen Räume – archäologische Ausgrabungsstätten oder historische Orte – betreten und kollaborativ an Aufgaben arbeiten (Waagen et al. 2024).

Praxisbeispiel eines Lernszenarios: Einführung in die griechische Archäologie

Im Rahmen des Projekts *Virtual Worlds* wurde an der Universität Bonn die Veranstaltung *Einführung in die Griechische Archäologie* inhaltlich überarbeitet und durch die Nutzung digitaler Zwillinge griechischer Keramik und Skulptur sowie virtueller Museumsräume angereichert. Das Ziel dieser Umstellung ist es, die Studierenden in der Veranstaltung zu aktivieren und sie die grundlegenden Schritte bei der Datierung, typologischen Einordnung und ikonographischen Analyse archäologischer Objekte gehen zu lassen. Die Lehrveranstaltung besteht aus einer Mischung aus frontaler Vermittlung von Inhalten, exemplarischer Anwendung dieser Inhalte an 3D-Modellen griechischer Keramik und Skulptur sowie Gruppenarbeit in VR-Umgebungen, um die Inhalte zu festigen. Im Folgenden werden die Einheiten zur Keramik, Skulptur und – für die Zukunft geplant – Architektur vorgestellt und erläutert.

Die Unterrichtseinheit zur Keramik ist in drei Sitzungen aufgeteilt. In einer ersten Sitzung werden mit den Techniken der Keramikproduktion, der Typologie der Gefäße, der Datierung und der Ikonographie die zentralen Inhalte der griechischen Keramik und Vasenmalerei vorgestellt. Im Anschluss an diese frontal gehaltene Sitzung erhält jede*r Studierende*r einen digitalen Zwilling eines Keramikgefäßes. Aktuell

6 <https://www.virtualpastplaces.eu/?p=71> [zugegriffen am 31.10.2024]. Weitere durch das Projekt erstellte virtuelle Welten sind unter <https://www.virtualpastplaces.eu> [zugegriffen am 31.10.2024] zu finden.

liegt dazu eine Grundlage von über 30 3D-Modellen bemalter Keramikgefäße von der geometrischen bis in die klassische Epoche aus dem Akademischen Kunstmuseum der Universität Bonn und der Originalsammlung der Klassischen Archäologie der Universität Tübingen vor.⁷ Mit den ihnen zugeteilten digitalen Zwillingen führen die Studierenden dann in der Woche bis zur zweiten Sitzung mit Hilfe von Literaturhinweisen eigenständige Recherchen zu Gefäßtypus, zur wahrscheinlichen Funktion des Gefäßes, zur Datierung und zur Ikonographie der abgebildeten Szenen durch. Das didaktische Ziel ist es dabei, die Inhalte der einführenden Sitzung anzuwenden.

In der zweiten Sitzung werden dann – je nach Anzahl der Teilnehmer*innen der Lehrveranstaltung – drei Gruppen von Studierenden mit jeweils chronologisch, typologisch und ikonographisch möglichst unterschiedlichen Gefäßen gebildet. Die Gruppen erhalten den Arbeitsauftrag, auf Grundlage ihrer Gefäße eine virtuelle Ausstellung zu konzipieren. Dabei sollen die Studierenden in den Gruppen erarbeiten, unter welchen Gesichtspunkten die Objekte in der Ausstellung gruppiert werden könnten. Welche Geschichte möchten die Studierenden mit ihrer Ausstellung erzählen bzw. welcher Fragestellung wollen sie nachgehen? So könnten die Gefäße beispielsweise nach ihrer chronologischen Entwicklung oder nach ihrer jeweiligen Funktion gruppiert werden. Denkbar ist auch eine Aufstellung nach ikonographischen Gesichtspunkten oder die Studierenden entwickeln eigenständige Ordnungssysteme und Narrative. Ziel dieser Gruppenarbeit ist es, auf Grundlage des archäologischen Materials eigenständig Fragestellungen zu entwickeln, gemeinsam zu diskutieren und auf dieser Basis dann das archäologische Material zu untersuchen und zu präsentieren.

In einer dritten Sitzung stellen die Studierenden „ihre“ Gefäße den Kommiliton*innen im Rahmen virtueller Ausstellungen vor, die in VR betreten werden können. Dafür wurde von Philippe Pathé ein virtueller Museumsraum erstellt, in dem die Objekte aufgestellt und dann durch „Gäste“ betrachtet, in die Hand genommen und untereinander oder mit den Dozierenden diskutiert werden können. Jede der Gruppen bietet eine kurze Führung an, in der das Konzept erläutert wird. Die Ziele dieser dritten Sitzung mit der virtuellen Ausstellung und der Gruppenarbeit sind es, das in Eigenarbeit erlangte Wissen zu festigen und anzuwenden sowie die gemeinschaftliche Entwicklung wissenschaftlicher Fragestellungen einzuüben.

Die Unterrichtseinheit zur Skulptur ist ebenfalls in drei Sitzungen aufgeteilt. In einer ersten Sitzung werden mit Material und Technik, Kopien und Umbildungen,

7 Unser Dank für die Genehmigung, die Gefäße digital aufnehmen zu dürfen, gilt dem Direktor des Akademischen Kunstmuseums Bonn, Frank Rumscheid, und dem Kustos der Originalsammlung des Instituts für Klassische Archäologie der Universität Tübingen, Alexander Heinemann. Die Dokumentation und digitale Nachbearbeitung und Modellierung wurde von Matthias Lang, Philippe Pathé, Adriana Günzel und Liza-Marie Peters durchgeführt.

Bildhauern und der chronologischen Entwicklung zentrale Inhalte vorgestellt. Im Anschluss an diese frontal gehaltene Sitzung erhält jede*r Studierende*r einen digitalen Zwilling einer Skulptur. Die Datengrundlage besteht hier aus ungefähr 30 3D-Modellen von Gipsabgüssen griechischer Skulptur von der Archaik bis in die hellenistische Zeit aus dem Akademischen Kunstmuseum der Universität Bonn und der Originalsammlung der Klassischen Archäologie der Universität Tübingen. Darüber hinaus werden weitere auf *Sketchfab* bereitgestellte Modelle verwendet. Mit den ihnen zugewiesenen digitalen Zwillingen führen die Studierenden dann in der Woche bis zur zweiten Sitzung mit Hilfe von Literaturhinweisen eigenständige Recherchen zur Datierung, zur Frage, ob es sich um ein griechisches Original oder eine römische Kopie handelt, zur Benennung sowie zur ikonographischen Ansprache durch. Das didaktische Ziel ist auch hier, die in der ersten Sitzung vermittelten Methoden und Inhalte anzuwenden.

In der zweiten Sitzung der Unterrichtseinheit Skulptur werden die Studierenden dann in drei Gruppen zur archaischen, klassischen und hellenistischen Zeit aufgeteilt. Der Arbeitsauftrag ist auch hier, auf Grundlage der Skulpturen eine virtuelle Ausstellung zu konzipieren. Die Studierenden sollen eigenständig ein Konzept entwickeln, nach dem sie die Skulpturen präsentieren. Dabei können sie die digitalen Zwillinge chronologisch oder inhaltlich gruppieren, nach ihrer Funktion oder nach griechischem Original und römischer Kopie. Auch in dieser Unterrichtseinheit können die Studierenden wieder eigene Ideen und Ordnungsprinzipien festlegen. Die Ziele der Gruppenarbeit zur Skulptur sind das Einüben des vergleichenden Sehens, die kritische Reflexion des Stils als chronologisches Ordnungssystem und die Berücksichtigung des Kontexts sowie der Funktion bei der Interpretation von Skulptur.

In einer dritten Sitzung stellen die Studierenden „ihre“ Skulpturen den Kommiliton*innen im Rahmen virtueller Ausstellungen vor, die in VR betreten werden können. Durch unterschiedliche virtuelle Räume zur Skulptur der archaischen, klassischen und hellenistischen Zeit lernen die Studierenden die unterschiedlichen stilistischen Eigenheiten kennen, können die räumlichen Dimensionen der Skulpturen wahrnehmen, üben sich im vergleichenden Sehen und befassen sich mit unterschiedlichen Kontexten, in denen Skulptur der griechischen Zeit zu finden war. Auch hier ist wieder das Ziel, das in Eigenarbeit erlangte Wissen zu festigen, anzuwenden sowie gemeinschaftlich wissenschaftliche Fragestellungen zu entwickeln.

Um ein den Unterrichtseinheiten zu Keramik und Skulptur vergleichbares Konzept zur Architektur der griechischen Zeit zu erstellen, fehlt aktuell die Grundlage geeigneter und frei zugänglicher 3D-Modelle und VR-Umgebungen. Daher kann an dieser Stelle nicht auf ein bereits entwickeltes Lernszenario zurückgegriffen werden, sondern es sollen lediglich einige Ideen skizziert werden, wie ein solches Szenario zum Thema „Griechische Architektur“ gestaltet werden könnte. Um die Studierenden mit den unterschiedlichen Typen und Grundrissen griechischer Tempel und deren

Säulenordnungen vertraut zu machen, werden unter anderem 3D-Modelle von Fundamenten der bedeutendsten Tempel von der archaischen bis in die hellenistische Zeit benötigt. Auf dieser Grundlage kann dann die Rekonstruktion von Tempelgrundrissen erläutert und diskutiert werden. Für das Erlernen der Säulenordnungen werden jeweils 3D-Modelle einzelner Elemente der dorischen, ionischen und korinthischen Säulenordnung benötigt. In Kleingruppen könnten den Studierenden z. B. in einer virtuellen Umgebung – sowohl browserbasiert als auch immersiv – die einzelnen baulichen Elemente einer der drei Säulenordnungen vorgelegt werden, die sie dann gemeinsam korrekt zusammensetzen müssten. In diesem Prozess würden wichtige Punkte der Baukonstruktion sowie der Eigenheiten der unterschiedlichen Ordnungen thematisiert und diskutiert.

Fazit und Ausblick

Neben dem hier skizzierten Einsatz von 3D-Modellen und *Extended-Reality*-Anwendungen in einem Einführungskurs zu Beginn des Studiums der Klassischen Archäologie eignen sich diese Techniken grundsätzlich auch für Veranstaltungen in höheren BA-Semestern oder im MA-Studium. So können die Studierenden mit 3D-Modellen von Architektur-, Keramik- und Skulpturfragmenten in die wissenschaftliche Diskussion zur Interpretation und Rekonstruktion dieser Objekte eingeführt werden. Auf Grundlage von 3D-Umgebungen komplexer archäologischer Befundsituationen oder deren Rekonstruktionen in einer VR-Umgebung von Ausgrabungskontexten oder Fundamentresten können Beschreibung und wissenschaftliche Interpretation von archäologischen Befunden eingeübt und im virtuellen Raum diskutiert werden. Denkbar sind auch die Erstellung virtueller Ausstellungen durch Studierende – wie bereits von Krmnicek und Körner praktiziert (Krmnicek – Körner 2023) – oder die kritische Diskussion der Methode der sog. Kopienkritik auf Grundlage digitaler Zwillinge.

Eine wichtige Voraussetzung für die Nutzung von 3D-Modellen und *Extended-Reality*-Anwendungen in der Lehre der archäologischen Wissenschaften ist die Verfügbarkeit von qualitativ hochwertigen digitalen Modellen. Grundsätzlich dürften dafür in den digitalen Archiven der Universitäten und Museen in Deutschland – bedingt durch die digitale Dokumentation der Sammlungen – und den außeruniversitären Forschungseinrichtungen wie dem Deutschen Archäologischen Institut genügend Daten vorhanden sein, die einen chronologisch, regional und kulturell großen Rahmen überspannen. Diese Daten müssen allerdings unter offenen Lizenzen und einheitlichen Datenstandards zur Verfügung gestellt werden.

Parallel dazu müssen didaktische Konzepte für die Lehre in den archäologischen Wissenschaften erstellt, getestet und offen zugänglich zur Verfügung gestellt werden,

um die vorhandenen technischen Möglichkeiten effektiv nutzen zu können. Dabei müssen offen und kritisch sowohl die Chancen als auch die Probleme, die mit der Nutzung von *Extended-Reality*-Anwendungen einhergehen, thematisiert werden. Die Studierenden müssen einerseits mit diesen Techniken vertraut gemacht und andererseits in einer frühen Phase des Studiums zur kritischen Auseinandersetzung mit Forschungsnarrativen, die diese Techniken bedingen, ermutigt werden. Zu betonen ist, dass die digitalen Möglichkeiten nicht den Umgang mit den Objekten und Kontexten im Original ersetzen können. Sie sind aber dazu geeignet, Studierende in unterschiedlichen Stadien ihres Studiums zu motivieren und ihnen bereits früh den Umgang mit Objekten zu ermöglichen – und zwar zusätzlich zu der Teilnahme an Exkursionen und Grabungen sowie dem Besuch von Museen. Hier gilt es – im Sinne eines *seamless learning* (Wong – Looi 2011) – die medialen Grenzen der verschiedenen Lernumgebungen miteinander zu verschränken, um die Lehre in den archäologischen Wissenschaften effektiv zu verbessern und attraktiver zu gestalten.

ORCID®

Stefan Feuser  <https://orcid.org/0000-0003-0625-3095>

Referenzen

- Cobb, Peter J. – Cobb, Elvan – Liang, Jiafang – Kiyama, Ryushi – Ng, Jeremy (2024): Theoretical Foundations for Archaeological Pedagogy with Digital 3D, Virtual, Augmented, and Mixed Reality Technologies, in: *Journal of Archaeology and Education*, Bd. 8, Nr. 1, [online] <https://digitalcommons.library.umaine.edu/jae/vol8/iss1/1> [zugegriffen am 10.02.2025].
- Delgarno, Barney – Lee, Mark J. (2010): What are the Learning Affordances of 3-D Virtual Environments?, in: *British Journal of Educational Technology*, Bd. 41, Nr. 1, S. 10–32, [online] <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>.
- Jacobs, Hanna Christine – Stracke, Christian M. (2024): *Virtual Reality und digitale Zusammenarbeit für die Lehre in der Kunstgeschichte – ein Erfahrungsbericht am Beispiel der Doppelkapelle zu Bonn-Schwarzeiche*, [online] <https://digitrip.hypotheses.org/2683> [zugegriffen am 31.10.2024].
- Jensen, Lasse X – Konradsen, Flemming (2018): A Review of the Use of Virtual Reality Head-Mounted Displays in Education and Training, in: *Education and Information Technologies*, Bd. 23, S. 1515–1529, [online] <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>.

- Krmnicek, Stefan – Körner, Kevin (2023): Antike Münzen und ihre museale Präsentation in Virtual Reality – ein Arbeitsbericht, in: *Online Zeitschrift zur Antiken Numismatik*, Bd. 5, S. 37–50, [online] <https://doi.org/10.17879/ozean-2023-5053>.
- Lieberwirth, Undine – Herzog, Irmela (Hrsg.) (2013): *3D-Anwendungen in der Archäologie. Computeranwendungen und quantitative Methoden in der Archäologie – Workshop der AG CAA und des Exzellenz-Clusters Topoi 2013*, Berlin: Edition Topoi, [online] <https://doi.org/10.17171/3-34>.
- Museen der Stadt Wien – Stadtarchäologie (Hrsg.) (2021): *Monumental Computations. Digital Archaeology of Large Urban and Underground Infrastructures*, Heidelberg: Propylaeum, [online] <https://doi.org/10.11588/propylaeum.747>.
- Pujol-Tost, Laia (2019): Did We Just Travel to the Past? Building and Evaluating with Cultural Presence Different Modes of VR-Mediated Experiences in Virtual Archaeology, in: *Journal on Computing and Cultural Heritage*, Bd. 12, Nr. 1, S. 1–20, [online] <https://doi.org/10.1145/3230678>.
- Slator, Brian M. – Clark, Jeffrey T. – Landrum III, James – Bergstrom, Aaron – Hawley, Justin – Johnston, Eunice – Fisher, Shawn (2001): Teaching with Immersive Virtual Archaeology, in: Thwaites, Hal – Addison, Lon (Hrsg.), *Proceedings of the Seventh International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, Los Alamitos: IEEE Computer Society, S. 253–262, [online] <https://doi.org/10.1109/VSM.2001.969648>.
- Verstegen, Ute – Mührenberg, Lara – Nicol, Falk – Abura, Jenny (2022): Virtual Reality in der Christlichen Archäologie. Zur Konzeption virtueller Exkursionen und ihrem Einsatz in der universitären Lehre, in: Pirker, Viera – Pisonic, Klara (Hrsg.), *Virtuelle Realität und Transzendenz. Theologische und didaktische Erkundungen*, Freiburg: Verlag Herder, S. 190–220.
- Vote, Eileen – Acevedo Feliz, Daniel – Laidlaw, David H. – Sharp Joukowsky, Martha (2002): Discovering Petra: Archaeological Analysis in VR, in: *IEEE Computer Graphics and Applications*, Bd. 22, Nr. 5, S. 38–50, [online] <https://doi.org/10.1109/MCG.2002.1028725>.
- Waagen, Jitte – Lanjouw, Tijm – Huurdeman, Hugo (2024): Virtual Past Places. Reinventing the Classroom using Virtual Reality in Humanities Education, in: Saloul, Ihab (Hrsg.), *AHM Conference 2024: 'Heritage, Memory and Material Culture'*, Amsterdam: Amsterdam University Press, S. 85–91, [online] <https://hdl.handle.net/11245.1/c5380b5d-fa06-41cc-9a7d-be80bec254a9> [zugegriffen am 02.05.2025].
- Wong, Lung-Hoi – Looi, Chee-Kit (2011): What Seams Do We Remove in Mobile-Assisted Seamless Learning? A Critical Review of the Literature, in: *Computer & Education*, Bd. 57, S. 2364–2381, [online] <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.06.007>.