

Florian M. Müller · Kathrin Schuchter ·
Christoph Quinger

3D-DOKUMENTATION, VISUALISIERUNG UND VERMITTLUNG ANTIKER OBJEKTE IM ARCHÄOLOGISCHEN UNIVERSITÄTS- MUSEUM INNSBRUCK

Die Aufgabe von allen sammelnden Kulturinstitutionen besteht darin, ihre Bestände dauerhaft und sicher zu bewahren, diese nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft zu erfassen und zu erforschen sowie die dadurch gewonnenen Erkenntnisse über die Exponate ihrer Sammlungen an eine interessierte Öffentlichkeit zu vermitteln.

Beim Sammeln, Dokumentieren, Erschließen, Bewahren und Zugänglichmachen von Beständen hat auch die Digitalisierung in den letzten Jahren eine immer größere Bedeutung erlangt. Im Rahmen der sogenannten digitalen Sammlungsforschung soll ein Arbeiten mit Sammlungen und ihren Objekten durch digitale Methoden, Werkzeuge und Anwendungen ermöglicht werden. Dies setzt voraus, dass zunächst Strategien für die Aufnahme der Exponate wie auch die Auswertung, Präsentation und Bewahrung der durch den Prozess der Digitalisierung gewonnenen Daten entwickelt werden müssen. Nur durch bedarfsgerechte digitale Angebote können die für die unterschiedlichen Herausforderungen jeweils passenden Modelllösungen etabliert werden, um anschließend auch eine breitere Anwendung zu finden.

Während bei Archiven und Bibliotheken vor allem die digitale Erschließung von Texten wie Büchern, Manuskripten, Handschriften, Briefen, Akten und Bildern als Zeugnisse des kulturellen Gedächtnisses die zentrale Aufgabe darstellt, ergibt sich bei Museen neben der Inventarisierung und Katalogisierung der Sammlungsbestände und der Rekonstruktion der Sammlungs- und Objektgeschichten auch die Herausforderung der Aufnahme und Visualisierung der vielfach dreidimensionalen Exponate und ihrer Überführung in den digitalen Raum. Neben der reinen Fotografie wird hier seit einigen Jahren vermehrt auf die Methoden der 3D-Dokumentation und Visualisierung gesetzt. Im Folgenden sollen die Konzeption, der Ablauf, die Ziele und das Ergebnis des Projektes »3D-Dokumentation, Visualisierung und Vermittlung antiker Objekte im Archäologischen Universitätsmuseum Innsbruck« näher vorgestellt und abschließend aber auch auf die sich dabei ergebenden Herausforderungen eingegangen werden.

I. Das Archäologische Museum Innsbruck – Sammlung von Abgüssen und Originalen der Universität Innsbruck

Das Archäologische Museum Innsbruck – Sammlung von Abgüssen und Originalen der Universität Innsbruck wurde 1869 gegründet.¹ In einer Zeit, als es Kunst- und Antikenliebhaber:innen, aber auch genauso Lehrenden wie Studierenden kaum möglich war, Reisen zu den weit entfernten, neu entdeckten Ausgrabungsstätten und den nun entstehenden archäologischen Museen Europas zu unternehmen, waren Kollektionen von Gipsabgüssen antiker Kunstwerke als Anschauungsmaterial für die Studierenden wie die Forschenden auch an den Universitäten notwendig geworden.² Das Innsbrucker Museum stellt in seiner Kombination aus Abgüssen, Kopien und Originalen mit nunmehr über 1.300 Objekten die größte Kollektion klassischer Antiken in Westösterreich dar und nimmt mit diesem Schwerpunkt eine Sonderstellung innerhalb der Tiroler Museumslandschaft und eine wichtige Scharnierfunktion zwischen Universität und interessierter Öffentlichkeit ein.

Die Sammlung von Abgüssen ermöglicht heute einen nahezu geschlossenen Überblick über die Entwicklung der griechischen und römischen Kunst- und Kulturgeschichte. Von der minoisch-mykenischen Zeit über die Archaik, die Klassik, den Hellenismus, die etruskische und römische Kunst bis in die Spätantike werden Objekte der Plastik, Architektur und Kleinkunst ausgestellt. Auch wurde versucht, eine möglichst umfangreiche Sammlung von Plastiken und Reliefs aus dem Alptiroler Raum aufzubauen, um so die im Original verstreuten Werke zumindest in Abgüssen zu vereinen. Durch den

- 1 Zur Geschichte der Innsbrucker Sammlung vgl. Florian M. Müller: Das Archäologische Museum Innsbruck – Sammlung von Abgüssen und Originalen der Universität Innsbruck: Forschen – Lehren – Vermitteln, in: ders. (Hg.): Archäologische Universitätsmuseen und -sammlungen im Spannungsfeld von Forschung, Lehre und Öffentlichkeit, Wien, Berlin und Münster 2013, S. 289-323. Vgl. auch die Homepage des Archäologischen Universitätsmuseums Innsbruck (<http://archaeologie-museum.uibk.ac.at>, Zugriff: 17. Mai 2023).
- 2 Zur Geschichte und Bedeutung von Abguss-Sammlungen vgl. Hans Ulrich Cain: Gipsabgüsse. Zur Geschichte ihrer Wertschätzung, in: Anzeiger des Germanischen Nationalmuseums und Berichte aus dem Forschungsinstitut für Realienkunde 1995, S. 200-215; Adolf H. Borbein: Zur Geschichte der Wertschätzung und Verwendung von Gipsabgüssen antiker Skulpturen (insbesondere in Deutschland und in Berlin), in: Henri Lavagne Henri und François Queyrel (Hg.), Les moulages de sculptures antiques et l'histoire de l'archéologie. Actes du colloque international Paris, 24 octobre 1997, Genf 2000, S. 29-43; Johannes Bauer: Gipsabgüßsammlungen an deutschsprachigen Universitäten. Ein Skizze ihrer Geschichte und Bedeutung, in: Jahrbuch für Universitätsgeschichte 5, 2002, S. 117-123.

Ankauf entsprechender Repliken, aber auch von geeigneten Nachschöpfungen sowie Modellen soll zudem ein besseres Bild der materiellen Alltagskultur in den römischen Provinzen vermittelt werden.

Neben den Abgüssen besitzt das Museum aber aus Zeiten, in welchen der Export von Originalen aus den Mittelmeerländern zulässig war, eine Sammlung von Originalen, die durch Ankauf, aber auch als Schenkungen an das Institut gekommen sind. Dazu gehören Marmorfragmente wie Architekturdékoratíon, Reste von Sarkophagen, Stelen und Weihreliefs, aber auch die größte Sammlung stadtrömischer lateinischer Inschriften in Österreích. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Sammlung antiker Glas- und KeramikgefäÙe und figürlicher Terrakotten, die gut das Bestreben nach dem Aufbau einer eigenen Lehrsammlung erkennen lässt. Im Sinne der Lehraufgaben versuchte man nämlich, möglichst vollständig ein breites Spektrum unterschiedlicher Keramikgattungen den Studierenden in Originalen vorzulegen. Auch zahlreiche Objekte der Kleinkunst, Münzen und antiker Schmuck finden sich im Museum.

Die Originalsammlung wird heute nicht mehr durch bewusste Ankäufe erweitert, Neuzugänge beschränken sich ausschließlich auf Schenkungen. So gelangten über eine solche kürzlich über 100 weitere Exponate an das Museum. In der Abgussammlung wird jedoch weiterhin ein gezielter Ausbau, der im Wesentlichen durch Sponsor:innen und Förder:innen ermöglicht wird, angestrebt.

2. Projekte zur Inventarisierung

In den letzten Jahren wurde basierend auf unterschiedlichen analogen Inventarunterlagen – zwei Zettelkatalogen (1912/14 und 1950/60er Jahre), drei gedruckten Heften aus dem 19. Jahrhundert,³ einer Inventarmappe (1950/60er Jahre) und zwei Inventarbüchern (1870-1997 respektive 1997-laufend) mit zum Teil unvollständigen, uneinheitlichen und auch divergierenden Angaben – ein EDV-gestütztes Inventar in Form einer Datenbank erstellt, um so die Sammlung zu erschließen, einen Überblick über den Gesamtbestand an Objekten zu erlangen und sie über diverse Suchparameter breiter nutzbar zu machen. Der weitere Ausbau sowie die Vereinheitlichung und Aktualisi-

3 [o.V.]: Verzeichnis der Bildwerke des Gypsmuseums der k.k. Universität Innsbruck, Innsbruck 1880; [o.V.]: Verzeichnis der Bildwerke des Gypsmuseums I (Fortsetzung), Innsbruck 1880; Emil Reisch: Verzeichnis der Abgüsse antiker Bildwerke im Gipsmuseum der k.k. Universität Innsbruck, Innsbruck 1894.



Abb. 1: Zusammenstellung von unterschiedlichen antiken keramischen Originalobjekten, von denen ein Teil im Projekt bearbeitet wurde, Foto: Andreas Blaickner.

sierung der Daten erfolgt laufend. Ziel dabei ist es, alle bislang erhobenen, aber nicht breit nutzbaren Informationen, Objektbeschreibungen und Bilder schlussendlich auf einer online zugänglichen Plattform als Gesamtkatalog beziehungsweise virtuelles Museum allen Interessierten zugänglich zu machen.

Im Zuge der Arbeiten erfolgte auch eine vollständige fotografische Neuaufnahme sämtlicher Exponate. Für die Sammlung von antiken Originalen, die etwa 350 Einzelobjekte umfasst und aus vollständigen antiken Keramik- und Glasgefäßen, bemalten Scherben, Objekten der Kleinkunst, antikem Schmuck, aber auch Marmorreliefs und Resten von Architekturteilen und Bauschmuck besteht, sollte zudem ein anderer Weg beschrrieben werden. Vorgesehen war eine schrittweise dreidimensionale Aufnahme und Visualisierung dieser Exponate mittels Fotogrammetrie und eine letztendliche Einbindung der Daten in die geplante Plattform (siehe Abb. 1).

3. Fotogrammetrie in der Archäologie

Gerade in der Archäologie, sei es bei Einzelobjekten, sei es aber auch bei Grabungs- und Baubefunden, haben Fragen der exakten Dokumentation und anschließenden Visualisierung schon immer eine große Rolle gespielt.

Eine solche erfolgte vielfach nach *klassischen* Methoden, das heißt möglichst genauen verbalen Beschreibungen, Zeichnungen und Fotografien. Dies ist zeit- und arbeitsaufwendig, personal- und kostenintensiv sowie abhängig von der bearbeitenden Person mit einer gewissen Ungenauigkeit und Subjektivität behaftet. Daher wurde auch in der Archäologie der Bedarf an schnellen und exakten Methoden zur Dokumentation von Grabungen vor Ort, aber auch insbesondere von einzelnen Fundstücken erkannt.⁴ Durch die Nutzung von 3D-Technologien lassen sich Objektoberflächen millimetergenau, deutlich detailreicher als bei Zeichnungen und im Gegensatz zu diesen auch berührungsfrei erfassen.⁵

Besonders die Möglichkeiten der Fotogrammetrie sind durch leistungsstarke Hardware und effiziente Software in den letzten Jahren aber immens gestiegen. Bei der Fotogrammetrie handelt es sich um ein Messverfahren zur Bestimmung der Lage und Form eines Objektes anhand fotografischer Bilder. Die Messungen werden dabei nicht direkt am Objekt, sondern indirekt in den Bildern des Objektes vorgenommen.⁶ Dies führte dazu, dass sich nun mit relativ geringem Aufwand Objekte maßstäblich und detailgenau erfassen lassen. Teure Ausrüstungen vor Ort wie 3D-Laserscanner sind nicht mehr nötig und die Dokumentation kann bereits mit einer guten Fotoausrüstung durchgeführt werden. Die berührungslose Dokumentation archäologischer Objekte über die traditionellen Methoden hinaus mittels Fotogrammetrie und ihre anschließende dreidimensionale Visualisierung hat somit hohes Potenzial. Zentrale Herausforderung stellt jedoch die Entwicklung exakter, den jeweiligen Aufgabenstellungen angepasster Arbeitsmethoden und -abläufe sowie einer daraufhin adaptierten Software dar.

- 4 Marco Hostettler u.a.: Bildbasierte 3D-Dokumentation. Wie wird sie genutzt? Eine Umfrage zum Einsatz von 3D-Technologien in der Archäologie, in: Rundbrief Grabungstechnik 18, 2020, S. 16-22.
- 5 Irmela Herzog und Undine Lieberwirth (Hg.): 3D-Anwendungen in der Archäologie. Computeranwendungen und Quantitative Methoden in der Archäologie. Workshop der AG CAA und des Exzellenzclusters TOPOI 2021, Berlin 2016; Gerhard Vinken und Birgit Franz (Hg.): Das Digitale und die Denkmalpflege. Bestandserfassung, Denkmalvermittlung, Datenarchivierung, Rekonstruktion verlorener Objekte. Chancen und Grenzen im Einsatz digitaler Technologien. Veränderungen in der Praxis von Denkmalpflege und Kultursicherung, Holzminden 2017; Marinos Ioannides u.a. (Hg.): Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection. 7th International Conference, EuroMed 2018, Nicosia, Zypern, 29. Oktober – 3. November 2018, Cham 2018.
- 6 Karl Kraus: Photogrammetrie 1-3, Berlin und Bonn 1996-2004; Thomas Luhmann und Christina Schumacher (Hg.): Photogrammetrie. Laserscanning. Optische 3D-Messtechnik, Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2020, Berlin 2020.

Bereits 2016 konnten am Archäologischen Universitätsmuseum Innsbruck durch einen studentischen Mitarbeiter erste 3D-Modelle von antiker Plastik erstellt werden.⁷ 2019 kam es schließlich zu einer Ausschreibung des Förderkreises der Universität Innsbruck »Förderkreis 1669«.⁸ Das Förderprogramm »Digitale Innovation in Research and Teaching 2019« sollte im Rahmen der Digitalisierungsinitiative der Universität Innsbruck die Entwicklung neuer digitaler Prozesse zur Unterstützung von Forschung und Lehre sowie die digitale Transformation bestehender Prozesse fördern. Gesucht wurden daher Projekte aller Fakultäten, die mit digitalen Methoden umgesetzt werden und zur Digitalisierung der Forschungsmethodik (zum Beispiel Projekte aus den Digital Sciences, Digital Humanities usw.) oder zur Vermittlung von digitalen Kompetenzen in der Lehre beitragen. Dabei wurde auch ein Projekt des Archäologischen Universitätsmuseums gefördert: Durch die fotogrammetrische Erfassung von ausgewählten archäologischen Objekten und die Erstellung von 3D-Modellen anhand einer Fotoserie sollten konkrete auf archäologische Fragestellungen angepasste und adaptierte innovative Methoden im Bereich der Dokumentation entwickelt und erprobt werden. Das Visualisieren von Objekten aus der Sammlung von Abgüssen und Kopien erschien wenig sinnvoll und auch aufgrund der Menge schwer umfassend zu bestreiten. Der Fokus wurde daher auf die Sammlung antiker Originale gelegt.

4. Ziele des Projekts – Nutzung für die Forschung, Lehre und eine museale Öffentlichkeit

Erstes Ziel des Projektes war daher zunächst die Etablierung eines effizienten Verfahrens zur detailgenauen Aufnahme, Dokumentation und dreidimensionalen Visualisierung unterschiedlicher archäologischer Einzelobjekte. Da diese in ihren Eigenschaften (etwa Material, Größe, Oberflächenbeschaffenheit und Detailreichtum) keinesfalls einheitlich sind und somit unterschiedliche Anforderungen an die jeweilige Dokumentation stellen (zum Beispiel bemalte Gefäße, Bronzestatuetten und Glas), mussten von den unterschiedlichen Objekttypen Referenzobjekte ausgewählt werden. Anhand der sich daraus ergebenden Problemstellungen wurde die optimale Dokumentationslösung für bestmögliche Ergebnisse gesucht, um alle Objekte effektiv und bei gleichbleibend hohen Qualitätsstandards zu erfassen.

⁷ Ein Dank gilt hier Herrn Daniel Brandner BA, Innsbruck.

⁸ Förderkreis 1669 der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck (<https://www.uibk.ac.at/de/foerderkreis1669>, Zugriff: 1. Mai 2023).

Die aufgenommenen Objekte sollten die Grundlage für einen weiteren Erkenntnisgewinn im Rahmen archäologischer Fragestellungen bilden. So sollten exakte Detailmessungen an den Objekten, die Erstellung von Profilschnitten sowie auf Basis von Einzelfragmenten in der Folge eine möglichst vollständige Rekonstruktion und Visualisierung des Gesamtobjektes ermöglicht werden. Auch Fragestellungen zum Herstellungsprozess (wie etwa Werk- und Bearbeitungsspuren), zur Oberflächenbeschaffenheit und zur Nutzung (beispielsweise Abnutzungsspuren oder Voluminabestimmung bei Gefäßen) könnten so exakt beantwortet werden. Somit bietet die dreidimensionale Aufnahme von archäologischen Objekten weit mehr Möglichkeiten als nur die Erstellung eines anschaulichen 3D-Abbildes.

In weiterer Folge sollte es zu neuen innovativen Möglichkeiten der Präsentation von Objekten kommen. Die fertigen 3D-Modelle können im konkreten Fall im Rahmen eines virtuellen Kataloges beziehungsweise einer Online-Datenbank zugänglich gemacht werden. Durch die Erstellung von 3D-PDFs, die mit dem frei verfügbaren AdobeReader geöffnet werden können, ist zudem eine unkomplizierte Übermittlung der Daten problemlos möglich. Bei exakter und detailgenauer Dokumentation haben Forscher:innen genauso wie Studierende überall auf der Welt die Möglichkeit, zur weiteren Auswertung auf die Daten dieser archäologischen Originalobjekte zuzugreifen, ohne dass sie die Stücke im Rahmen aufwendiger und teurer Reisen einer persönlichen Autopsie unterziehen müssen.⁹ Auch ein kostspieliger und konservatorisch aufwendiger Transport von gefährdeten, beispielsweise leicht zerbrechlichen Einzelobjekten würde so vermieden.

Aber auch für potenzielle Besucher:innen des Museums selbst bietet sich so eine Möglichkeit, die Objekte zunächst vorab virtuell zu betrachten. Dadurch könnte aber auch ein Anreiz geschaffen werden, das Archäologische Universitätsmuseum Innsbruck in Realität zu besuchen, um mehr über archäologische Forschung zur antiken Kunst und Kultur zu erfahren. Das Archäologische Universitätsmuseum würde somit weiter gleichsam seiner Funktion als *Scharnier* zwischen Öffentlichkeit und Universität gerecht werden. Die 3D-Modelle ermöglichen aber auch, im Museum selbst einzelne Objekte interessierten Besucher:innen besser zugänglich zu machen. Neben Online-Katalogen einzelner Fundgattungen könnten die Visualisierungen auch unmittelbar im musealen Kontext genutzt werden. Mittelfristig könnten

9 Florian M. Müller: Der Erwerb berufsrelevanter Kompetenzen im museologischen Bereich durch die Einbeziehung des Archäologischen Universitätsmuseums in die Lehre, Praxisarbeit/Fallstudie im Rahmen des Zertifikats »Lehrkompetenz«, Universität Innsbruck Schaufenster Lehre, Innsbruck 2016.

die 3D-Modelle von Einzelobjekten an Bildschirmen von Besucher:innen bewegt, es könnten Details vergrößert und so von allen Seiten genauestens betrachtet werden – etwas, was mit einem Originalobjekt, das sich zumeist in einer Vitrine hinter Glas geschützt befindet, nicht möglich wäre. Zahlreiche archäologische Objekte sind zudem in Depots gelagert und werden aus Platzgründen oder auch aufgrund konservatorischer Bedenken nicht in der Ausstellung gezeigt. Auch solche könnten als exakte 3D-Modelle nun wieder präsentiert werden.

5. Methode und Arbeitsweise

Als Projektpartner konnte die Firma EQ-Vis OG gewonnen werden, ein Dienstleistungsbüro aus dem Bereich Architektur und Tiefbauplanung (Straßen- und Brückenbau), dessen Haupttätigkeitsbereich auch in der computergestützten Visualisierung von virtuellen Modellen, fotogrammetrischen 3D-Rekonstruktionen, Luftbildfotografie, Fotomontagen und Animationen liegt. Von Seiten der EQ-Vis OG bestand aber auch das konkrete Interesse, verstärkt in archäologischen und museologischen Kontexten tätig zu sein und hier Expertise aufzubauen, um so auch passende Dienstleistungen in diesem Bereich anbieten zu können.

Im Zuge der Projektentwicklung musste daher zunächst gegenseitig die jeweilige *Sprache*, also die fachspezifische Terminologie der Projektpartner erlernt werden. Dies sollte dazu dienen, auch die Arbeitsweise des jeweils anderen besser zu verstehen und somit schnell problemorientierte Besprechungen zu ermöglichen. Es war zu klären, welche Parameter aus Sicht der Archäologie als entscheidend und wichtig, welche aber auch als irrelevant angesehen werden, um so optimale Arbeitsabläufe zu entwickeln. So musste entschieden werden, welche Teile eines Objektes überhaupt erfasst werden und welche Qualität im bildgebenden Verfahren erwartet wird. So ermöglicht beispielsweise eine maximale Auflösung zwar eine exaktere Dokumentation, umgekehrt aber führen die dadurch generierten Datenmengen zu Problemen der Speicherung und Sicherung wie auch des Handlings der 3D-Modelle. Hier galt es, den idealen Weg zu finden und zu definieren. Auch Fragen der Tolerierbarkeit an Ungenauigkeit mussten abgeklärt werden. Umgekehrt galt es aber auch festzustellen, welche Lösungen schnell umgesetzt werden können, genauso aber auch, was technisch nur schwer oder gar nicht lösbar wäre. Somit wurden Abläufe bei der Erfassung der Objekte und Verarbeitung der Daten entwickelt, um so durch eine Kosten-Nutzen-Optimierung den archäologischen Erwartungen sowohl qualitativ als auch quantitativ zu

entsprechen. Basierend darauf wurde ein Prozess der detailgenauen fotogrammetrischen Aufnahme, Dokumentation und dreidimensionalen Visualisierung definiert und an die jeweiligen Besonderheiten der Objekte angepasst.

Zunächst wurde daher eine Auswahl möglichst heterogener Referenzexponate getroffen, die repräsentativ für verschiedene Objekttypen stehen und somit unterschiedliche Herausforderungen an die Vorgehensweise stellten. Die Stücke variierten in Größe, Material, Oberflächenbeschaffenheit und Detailreichtum. Es handelte sich dabei um Gefäße aus Keramik unterschiedlichster Form und Gattung mit verschiedenen Arten von Oberflächen und Dekor (etwa Bemalung und plastischer Schmuck), figürliche Terrakotten, Öllampen, Ziegel, Balsamarien aus Glas, Objekte der Kleinkunst aus Bronze, Blei und Bein sowie Architekturteile, Reliefs und Skulpturen aus Marmor.

Voraussetzung für eine fotogrammetrische Rekonstruktion war ein Set an Fotos – je nach Objekt ca. 50 bis 150 –, welche das statische Objekt 360° aus möglichst unterschiedlichen Blickwinkeln und somit Kamerapositionen zeigten. Zur raschen und effizienten Abarbeitung musste daher ein optimales Setup eingerichtet werden. Da archäologische Objekte nicht beliebig transportiert werden können, musste dieses universell ausgerichtet sein, das heißt, die Dokumentationsarbeiten sollten problemlos an verschiedenen Standorten durchgeführt werden können und dabei auch trotz verschiedener Objekttypen schnelle und in der Qualität vergleichbare Ergebnisse liefern. Für die Ablichtung wurde daher ein mobiles Setup konstruiert, das aus einem drehbaren Mehrfach-Kamera-Stativ auf einem Drehteller mit drei simultanauslösenden Kameras bestand.¹⁰ Durch eine Höhenverstellung des Stativs konnten die Bildwinkel von oben, frontal und von unten um nochmals drei Ebenen erweitert und so insgesamt auf sechs Ebenen gearbeitet werden.

Für die Aufnahmen wurden die Einzelobjekte mittig auf einem Sockel mit höhenverstellbaren Auflage-Stiften positioniert und fixiert, um auch die Unterseite erfassen zu können. Prinzipiell ist es zwar möglich, zwei getrennte Erfassungsdurchgänge für die Ober- und Unterseite durchzuführen sowie die Modellhälften in der weiteren Prozessierung zusammenzufügen. Dies führt aber in der Praxis häufig zu Problemen und unerwünschten Ergebnissen. Die Einschränkung, dass die Auflage-Stifte kleine Stellen an der Unterseite verdecken und diese nicht erfasst werden können, wurde daher in Kauf genommen.

¹⁰ Kameras: 2 × Olympus OM-D E-M10, 1 × Olympus OM-D E-M10 Mark II, 1 × Olympus OM-D E-M10 Mark IV / Objektive (hauptsächlich): 3 × Olympus M. Zuiko digital 25 mm 1.8; 3 × Olympus M. Zuiko digital 45 mm 1.8.



Abb. 2: Aufnahme einer griechischen Schale mit dem mobilen Setup mit Drehstativ, Foto: Kathrin Schuchter.

Anschließend konnte mit der Führung des Kamera-Stativs in 15° -Schritten um das Objekt herum begonnen werden (siehe Abb. 2). Falls notwendig wurden für Stücke mit verwinkelten Bereichen, die keine der Kameras vollständig erfasst hatten, zudem noch manuelle Aufnahmen angefertigt. Für eine möglichst hohe Tiefenschärfe und damit gute Erfassbarkeit der Geometrie und Textur wurden Blenden mit einer Brennweite von mindestens $F16$ (ISO bis 1600)¹¹ verwendet. Für konstante Helligkeitswerte wurde die Belichtung und für gleichmäßige Farben der Weißabgleich manuell festgelegt. Die Aufnahmen erfolgten zeitgleich in den Formaten .orf und .jpg.

¹¹ Die ISO-Zahl ist eine der zentralen Belichtungseinstellungen beim Fotografieren, kontrolliert die Lichtmenge, die in die Kamera eindringt, und hat so großen Einfluss auf die Helligkeit oder Dunkelheit eines Fotos.

Des Weiteren mussten die Objekte mit einem ebenfalls portablen Setup unter einheitlichen und homogenen Lichtbedingungen beleuchtet werden, damit auch sämtliche Details erfasst und insbesondere Glanzlichter (*hotspots*) vermieden werden konnten, da diese bei der Erfassung der Textur hinderlich sind.

Um die spätere computergestützte Auswertung des Bildmaterials zu erleichtern, waren auf einer Tafel hinter dem Setup kontrastreiche schwarz-weiß 2D- und 3D-Marker angebracht, um der Software zusätzliche Stützpunkte für die Aerotriangulation, die Rekonstruktion der Aufnahmeposition der einzelnen Fotografien, zu bieten. Vor allem bei den zusätzlichen händischen Fotografien war eine Erfassung dieses Hintergrundes zur Unterstützung der teilautomatischen Modellgenerierung essenziell.

Dann erfolgte die Datenauswertung, also die computergestützt 3D-Visualisierung und Nachbearbeitung der Bilddaten zur Erstellung der 3D-Modelle. Hierfür mussten zunächst im Sinne einer Qualitätskontrolle alle ungeeigneten Bilder wie unscharfe oder solche mit falschem Ausschnitt aussortiert werden. Anhand der synchronisierten Zeitstempel wurden dann alle Bilder den jeweiligen Objekten zugewiesen und in Ordnern sortiert. Erst danach konnten die Bilder in die Software Metashape (Agisoft LLC) und Smart3D-Capture (Acute3D) eingespielt werden, mittels derer die dreidimensionale Ansicht der jeweiligen archäologischen Objekte erstellt wurde.

Als Erstes rekonstruiert das Programm im Zuge der sogenannten Aerotriangulation die Aufnahmeposition der eingespielten Fotografien. Im Wesentlichen werden dabei von der Software markante Bildbereiche (*feature points*) in den Bildern ausgewertet und in möglichst vielen Aufnahmen miteinander abgeglichen. Weil dadurch gleichzeitig die 3D-Position jedes Punktes auf dem Objekt berechnet wird, liegt das Modell in diesem Zwischenstadium als Punktwolke (*pointcloud*) vor. Nach einer erneuten Umwandlung in ein Polygonmodell wurde das Exponat zuletzt mit seiner individuellen Textur versehen.

Trotz teilautomatischer Arbeitsweise der Software wurden die generierten Zwischenmodelle auch manuell geprüft und aufbereitet. Unter anderem wurden unerwünschte Elemente, wie zum Beispiel die Auflage-Stifte, entfernt und die Konsistenz der Mesh-Oberfläche sichergestellt, also Löcher und Unstetigkeiten überarbeitet. Die manuelle Aufarbeitung der Modelle erfolgte dabei hauptsächlich in den Programmen Rhinoceros 3D (Robert McNeel & Associates) und Cinema 4D (Maxon). Da die Einzelobjekte in ihrem äußeren Erscheinungsbild stark variierten, gestaltete sich hierbei auch der Arbeitsaufwand unterschiedlich groß. Bei Stücken mit kontrastreichen, markanten Bildpunkten, etwa figürlichen Terrakotten, waren im Vergleich zu solchen

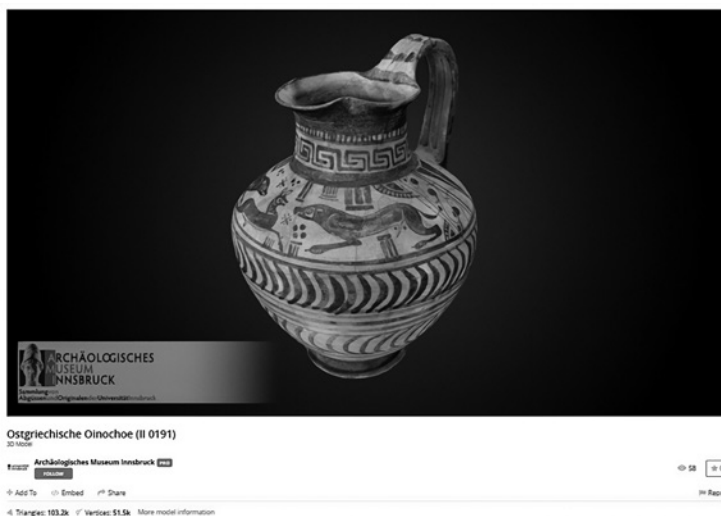


Abb. 3: Browseransicht des generierten Modells einer ostgriechischen Oinochoe auf der Sketchfab-Seite des Archäologischen Universitätsmuseums Innsbruck, Foto: Florian M. Müller.

mit homogener Oberfläche, beispielsweise schwarz engobierten Gefäßen, verhältnismäßig wenig Korrekturen nötig. An Objekten mit nicht-kooperativen Oberflächen, wie Fibeln aus Bronze und Balsamarien aus Glas, scheiterte das Programm zeitweise an der Objektgröße und den Glanzpunkten.

Zur effizienten Datenspeicherung wurden die UV-Koordinaten der Objekte neu gemappt, um die Texturflächen optimal auszunutzen und damit die Texturen bei hoher Qualität möglichst klein zu halten. Als Endergebnis konnten die Modelle im gängigen Format .fbx inklusive der Texturen gespeichert werden.

Um die unkomplizierte Nutzung der Modelle einem möglichst breiten Publikum ohne zusätzliche Software und spezielle Vorkenntnisse zu ermöglichen, wurden diese online auf der Plattform Sketchfab zugänglich gemacht (siehe Abb. 3).¹² Bei Sketchfab handelt es sich um eine Plattform zum Veröffentlichenden, Teilen, Kaufen und Verkaufen von 3D-, Virtual-Reality- und Augmented-Reality-Inhalten. Sie bietet einen Viewer, der auf WebGL- und WebXR-Technologien basiert und es Benutzer:innen ermöglicht, 3D-Modelle ohne zusätzliche Installation in unterschiedlichen Betriebssystemen

¹² Sketchfab – 3D viewer (<https://sketchfab.com>, Zugriff: 17. Mai 2023).

und Endgeräten direkt in jedem mobilen Browser, Desktop-Browser oder Virtual-Reality-Headset zu zeigen.

Nutzer:innen können so die Modelle interaktiv steuern, also drehen, verschieben, zoomen und sie so von allen Seiten betrachten. Wenn von den Eigentümer:innen beziehungsweise den besitzenden Institutionen gestattet, können die Modelle aber auch freigeschalten und unter Creative-Commons-Lizenzen zur weiteren Nutzung wie einer detaillierten Auswertung, Vermessung oder zum 3D-Druck zum Download zur Verfügung gestellt werden. Von der Plattform kann das interaktive Modell via html aber auch direkt in bestehende externe Webseiten eingebettet werden. Hier ist derzeit ein eigener Online-Katalog der Objekte des Archäologischen Universitätsmuseums Innsbruck in Arbeit, in welchem die 3D-Modelle schlussendlich mit den Datensätzen der zugehörigen Objekte verknüpft und dargestellt werden sollen. Bis dahin bleiben die Objekte mit kurzer inhaltlicher Beschreibung versehen aber weiterhin auch auf der eigenen Sketchfab-Seite des Museums.¹³

6. Zusammenfassung und Herausforderungen

In dem Projekt »3D-Dokumentation, Visualisierung und Vermittlung antiker Objekte im Archäologischen Universitätsmuseum Innsbruck« wurden Arbeitsabläufe definiert und entwickelt, die einen konkreten Workflow zur Aufnahme archäologischer Objekte ermöglichten. Dabei wurde versucht, auf die unterschiedlichen Voraussetzungen der jeweiligen Objektgattungen mit ihren jeweils eigenen Herausforderungen und Problemen einzugehen und notwendige Lösungswege und Arbeitsschritte zu entwickeln, um alle Stücke effizient und bei gleichbleibender Qualität aufnehmen und weiter verarbeiten zu können. Schlussendlich konnten so über 100 einzelne Exponate des Museums als Referenzobjekte erfasst werden, die nun online öffentlich für alle Interessierten zugänglich sind. Es ist angedacht, auf dieser Basis schrittweise die Aufnahme und Visualisierung weiterer Exponate der Originalsammlung fortzuführen, um so im Idealfall die gesamte Sammlung sowohl für Forschung und Lehre als auch für eine museale Öffentlichkeit vollständig nutzbar zu machen.

Abschließend zeigten sich aber auch Grenzen und zukünftig über den Projektabschluss hinausgehende Herausforderungen. Neben beschränkten personellen und finanziellen Ressourcen und oftmals generell fehlender Digi-

13 Vgl. die Seite des Archäologischen Museum Innsbruck auf Sketchfab (https://sketchfab.com/museum_ibk, Zugriff: 17. Mai 2023).

talkompetenz bildet vor allem die Frage der Nachhaltigkeit der gewonnenen Datensätze, also die Sicherung, Langzeitarchivierung und dauerhafte Bereitstellung der gewonnenen Daten und Metadaten, ein Problem, vor dem viele Digitalisierungsprojekte stehen. Hier wird vielfach mit individuellen Lösungen gearbeitet und auf bestehende Systeme zurückgegriffen. Ob dies wie in unserem Fall durch die Nutzung einer privaten Plattform gelingt, wird sich zeigen. Langfristig wird aber nur eine Zusammenarbeit mehrerer öffentlicher Institutionen und die Entwicklung gemeinsamer Plattformen, die sowohl von Wissenschaft und Forschung als auch interessierten Personen genutzt werden können, zum Ziel führen.

Gerade in den Zeiten der Covid-19-Pandemie, in denen Museen und Sammlungen lange Zeit geschlossen waren und vielfach Versuche mit digitalen Angeboten, wie Online-Führungen und insbesondere virtuellen Ausstellungen unternommen wurden, hat sich deutlich gezeigt, dass diese den »echten« Besuch einer sammlungsführenden Kulturinstitution nicht ersetzen können. Neben dem generellen Punkt der fehlenden Authentizität und Materialität digitaler Angebote, die gleichsam entmaterialisiert immer nur ein Abbild, aber nie das Original darstellen können, wurde auch schlichtweg die Bedeutung des Erlebnisses eines Museumsbesuchs unterschätzt. Ein Museum muss ganzheitlich als Wissens-, Lern-, Erfahrungs- und Erlebnisraum gesehen werden, in welchem auch das Durchschreiten der realen Räume mit der jeweiligen Inszenierung der Exponate und deren Aufnahme mit allen Sinnen eine entscheidende Rolle spielen. Das digitale Angebot in seiner ganzen Breite, wie virtuelle Rekonstruktionen, die von uns im Rahmen unseres Projektes erstellten dreidimensionalen Visualisierungen einzelner Objekte, interaktive Stationen bis hin zu Virtual- und Augmented-Reality-Anwendungen, kann hier aber einen bedeutenden Mehrwert liefern, indem es das Vermittlungsangebot auf verschiedenen Ebenen attraktiver macht und ein komplexeres Benutzungserlebnis ermöglicht. Die Transformation von einzelnen Exponaten, wie im Rahmen unseres 3D-Projekts, aber auch von Ausstellungen und ganzen Museen in den digitalen Raum wird aber – zumindest wenn es sich um die digitale Sammlungspräsentation von dreidimensionalen Objekten handelt – einen realen Museumsbesuch nicht ersetzen, jedoch eine willkommene Ergänzung oder sogar eine Einladung zu einem solchen sein.