

NEUES SEHEN? Aktuelle Ansätze der Digitalen Archäologie in der Objekt- und Bildwissenschaft

Workshop an der Universität Trier, Fach Klassische Archäologie, 20.–22.05.2022
Organisatoren: Elisabeth Günther und Sascha Schmitz, Universität Trier
Kontakt: guenthere@uni-trier.de; sekarcha@uni-trier.de

Die Anwendung und Diskussion digitaler Analysemethoden lösen derzeit tiefgreifende Veränderungen der altertumswissenschaftlichen und archäologischen Fächer aus. In Forschung, Lehre und Wissensvermittlung werden neue digitale Tools und Methoden eingesetzt; die archäologischen Disziplinen befinden sich in einer Experimentierphase.

Eine dringend notwendige interdisziplinäre Diskussion über die Möglichkeiten und Grenzen digitaler Anwendungen im geisteswissenschaftlichen Bereich steht zudem bislang noch aus, obwohl respektive gerade weil besagte Projekte grundlegende traditionelle geisteswissenschaftliche Analysemethoden tiefgreifend und nachhaltig herausfordern.

Der Workshop wird neue und aktuelle Projekte, die bislang weitgehend voneinander isoliert durchgeführt werden, zusammenbringen, deren Ansätze und Herangehensweisen reflektieren und diskutieren, um so Impulse für zukünftige Anwendungen im digitalen Bereich zu setzen. Hierzu werden unterschiedliche Disziplinen und Felder in Austausch gebracht: Klassische Archäologie, Alte Geschichte, Vor- und Frühgeschichte, Numismatik, Byzantinistik, Bauforschung und Institutionen der Denkmalpflege.

Visuality reCOINed? Neue epistemische Praktiken der Klassifikation und Repräsentation keltischer Münzen im Digitalen

Katja Rösler und Kerstin P. Hofmann, RGK Frankfurt
Chrisowalandis Deligio, Universität Frankfurt

Dinge der Welt, in unserem Fall Münzen, werden im Zuge verschiedener Suchbewegungen, Praktiken und Konzeptualisierungen zu Erkenntnisobjekten. Nicht selten werden sie in diesem Zusammenhang klassifiziert und repräsentiert. Hierbei spielt die Visualität gleich in mehrfacher Hinsicht eine Rolle, denn Dinge können besonders gut optisch wahrgenommen werden und das Wahrgenommene wird wiederum mit Bedeutung versehen. Ferner dienen neben Texten Visualisierungen zur Sichtbarmachung und Kommunikation von Wissen über Dinge. Deren Relevanz nimmt im wissenschaftlichen Kontext gerade auch im Zuge der Digitalisierung immer mehr zu. Am Beispiel keltischer Münzserien fragen wir uns hierbei im Rahmen des Projektes *ClaReNet* und in diesem Vortrag, inwiefern sich unsere Wissenspraktiken und Visualität dabei verändert.

Die Numismatik der Antike ist eine spezialisierte Wissenschaft mit einem etablierten Kanon an Verfahren zur Münzbestimmung und -darstellung. Münzen waren Bestandteile der Kunstsammlungen des Spätmittelalters und der Frühen Neuzeit, bevor sie in Münzkabinetten zusammengefasst, repräsentiert und katalogisiert wurden. Die sog. ‚keltischen‘ Münzen waren Teil dieser Sammlungen, wurden aber zunächst meist vernachlässigt, da sie im Vergleich zu den römischen und griechischen Münzen chrono-, chorologisch und ikonographisch schwerer bestimmbar sind. In Katalogen wurden sie exemplarisch abgebildet, es erfolgte eine systematische Ansprache und es wurden Klassifikationen bzw. Typologien erstellt.

Ihre wissenschaftliche Analyse und Repräsentation erfolgt dabei bis heute entlang von Verfahren, die für andere, vor allem griechische und römische Münzen entwickelt wurden, und das, obwohl die ‚keltischen‘ Münzen sehr augenscheinliche Herausforderungen mit sich bringen: Sie haben eine größere Varianz hinsichtlich ihrer Form, ihrer Beschaffenheit und ihrer

Münzbilder. Folglich werden an vorwiegend standardisierten Objekten entwickelte epistemologische Praktiken und Repräsentationsweisen auf deutlich weniger standardisierte Sonderfälle angewendet.

Ziel unseres interdisziplinären Projekts *ClaReNet – Classifications and Representations for Networks* ist es, diesen Widerspruch und dessen Auswirkungen auf die epistemischen Praktiken differenziert darzulegen und mithilfe von Künstlicher Intelligenz (KI), und hier besonders von künstlichen neuronalen Netzwerken (Convolutional Neural Network, CNN), Lösungsansätze zu seiner Überwindung zu erarbeiten.

In unserem Vortrag werden wir Experimente vorstellen, wie ein numismatischer Doktorand und ein CNN anhand von Münzfotos der keltischen Münzserie der *Coriosolitae* diese klassifizieren, wobei beiden bekannt ist, dass es 6 Klassen geben soll. Da beide Black-Box-Entscheidungen fällen, verwenden wir Visualisierungs-Verfahren (z. B. das sog. **Gradient-weighted Class Activation Mapping** (Grad-CAM)), um die zugrundeliegenden Merkmale darstellen und mögliche Unterschiede zwischen menschlichem und maschinellm Sehen analysieren zu können.

Indem nicht allein die Richtigkeit der Merkmalsgewichtung im Sinne einer Übereinstimmung mit den bereits bestehenden Merkmalsbestimmungen der Münzklassifikationen (*ground truth*) das Ziel ist, sondern gerade unerwartete Entscheidungen des CNN von besonderem Interesse sind, können Praktiken der menschlichen Wahrnehmung, und in diesem konkreten Fall das spezialisierte Sehen der Numismatikerin/des Numismatikers thematisiert und reflektiert werden.

Abschließend möchten wir daher zur Diskussion stellen, ob es durch digitale Methoden der Klassifikation und Repräsentation, die Bilder stärker als Texte und Werte berücksichtigen, für die keltischen Münzen zu einer „reCOINed“ Visualität bzw. einem neuen Sehen kommt.

KI-gestützte Objekterkennung (*object detection*) in archäologischen Datensets – Erfahrungen aus archäologischer Perspektive am Beispiel des Projekts „Iconographics“ an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Ute Verstegen, FAU Erlangen-Nürnberg

Verfahren der KI-gestützten, automatisierten Objekterkennung (*object detection*) in digitalen Bildern haben in den letzten Jahren den Consumer-Bereich erreicht. So ermöglicht bspw. die mobile App „Google Lens“ mithilfe von sog. Deep Learning Routinen, mit der Handykamera aufgenommene Gegenstände zu identifizieren und aus dem Internet extrahierte, relevante Informationen zu diesen anzuzeigen. Das von 2019-2022 an der FAU Erlangen-Nürnberg durchgeführte Projekt „Iconographics. Computational Understanding of Iconography and Narration in Visual Cultural Heritage“ erforscht in Zusammenarbeit von informatischer Computer Vision, Digitaler Kunstgeschichte, Klassischer Archäologie und Christlicher Archäologie die Frage, wie entsprechende Verfahren der Künstlichen Intelligenz für das Analysieren historischer Bildwerke genutzt werden können. Das Teilprojekt der Christlichen Archäologie widmete sich insbesondere der Aufgabe, die für das Verständnis eines ikonographischen Bildthemas elementaren Grundbestandteile im Bild zu klassifizieren und automatisiert zu detektieren. Im Fallbeispiel wurden eigens zusammengestellte Bildcorpora frühchristlicher und byzantinischer Bild Darstellungen der Verkündigung an Maria und der Anbetung der Magier auf das Vorhandensein charakteristischer Objekte untersucht, die die figürlichen Protagonisten beispielsweise als Kleidungsbestandteile, Attribute oder grundlegende Elemente der Handlung in einer Szene auszeichnen. Der Vortrag zeigt auf, welche Ansätze das Projekt verfolgt hat, um den Herausforderungen zu begegnen, die mit den spezifischen Charakteristika archäologischer Bilddatensets bei der Anwendung KI-gestützter Verfahren verbunden sind (z.B. die für informatische Anforderungen an das Training neuronaler Netze verhältnismäßig geringe Datenmenge oder die Heterogenität der Bildträgermaterialien und der damit verbundenen fotografischen Dokumentation). Außerdem sollen aus Perspektive der Fachdisziplin Überlegungen formuliert werden, welche Einschränkungen die in der Informatik gängigen state-of-the-art-Methoden der *object detection* beispielsweise im Vorgang des expertisegestützten *supervised training* der Mensch-Maschine-Interaktion mit sich bringen und wie diesen künftig begegnet werden könnte.

Körper „sprache“ und Bilderzählung: Computergestützte Analyse von Interaktionen am Beispiel von Verfolgungsszenen in der attischen Vasenmalerei

Corinna Reinhardt und Torsten Bendschus, FAU Erlangen-Nürnberg

Spezifische Körperhaltungen und Armbewegungen kennzeichnen die in der attisch rotfigurigen Vasenmalerei beliebte Erzählung der Liebesverfolgung verschiedenster Sterblicher durch die Gottheiten: Der verfolgende Part stürmt weit ausschreitend mit ausgestreckten Armen auf eine zweite Person zu, die meist die Flucht ergreift und mit den Armen gestikuliert. Die Körpersprache leistet im Bild nicht nur einen Wiedererkennungswert der Ikonographie, sondern ermöglicht durch ihre Varianzen auch signifikante Unterschiede der Bilderzählung. Dies lässt die Frage aufkommen, welche Schwerpunkte es in der Ikonographie von Verfolgungsszenen gibt, ob sich beispielweise Unterschiede in Hinblick auf die Gottheiten, oder in Hinblick auf Maler und Zeitstellung feststellen lassen. Darüber hinaus ist die gestische Interaktion beider Protagonisten von besonderem Interesse für die Frage, wie im Bild die emotionale Verfasstheit der beiden thematisiert wird.

Der Beitrag stellt zum einen die Entwicklung eines Algorithmus zum Erkennen der Körperposen vor, der auf die Spezifik der Vasenbilder trainiert ist, da an modernen Fotografien trainierte Algorithmen zur Posenerkennung eine schlechte Performanz für das Bildmaterial lieferten. Für die Beantwortung der zuvor genannten Fragen bieten sich Visualisierungen von Ähnlichkeitsrelationen an. Hierfür werden zwei mögliche Wege vorgestellt und diskutiert. Zum einen wird ein Anwendungstool zur Diskussion gestellt, das aus einem Bildpool vergleichbare Posen anzeigen kann. Zum anderen wird die Methode des Bild-Clustering erprobt und hierbei das *unsupervised clustering* mit demjenigen *clustering* verglichen, das verschiedene Modifikationen des Bildmaterials nutzt.

Egraphsen? – Möglichkeiten und Grenzen der digitalen Malerzuweisung am Beispiel des ‚Berliner Malers‘

Martin Langner und Marta Kipke, Georg-August-Universität Göttingen

Jedem Klassischen Archäologen ist die Arbeit von John D. Beazley und sein Beitrag zur Erforschung griechischer Vasenmalerei bekannt. Unter Verwendung und Anpassung der Methode Morellis verglich er spezifische Details der Bilder miteinander, um die „Handschriften“ der Maler zu erkennen. Insbesondere im Licht der rasanten Entwicklung computergestützter Analysemethoden ist eine Revision der Methode nun angemessen. Dabei ist es nicht nur interessant, sie in Hinblick auf den Erkenntnisgewinn über Werkstätten- und Stilgeschichte zu betrachten, sondern auch unter dem Blickpunkt des schwer fassbaren Phänomens menschlicher Kennerschaft.

Im Projekt „Egraphsen“ widmen wir uns dem Prozess deswegen aus einer neuartigen Perspektive. Denn Muster in Bildern zu erkennen und Klassifizierungen anhand erkannter Merkmale vorzunehmen, ist nicht nur einem trainierten, menschlichen Auge eigen. Ein ähnliches Vorgehen hat in der Informatik im Bereich Computer Vision schon seit vielen Jahren Eingang gefunden und wird auch im Bereich der Digital Humanities zur Beantwortung geisteswissenschaftlicher Klassifizierungsfragen verwendet. Konkret bedeutet das für unser Vorhaben, dass wir im Rahmen dieser Fragestellung die Verwendung künstlicher neuronaler Netze in einem *supervised learning approach* untersuchen möchten.

Auf Grundlage von mehr als 100.000 Annotationen konnte für die Objekterkennung auf Vasenbildern eine sehr hohe Trefferquote erreicht werden, die nicht nur eine automatische Suche nach Bildinhalten ermöglicht, sondern auch die Annotation der Vasenbilder erleichtert, wozu wir ein online-Tool entwickelt haben und vorstellen werden. Am Beispiel des Berliner Malers, seines Umfelds, seiner Schüler und seiner Werkstatt, seiner Vorläufer und Zeitgenossen möchten wir in dem Vortrag verdeutlichen, wie die Signale in den Daten tatsächlich als Handschrift eines Malers zu deuten sind und bis zu welchem Detailgrad die automatisch erzeugte Clusterung nach Ähnlichkeit lediglich auf chronologische, motivische oder formtypologische Zusammenhänge verweist.

Zur Nutzung „Neuer“ Technologien für eine (Re-)Konstruktion und Simulation der „Alten“ Welt

Leif Scheuermann, Universität Trier

Mit der Zunahme foto- oder sogar hyperrealistischer Visualisierungsformen kam es in den letzten Jahrzehnten zu einer massiven Zunahme an digitalen Formaten, die spezifische Modelle historischer Lebenswelten einer breiten medialen Öffentlichkeit zugänglich machen. Die Spanne reicht hierbei von Fernsehsendungen über Computerspiele bis hin zu Anwendungen im Kontext von Virtual Realities. Auch die Fachwissenschaften und hier besonders die (eng mit der Museologie verbundene) Archäologie kann sich spätestens seit den coronabedingten Einschränkungen dem nicht entziehen. Doch liegen die mit diesem Wandel einhergehenden Fragen auf der Hand: (Wie) Kann der Modellcharakter des altertumswissenschaftlichen Arbeitens trotz der psychologischen Überzeugungskraft des Bildes vermittelt werden? Wie kann die Trennschärfe zwischen der realweltlichen Vergangenheit und dem Diskurs der Geschichtsschreibung aufrechterhalten werden, wenn das abstrakte Wort durch multimediale Erlebniswelten erweitert wird? Wie können Unschärfen und Fehlstellen im Sinne der Hermeneutik (als individuellen Übersetzungsleistung in unsere Zeit) ergänzt werden, ohne dabei einen Alleingeltungsanspruch bzw. eine Hegemonie über die Geschichte zu erheben und welche gesellschaftlichen Folgen ergeben sich aus der multimedialen Vermittlung der Antike in einer Zeit der politischen Aufladung digitaler Inhalte?

Nach diesen, auf die Vermittlung der Antike ausgerichteten Überlegungen, schließt sich in einem zweiten Teil die Frage nach der Nutzung von Visualisierungen für die Generierung neuen Wissens an. Hierbei soll spezifisch auf den Bereich der Simulation eingegangen werden, der in den Altertumswissenschaften der Universität Trier eine zentrale Stellung einnimmt. Simulation im engen Sinne wird als „ein im naturwissenschaftlichen Paradigma verfasstes, reproduzierbares Experiment zur Nachbildung eines Prozesses oder Zustands“ verstanden. „Zielsetzung ist die Modellierung und Erprobung komplexer Systeme für die Gewinnung eines besseren Verständnisses von Abläufen und Wertigkeiten einzelner Faktoren sowie möglichst realitätsnaher Vorhersagen bzw. starker Eingrenzungen der naturwissenschaftlich möglichen Zukünfte (Möglichkeitsraum)“ [Scheuermann 2020 S. 9]. Auch hier soll die Frage nach den Risiken, Grenzen und Möglichkeiten der digitalen Simulation antiker Verhältnisse im Zentrum stehen. Am Beispiel von der EU im Rahmen eines ERC-consolidator Grants finanzierten Projekts STRADA (Simulation of Transport between the Adriatic Sea and the Danube) werden grundlegende Ansätze und deren wissenschaftlicher Mehrwert thematisiert, wobei die naturwissenschaftliche Abgrenzung von Möglichkeitsräumen einer historisch-geisteswissenschaftlich geprägten, individuellen Verifizierung spezifischer Sachverhalte der Vergangenheit gegenübergestellt wird.

Am Ende des Vortrages wird in einer Synthese die Erschließung digitaler Räume der Antike nach innen und außen als Forschungsprogramm formuliert werden. Dabei muss die wissenschaftliche Entwicklung und Nutzung Neuer Technologien zur Rekonstruktion und Analyse der alten Welt mit der Repräsentation antiker Räume in sich (aufgrund der Neuen Medien) fundamental im Wandel befindenden Gesellschaften korrelieren. Dabei wird der Rückgriff auf Romantizismen, bzw. die Vermeidung eines solchen, eine der größten Herausforderungen für die zukünftigen Altertumswissenschaften darstellen.

Literatur:

Scheuermann (2020): Leif Scheuermann (Hg.), Simulation von Handel und Transport in der Antike. Digital Classics Online Themenheft 6,1.

Scheuermann (2019/2020): Leif Scheuermann, Simulation als Methode für die Altertumswissenschaften, Digital Classics Online 5,2 43-52.

Scheuermann (2016): Leif Scheuermann, Die Abgrenzung der digitalen Geisteswissenschaften, Digital Classics Online 2,1, 58-67.

Die ARGO-App und die Sichtbarmachung archäologischer Bauwerke

Rosemarie Cordie, Universität Trier

Noch bis vor wenigen Jahren erfolgte in der Archäologie die Sichtbarmachung archäologischer Befunde über Rekonstruktionszeichnungen oder über bauliche Rekonstruktionen. Doch seit einigen Jahren ist das wissenschaftliche Interesse archäologisch-historischer Disziplinen an digitalen Anwendungen und Visualisierungen gewachsen. Parallel dazu nimmt in einer breiten Öffentlichkeit das Interesse an der Archäologie zu und damit einhergehend auch der Wunsch nach konkreten Bildern.

Die Idee:

Vor annähernd 10 Jahren entstand in der Klassischen Archäologie der Universität Trier die Idee, nicht mehr vorhandene Baudenkmäler dreidimensional zu rekonstruieren, sichtbar zu machen und in die heutige Landschaft einzubinden, also quasi eine Verschmelzung von 3D-Modell und Realität in Echtzeit zu erarbeiten. Dieses Ziel sollte mittels *Augmented Reality (AR)* erreicht werden. Am Ende sollte ein Informations- und Führungssystem entstehen, das das archäologische Erbe der Großregion erlebbar macht.

Diese Idee konnte im transnationalen EU-LEADER-Projekt (2017-2020) *Antike Realität mobil erleben* in Luxemburg und Rheinland-Pfalz umgesetzt werden. Viele Akteure aus dem kommunalen und touristischen Bereich unterstützten das Projekt, Trägerin der Maßnahme war die Universität Trier. Das Projekt mit 110 Standorten in Rheinland-Pfalz und Luxemburg, mit neun Lokalen Aktionsgruppen (LAG) und mehr als 90 Kommunen wurde 2021 erfolgreich abgeschlossen.

Die Umsetzung:

Im Vortrag stehen nicht die technischen Gegebenheiten im Vordergrund, Schwerpunkt werden die visuelle Umsetzung zweier Objekte aus dem Projekt und die damit einhergehenden Herausforderungen sein.

Die 3D-Modellierungen basieren auf der Auswertung wissenschaftlicher Literatur und dem publizierten Forschungsstand der jeweiligen Objekte. Ergebnisse laufender Forschungen wurden berücksichtigt; die Bearbeiter:innen stellten uns ihre noch nicht publizierten Ergebnisse zur Verfügung. Die Modellierung erfolgte auf der Grundlage der Recherche- bzw. Vermessungsergebnisse, oftmals ergänzt um digitale Geländemodelle.

Anhand zweier konkreter Beispiele, dem römischen Grabdenkmal von Siesbach im Hunsrück und den beiden Grabdenkmälern von Duppach in der Vulkaneifel sind exemplarisch Probleme und Herausforderungen einer Rekonstruktion und Augmented Reality aufzuzeigen. Wie werden beispielsweise Unsicherheiten im Grabungsbefund dargestellt, wie die Fragmente ergänzt oder in den Relieffeldern angeordnet?

Entscheidend für die Wirkung der Objekte sind die Texturen. Diese unterliegen nicht nur einer ästhetischen Entwicklung mit dem Ziel einer größeren Realitätsnähe, sondern sind auch technisch anspruchsvoll. Wie aufwändig können und werden Reliefs oder Ornamentik wiedergegeben? Werden Tiergruppen vollplastisch dargestellt oder wird mit einer illusionistischen Tiefenwirkung gearbeitet? Welche Farben werden gewählt, welche Parallelen herangezogen? Weiterhin ist die Berücksichtigung des Sonnenstands Thema, und damit der Schattenwurf, der dem realen Sonnenstand nicht widersprechen darf.

In der Visualisierung sind zudem Verwitterungen, z.B. am Relief, zu berücksichtigen. Ebenso stellen sich Fragen hinsichtlich einer realitätsnahen Rekonstruktion, ob man Details verschwinden lässt oder sie nur schemenhaft darstellt und auch die Darstellung von Zerstörung und Verfall als didaktisches Mittel einsetzt.

Zeitgenössische Paradigmen in den Rekonstruktionen kaiserzeitlicher Grabdenkmäler aus Trier

Ute Kelp und Anja Klöckner, Goethe-Universität Frankfurt

Aufbauend auf zwei Vorgängerprojekten zu den monumentalen kaiserzeitlichen Grabdenkmälern aus Trier und seinem Umland werden in einem neuen, DFG-geförderten Projekt *Römische Grabdenkmäler des Treverergebietes im Kontext* erstmals sämtliche Formen von Grabmarkie-

rungen des Treverergebietes zusammengestellt. Mit Hilfe einer interaktiven Karte soll die Einbettung der Einzelmonumente in den Siedlungs- und Landschaftsraum sowie die Entwicklung der Funerallandschaft herausgearbeitet und für weitergehende Analysen genutzt werden. Als Ausgangsbasis dienen die bereits wissenschaftlich aufbereitet vorliegenden Daten in iDAlobjects/Arachne bzw. ARGO (Antike Realität mobil erleben) und AKuT (Antikes Kulturerbe Trier). Durch die Vorgängerprojekte wurde eine frappierende Diskrepanz zwischen erreichtem Forschungsstand und moderner Rezeptionsgeschichte augenfällig. Im Mittelpunkt stehen dabei die wirkmächtigen, aber fast vollständig undokumentierten Rekonstruktionen kaiserzeitlicher Grabdenkmäler im Rheinischen Landesmuseum in Trier, deren Entstehung in vielen Fällen erst durch unsere digitale Erschließung historischer Bild- und Archivquellen nachvollziehbar geworden sind.

Bei der Einrichtung der sog. „Gräberstraße“ des RLMT hat man Bildausschnitte verschiedener Denkmalseiten, ebenso wie Teile unterschiedlicher Grabdenkmäler, versatzstückhaft kombiniert, um unter Ausnutzung der Blickachsen ein pasticcioartiges Gesamtbild präsentieren zu können. Mittlerweile werden die problematischen und z.T. irreversiblen Rekonstruktionen häufig unhinterfragt als authentisch übernommen. Dementsprechend sollen digitale Visualisierungen etablierte Ansichtsseiten der Rekonstruktionen aufbrechen, den Blick für unsichere Ergänzungen schärfen und ggf. mögliche Alternativen eröffnen. Damit wollen wir zum einen den Blick von der modernen Überprägung weg auf das ursprüngliche Monument und seine Form zurückführen. Zum anderen wollen wir zeigen, dass die mediale Konzeption und Ästhetik der zeitgenössischen musealen Präsentation den antiken Bildabsichten und Darstellungsstrategien z.T. zuwiderlaufen.

Bei diesem Teilprojekt des oben genannten DFG-Projekts zeichnen sich einige Paradigmen ab, die anhand einzelner Beispiele vor allem aus Neumagen (sog. Kleiner Elternpaarpfeiler, Circusmonument, großes Weinschiff) vorgestellt und im weiteren Verlauf des Projekts überprüft und rezeptionsgeschichtlich eingeordnet werden sollen. Bestehende Rekonstruktionen werden dadurch ergänzt, nicht ersetzt, und ihre Entwicklung in einen wissenschaftsgeschichtlichen Kontext gestellt.

Die Visualisierung der „Westkirche“ von Assos

Jürgen Süß, Universität Heidelberg

Die Visualisierung der ‚Westkirche‘ von Assos in Kleinasien umfasst die digitale 3D-Rekonstruktion des Baukomplexes sowie die Einbettung desselbigen in ein Geländemodell. Sie ist Teil des Projekts „Die ‚Westkirche‘ von Assos – Nachuntersuchung und Publikationsvorbereitung der Architektur und Ausstattung“ unter der Leitung von Prof. Stephan Westphalen am Institut für Klassische Archäologie und Byzantinische Archäologie der Universität Heidelberg. Umgesetzt wird die Visualisierung in Zusammenarbeit mit Katinka Sewing. Das von der Gerda-Henkel-Stiftung geförderte Vorhaben lief 2021 an und wird im Rahmen eines größeren Projekts zur Erforschung des byzantinischen Assos durchgeführt.

Die digitale Visualisierung des Kirchenbaus hat zum Ziel, die Ergebnisse von früheren Grabungen und neueren Untersuchungen in Form eines 3D-Modells zusammenzuführen und anschaulich umzusetzen. Es ist zu erwarten, dass sich Fragen der Urbanistik und Architektur auf diese Weise leichter diskutieren lassen.

So dürfte beispielsweise der urbanistische Kontext der Kirche deutlich werden, indem die Anbindung der Anlage an die spätantik-byzantinische Stadt eingearbeitet wird. Auch das räumliche Verhältnis an der Westseite der Kirche zur hellenistischen Stadtmauer ist noch nicht geklärt. Der Platz zwischen Basilika und Stadtmauer reicht für ein sonst übliches Atrium nicht aus. Wurde in byzantinischer Zeit die ältere Stadtmauer an dieser Stelle abgetragen, um genügend Fläche zu gewinnen, oder wurde auf ein Atrium verzichtet?

Zu den architektonischen Fragen zählt die Umgestaltung der dreischiffigen Säulenbasilika aus dem 5. Jahrhundert in eine Saalkirche mit zwei durch Längsmauern vom Hauptschiff abgetrennten Seitenräumen im 6. Jahrhundert sowie die Platzierung von Einzelfunden, wie z.B. Zweizonen-Tier-Kapitellen und Schrankenplatten im Baukomplex.

Die Visualisierung der Westkirche durch ein digitales 3D-Modell soll in verschiedene Vorschläge zur Rekonstruktion des Sakralbaus münden. Die Frage der Darstellung unterschiedlicher Plausibilitätsstufen in einer digitalen Wiederherstellung, also die Grade der Wahrscheinlichkeit, wie z.B. ‚erhalten‘, ‚gesichert‘ und ‚ergänzt‘, fließt in die Arbeiten mit ein.

Hellenistische Plastik digital: Die Rekonstruktion der ‚Beißergruppe‘

Katharina Meinecke, Universität Leipzig

Zwei Knaben sind beim Spiel mit Astragalen dermaßen in Streit geraten, dass der eine den anderen in den Arm beißt. Diese Szene zeigt die ‚Beißergruppe‘ im British Museum in London. Von dieser römischen Kopie einer hellenistischen Genreplastik ist jedoch nur der beißende Knabe und die einen Astragal umfassende Hand seines Gegenspielers erhalten. Für den verlorenen gebissenen Knaben lag bislang nur eine zeichnerische Rekonstruktion von Ariel Herrmann aus dem Jahr 1979 vor, die zudem, wie die Autopsie der Originalskulptur nahelegte, in einigen Punkten nicht ganz zuzutreffen scheint. Daher wurde ein neuer digitaler Rekonstruktionsvorschlag erarbeitet. Dafür wurde ein eigenes Verfahren entwickelt, mit dem auf Basis eines im Structure-from-Motion-Verfahren hergestellten 3D-Modells des erhaltenen Skulpturenteils eine digitale Rekonstruktion für den verlorenen zweiten Knaben mittels einer vormodellierten virtuellen Figur (*base mesh*) vorgelegt werden konnten. Auf diese Weise konnte mit relativ geringem Aufwand eine Vielzahl an Hypothesen überprüft werden, ohne den erhaltenen Bestand einem Risiko auszusetzen oder physischen bzw. perspektivischen Einschränkungen durch den jeweiligen Aufstellungskontext unterworfen zu sein. Da zur ‚Beißergruppe‘ keine Repliken bekannt sind, bildeten ikonografische Studien zur langen Tradition des Bildmotivs der mit Astragalen spielenden und streitenden Kinder die Grundlage für die formale Rekonstruktion der Skulptur. Die erarbeitete digitale dreidimensionale Rekonstruktion dient als Ausgangspunkt für Fragen nach Ansichtsseiten und Betrachtung der Gruppe im Raum.

Augmented Reconstruction. Entwicklung einer feldbasierten 3D-Rekonstruktion zur interdisziplinären Zusammenarbeit in Bauforschung und Archäologie

Clemens Brünenberg, TU Darmstadt

Dreidimensionale Bestands- und Rekonstruktionsmodelle vergangener Gebäudezustände werden in den Altertumswissenschaften und insbesondere in der archäologischen Bauforschung spätestens seit dem *second digital turn* als heuristisches Werkzeug begriffen. Über ihre lange solitär verstandene Funktion als Vermittler bestimmter visueller Vorstellungen hinaus tragen diese Modelle entscheidend dazu bei, unser Verständnis zu Bauabläufen, Bauphasen, Raumgestaltung oder konstruktiven Zusammenhängen bis hin zu Detaillösungen vergangener Bauten zu klären. Während die Dokumentation und Analyse stets direkt am eigentlichen Untersuchungsobjekt, den baulichen Überresten, durchgeführt wird, ist der Entstehungsprozess der Rekonstruktionsmodelle trotz der engen inhaltlichen Aussagekraft und Beziehung mit dem realen Objekt jedoch in aller Regel von diesem losgelöst.

Mit diesem Beitrag werden die Ergebnisse des seit November 2019 an der TU Darmstadt laufenden Projektes vorgestellt, in dem durch die technischen Möglichkeiten der Augmented Reality (AR) genau dieser Entstehungsprozess der Rekonstruktionsmodelle erstmals direkt mit dem Untersuchungsobjekt verbunden wird. Dabei steht in der ersten Stufe des Projektes nicht die Erstellung „fertiger“ Rekonstruktionsmodelle im Vordergrund, vielmehr dient das digitale Anwendungswerkzeug „Augmented Reconstruction“ zur Umsetzung und Visualisierung von Arbeitshypothesen, architektonischen Möglichkeiten und ersten Rekonstruktionsansätzen vor Ort. Ein integraler Bestandteil dieses innovativen Ansatzes stellt die Vernetzung aller am Rekonstruktionsprozess beteiligten Personen am Objekt dar. So ist es beispielsweise möglich, der rekonstruierenden Person weitere Expert*innen wie Denkmalpfleger, Architektinnen, Historiker oder Archäologinnen hinzuzuschalten. Die Ergebnisse dieser kollaborativen Arbeit finden unmittelbar in der Rekonstruktion ihre Umsetzung. Ziel des in Kooperation mit der Hochschule Mannheim und dem Rheinischen Landesmuseum Trier durchgeführten Projektes ist die Entwicklung eines digitalen Arbeitswerkzeuges zur methodischen Anwendung dieses

neuen Ansatzes. Die Erprobung und Entwicklung des Werkzeuges erfolgt am Beispiel der UNESCO-Welterbestätte der römischen Barbarathermen in Trier.

Die Hagia Sophia im Seminarraum. Zu den Potentialen und Grenzen von „Pure Mixed Reality“ für die Vermittlung von Architekturgeschichte in der Hochschullehre Fabian Stroth, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Während sich die Feldarchäologie und Denkmalpflege intensiv der mittlerweile zur Verfügung stehenden digitalen Werkzeuge für die Forschung bedient und zahllose 3D-Datensätze produziert, ist die archäologische Hochschullehre noch immer geprägt von einer Reduktion ihrer dreidimensionalen Untersuchungsgegenstände auf die Abbildung in zweidimensionalen Bildgebungsverfahren (vom Glasdiagramm bis zur Powerpoint).

Technologien wie *Virtual* und *Augmented Reality* (VR/AR) halten Potentiale bereit, die hinsichtlich einer didaktischen Einbindung in die objektbezogene Hochschullehre bei Weitem noch nicht vollständig erkannt oder ausgeschöpft sind. Bisher werden dreidimensionale Bildgebungsverfahren vornehmlich in anwendungsorientierten sowie technisch und naturwissenschaftlich ausgerichteten Studiengängen erprobt. Für die Geisteswissenschaften in Deutschland stehen nur selten Infrastrukturen zur Verfügung, die es Studierenden dieser Fächer erlauben, mit AR-Technologien in Berührung zu kommen, sie zu erproben und deren Potentiale und Grenzen als Erfahrungswissen zu reflektieren. Hier setzt das Forschungsprojekt MARBLE an, das seit 2020 an der Abteilung für Byzantinische Archäologie der Universität Freiburg angesiedelt ist.

Im Vortrag spreche ich über die Entwicklung und Erforschung eines innovativen mediendidaktischen Lehrveranstaltungs-Designs, das die Potenziale von virtuellen Technologien und Entwicklungen didaktisch begründet sinnvoll in der geisteswissenschaftlichen Hochschullehre nutzt. Es handelt sich um ein über *Augmented Reality* (AR) hinausgehendes *Pure-Mixed-Reality-Szenario* (PMR), dessen Mehrwert insbesondere in der Ermöglichung authentischer Lernerfahrungen durch die Vereinigung des Physischen mit dem Vorstellbaren sowie in der Interaktivität mit dem digitalen Objekt, aber auch der Lernenden untereinander besteht. Damit setzt das Projekt ganz bewusst nicht auf *Virtual Reality* (VR), da hier die Lernenden weitgehend isoliert im virtuellen Raum agieren. PMR bietet durch die Ausweitung des Aufgaben- und Tätigkeitsspektrums auf gemeinsames Agieren im Raum ein Erfahrungslernen, das in dieser Dimension bisher nicht möglich war.

Konkret werden im Vortrag die Potentiale von PMR zur besseren Verschränkung von Raumverständnis und etablierten Darstellungsweisen von Architektur (Grundriss, Quer- und Längsschnitt) am Beispiel verschiedener Architekturmodelle diskutiert (Abb. 1).

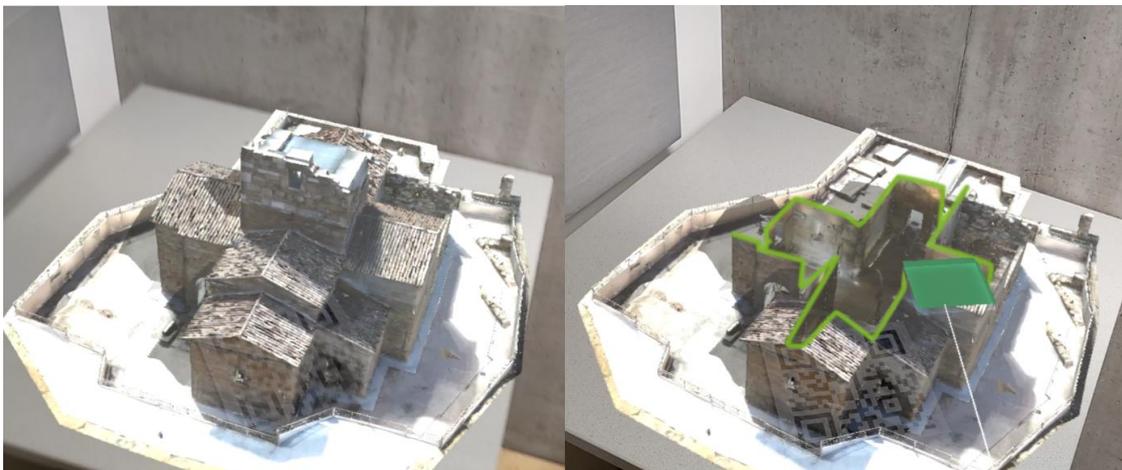


Abb. 1 Links: vollständiges Architekturmodell; Rechts: "geöffnetes" Modell mithilfe des "Clipping Tools"

Gescheitert? – ArchAide und der Versuch einer Innovation in den archäologischen Wissenschaften

Stephan Berke und Hannes Kahl, Universität Trier

Wer sich als Wissenschaftler oder engagierter Laie in den archäologischen Wissenschaften betätigt, kommt um das Thema „Keramik“ nicht herum. Bei etwa 80% bis 85% aller archäologischen Funde handelt es sich in allen Zeitepochen und allen Kulturen um keramische Funde. Die wissenschaftliche Literatur zu dieser Fundgattung füllt ganze Regale und die Katalogliteratur zur Bestimmung von Gefäßkeramik ist das notwendige Handwerkszeug für Archäologen. Auch heute noch bestimmt man die vorliegende Gefäßkeramik traditionell mit Hilfe eines analogen optischen Vergleichs. Aufgrund der schieren Menge von Material, sowohl an Funden wie auch an Referenzmaterial, handelt es sich um eine zeitaufwändige Arbeit, deren Ergebnisse erst nach Jahren der Aufarbeitung eines Komplexes auswertbar sind. Alle römischen Keramikfunde aus allen Stadtgrabungen, z.B. Triers, nach einem Standard zu bearbeiten, ist daher schlechterdings unmöglich oder nicht zu bezahlen.

Aufgrund des hohen Zeitaufwandes bei der Bestimmung von Keramik, ist es kein Wunder, dass es immer wieder Versuche gegeben hat, diesen Prozess zu vereinfachen, indem man Kompendien geschaffen hat, die den Typenkatalog einer bestimmten Region und eines Zeitabschnittes in einem Medium zusammenfassen. Bei diesen Kompendien handelt es sich jedoch um reine Zusammenstellungen von Typen, ohne eine Möglichkeit der automatisierten Bestimmung von Artefakten. Seit neuestem scheint sich hier jedoch ein Wandel zu vollziehen. So gibt es an der Northern Arizona University/USA ein Projekt zur automatisierten Erkennung und Einordnung indigener Keramik auf der Basis von Bilderkennung (KI). Weiter gibt es ein europäisches Projekt mit dem Namen „ArchAide“, welches im Rahmen des Programms „Horizon 2020“ durch die Europäische Union von 2016 bis 2019 gefördert wurde. Die Federführung des Projektes lag bei der Universität Pisa. Dieses Projekt stellt sich auf seiner Homepage wie folgt vor:

„ArchAIDE ist ein Forschungs- und Innovationsprogramm der Europäischen Union im Rahmen von Horizon 2020 mit dem Ziel, ein neues System zur automatischen Erkennung von archäologischer Keramik aus Ausgrabungen in der ganzen Welt zu entwickeln.“

Diese Innovation soll umfassen:

- „ein möglichst automatisches Verfahren zur Umwandlung von Papierkatalogen in eine digitale Beschreibung, die als Vergleichssammlung für den Such- und Abrufprozess genutzt werden kann;
- eine App (hauptsächlich für mobile Geräte), die Archäologen bei der Erkennung von Scherben durch eine einfach zu bedienende Schnittstelle mit effizienten Algorithmen zur Charakterisierung, Suche und Abfrage der visuellen/geometrischen Entsprechungen unterstützt;
- ein automatisches Verfahren zur Ableitung der Topfscherbenbeschreibung durch Umwandlung der gesammelten Daten in ein formatiertes elektronisches Dokument, in Druckform oder auf dem Bildschirm;
- eine webbasierte Echtzeit-Datenvisualisierung, um den Zugang zum archäologischen Erbe zu verbessern und neue Erkenntnisse zu gewinnen;
- ein offenes Archiv, das die Nutzung und Wiederverwendung archäologischer Daten ermöglicht und sie in ein gemeinsames Erbe verwandelt.“

Gegenstand des Vortrages wird die FRAGE sein, ob der taktil-visuelle Bestimmungsprozess von Keramik durch die sensorisch-optische Digitalisierung der Artefakte in die numerische Klassifikation ersetzt werden kann. Anhand von Beispielen aus ArchAide soll die Realität moderner rechnender Methoden, die der Volksmund als „künstliche Intelligenz“ bezeichnet, dargestellt werden. Weiter wird erklärt, warum es bislang keine Software zur computergestützten automatischen Klassifikation von Gefäßkeramik gibt.

Präsentation, Immersion und Analyse – Nutzungsabhängiger Wandel des digitalen Objektes im virtuellen Institut der Ur- und Frühgeschichte Erlangen

Carsten Mischka, Doris Mischka und Marcel Weiss, FAU Erlangen-Nürnberg

In der Archäologie verschiebt der stetige technische Fortschritt den Fokus mittlerweile von der technischen Erfassung eines Objektes hin zur Nutzung des digitalen Modells. Per SfM und 3D-Scan können Studierende mittlerweile problemlos archäologische Objekte digitalisieren und die moderne Grabungstechnik liefert digitalisierte Umgebungen vom Grabungsschnitt bis hin zu per Drohne gescannten ganzen Landschaften.

Doch wie können diese Daten nutzbar gemacht werden? Das virtuelle Institut der UFG Erlangen geht dabei verschiedene Wege, je nach Zielgruppe. Zwei Objekte zeigen die drei hauptsächlichsten Anwendungsbereiche.

Die „Venus von Drăgușeni“, eine Keramikstatuette aus der Cucuteni-Periode Rumäniens, steht für einen massiven Vorteil, den die Objektdigitalisierung für museale Bereiche mit sich bringt: Die Unabhängigkeit vom geographischen Raum. Das Original befindet sich im Historischen Museum Botoșani (Rumänien) und wurde von Erlanger Studierenden während eines Feldpraktikums per SfM erfasst. Nun ist sie Teil eines eigenen Raums der **virtuellen Sammlung** mit Schwerpunkt Rumänien. Dort wird sie im Kontext mit den Feldarbeiten des Erlanger Institutes am Fundort sowie überregionalen Forschungsergebnissen zur Cucuteni-Kultur präsentiert, gemeinsam mit weiteren 3D-Modellen von Ausgrabungsfunden, Befundsituationen, Info-Filmen und -Postern. Dabei ist ein und dasselbe Objekt in zwei digitalen Varianten verfügbar: Das hochauflösende Modell wird in einem animierten Film gezeigt – hoch detailliert, aber nicht interaktiv. Alternativ ist die Statuette als Objekt für die erweiterte Realität (**UFG-AR**) abrufbar. Hier muss zwar ein Lowpoly-Modell eingesetzt werden, um eine schnelle Verfügbarkeit über das Internet zu gewährleisten, dafür kann der Nutzer aber direkt mit dem Objekt interagieren – es beliebig groß im eigenen Wohnzimmer platzieren, drehen, von allen Seiten beobachten oder auch um es herumgehen.

Die AR-Implementierung der Objekte hat einen weiteren Vorteil, der gerade in Zeiten von Distanzunterricht oder Home-Office stark an Bedeutung gewonnen hat: Verschiedene Personen können gleichzeitig dasselbe Objekt betrachten und mit ihm interagieren. Beispielsweise können alle Teilnehmer eines Kurses bei sich zu Hause ein Keilmesser und eine Blattspitze aus allen Blickwinkeln untersuchen und sich über Unterschiede und Gemeinsamkeiten dieser Werkzeugtypen austauschen. Dies ginge noch nicht einmal im Präsenzunterricht an echten Objekten, da diese ja jeweils nur einmal existieren.

An einem solchen Keilmesser wird die Verbindung von Immersion und Analyse gezeigt. Das mittelpaläolithische Steinwerkzeug aus der Sesselfelsgrötte (Altmühltal, Bayern) ist eines von vielen Objekten der Schausammlung des Erlanger UFG-Institutes. Es wurde beim MPI Leipzig per Laserscan digitalisiert. Während die Lowpoly-Variante der Präsentation und Lehre dient, ist das hochauflösende Modell Teil einer aufwendigen morphometrischen Analyse mittelpaläolithischer Steinartefakte aus zahlreichen unterschiedlichen Sammlungen. In dieser werden Dutzende von 3D-Modellen miteinander verglichen, um Informationen über Typochronologie, aber auch die nutzungsbedingten morphologischen Zwänge zu gewinnen. Die Herausforderung dieser Methodik besteht darin, nicht nur wie bisher den Werkzeugumriss zu betrachten, sondern die Objekte in ihrer vollständigen räumlichen Auswertung vergleichend zu analysieren – mit bereits faszinierenden Ergebnissen. Nach der Präsentation und der Immersion steht nun also am anderen Ende der Skala die Nutzung des 3D-Modells zur Gewinnung völlig neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse.

Zwischen Forschung und Verwaltung: Digitalisierungsprozesse in einer Landesdenkmalfachbehörde

Stephanie E. Metz, Generaldirektion Kulturelles Erbe RLP/Geschäftsstelle Digitalisierung

Die Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz (GDKE) ist eine obere Landesbehörde und unmittelbar dem Ministerium des Innern und für Sport nachgeordnet. Sie vereint die Direktionen Landesarchäologie, Landesdenkmalpflege, Landesmuseum Mainz, Rheinisches Landesmuseum Trier, Landesmuseum Koblenz und die Direktion Burgen, Schlösser, Altertümer (B.S.A.) sowie Stabsstellen für zentrale Verwaltungs-, Marketing- und Bauaufgaben unter einem Dach.

Die wichtigsten, hoheitlichen Aufgaben der GDKE umfassen u.a. den langfristigen Schutz und die Erforschung der Kulturlandschaft nach wissenschaftlichen Maßstäben sowie eine systematische Erfassung und Aufnahme aller archäologischer und erdgeschichtlicher Denkmäler, Bau- und Kunstdenkmäler sowie Sammlungen. Wissenschaftliche Ausgrabungen gefährdeter Fundstellen, die Auswertung ihrer Ergebnisse und die Fundverwaltung sowie restauratorische und konservatorische Maßnahmen münden in der Vermittlung der Inhalte an die breite Öffentlichkeit.

Als Träger öffentlicher Belange ist ein reibungsloser, behördenübergreifender Daten- und Informationsaustausch bei Planverfahren essenziell, ebenso wie bei der Strategieentwicklung von Monitoringverfahren (z.B. von UNESCO-Welterbestätten) und der Etablierung von Verfahren aus dem Bereich der sog. Citizen Science (Ehrenamt).

Unter Berücksichtigung gesetzlicher Vorgaben verfolgt die GDKE im Rahmen der Digitalisierungsinitiative des Landes Rheinland-Pfalz „Rheinland-Pfalz Digital. Wir vernetzen Land und Leute“ das Ziel, die Interferenz heterogener (Forschungs-)Daten und ihrer Verwaltung zusammenzuführen. Dank einheitlich strukturierter Arbeitsprozesse, der Zentralisierung des Datenbestands und definierter Standards, soll neben der Etablierung eines zentralen Fachinformationssystems auch die medienbruchfreie Bereitstellung von Informationen gewährleistet sein. Überdies engagiert sich die GDKE aktiv im Rahmen der Bund-Länder-Initiative zur Entwicklung und Etablierung einer Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) als Co-Applicant des Konsortiums NFDI4Objects.

Zur Beschreibung von Stätten, Objekten, Objekt- und Schutzmaßnahmen sowie von Restaurierungs- und Konservierungsprozessen sind standardisierte Vokabulare und Thesauri notwendig. Die Qualität und Verfügbarkeit der Thesauri, die von den einzelnen datenhaltenden Stellen gepflegt werden, ist derzeit noch sehr heterogen. Um generierte Daten im Sinne der FAIR-Prinzipien uneingeschränkt nutzbar zu halten, ist ein professionelles Forschungsdatenmanagement unerlässlich. NFDI4Objects strebt hierbei an, die nationale und internationale Zusammenarbeit in der Denkmalpflege zu stärken und einen barrierefreien Zugang zu den Daten für Forschungseinrichtungen mittels standardisierter Datenaustauschschnittstellen zu schaffen und dabei die Fachdisziplinen über rechtliche und technische Rahmenbedingungen hinweg zu vereinen, die aus der Kulturhoheit der Bundesländer hervorgegangen sind.

Der Vortrag möchte zum Diskurs und Dialog einladen. Hierbei versteht er sich als Vermittler zwischen den teils divergierenden Anforderungen, die an eine Institution wie die GDKE sowohl als Denkmalfachbehörde einer Landesverwaltung als auch als außeruniversitäre Forschungseinrichtung gerichtet sind.

Unsichtbares sichtbar machen – Das „Projekt Archäologisches Stadtkataster Trier“ (PAS-TR)

Michael Drechsler und Karl-Uwe Mahler, Generaldirektion Kulturelles Erbe RLP/Rheinisches Landesmuseum Trier

Das römische Trier besitzt eine reiche antike Überlieferung, die in den zum Teil als UNESCO-Welterbe ausgezeichneten Baudenkmalen und den Funden des Rheinischen Landesmuseums ihren Ausdruck findet. Darüber hinaus hat sich durch Ausgrabungen und Untersuchungen seit dem 19. Jahrhundert ein so komplexer und umfangreicher Datenbestand zum nicht sichtbaren unterirdischen Trier ergeben, dass eine vollständige Aufarbeitung noch aussteht und

nur schrittweise möglich ist. Neben der fachwissenschaftlich-archäologischen Auswertung dieser Daten ist gleichzeitig eine Erschließung und schnelle Recherchierbarkeit im Hinblick auf die Belange städteplanerischer Anforderungen wichtig. Nur so kann die Abstimmung denkmalpflegerischer Zielsetzungen und moderner Stadtentwicklungskonzepte in einer sich verändernden Stadtlandschaft erfolgen.

Im Oktober 2021 startete ein Kooperationsprojekt der Stadt Trier und der GDKE, um auf der Achse Römerbrücke-Amphitheater modellhaft alle bisherigen Daten – analog und digital – zum nicht sichtbaren Trier zusammenzuführen. Das Projekt PAS-TR ist in dieser Form einzigartig, weil es von Beginn an kooperativ zwischen Bauplanung und Bodendenkmalpflege konzipiert ist. Dadurch soll künftig das kulturelle Erbe unter der Stadt bereits prognostisch berücksichtigt werden können. Für dieses Ziel ist ein breiter Austausch von üblicherweise stark getrennten Datensammlungen der jeweiligen Verwaltungsbereiche vorgesehen. In einem nächsten Schritt sollen zusammen mit Vertretern/innen der Stadt und Stadtentwicklern/innen Konzepte einer Visualisierung diskutiert werden, die für den städtebaulichen Blick eine Informations- und Entscheidungshilfe darstellen.

Der Vortrag vermittelt in aller Kürze die Rahmenbedingungen des Projektes, die Praxis der Datenbeschaffung von Stadtverwaltung und GDKE, die konkrete Zusammenführung der Daten in einem GIS (QuantumGIS) und die langfristige Archivierung der Arbeitsergebnisse in der bestehenden Fachdatenbank (PGIS). Danach werden Beispiele der Analyse und Prognose der Daten und ihre jeweilige mögliche Visualisierung demonstriert, die sich später sowohl an fachliches wie nichtfachliches Publikum richten soll. Diese Visualisierungen basieren auf folgenden Leitfragen:

- (A) Wo und wie (tief) wurden innerhalb des Arbeitsgebietes Bodeneingriffe vorgenommen?
- (B) Welche archäologischen Quellen wurden dabei dokumentiert und wie sind diese heute erhalten?
- (C) Wo wurden keine Bodeneingriffe vorgenommen und welche archäologischen Quellen sind dort zu vermuten?
- (D) Wie lassen sich Flächen unter Berücksichtigung des kulturellen Erbes städte- und bauplanerisch qualifizieren und quantifizieren?

Der Vortrag ist aus der tagesaktuellen Arbeit des Projektes abgeleitet, das Mitte 2023 enden soll.

Ein Ausweg aus dem Datenchaos? Neue Wege der wissenschaftlichen Recherche und Datenverwaltung

Eva Bleser und Nico Feld, Universität Trier

Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung im Bereich der Informatik entstehen u.a. neue Möglichkeiten zur Generierung, Sammlung und Speicherung von Daten, die auch das wissenschaftlichen Forschungsdatenmanagement betreffen. Dazu zählt der Umgang mit der Vielfalt der verfügbaren Datenformen (Bilder, Texte, geographische Daten etc.). Mit dieser Thematik befasst sich seit 2020 das interdisziplinäre Projekt „Antikes Kulturerbe Trier“ (AKuT) der Fächer Klassische Archäologie und Informatik, das im Bereich der *Cultural Heritage Studies* Trier (CHeST) an der Universität Trier angesiedelt ist. Schwerpunkte des Projekts sind die Förderung von intuitiven Recherchen durch Datenverknüpfungen, die Verwaltung von raumbezogenen Daten, sowie die Verwahrung und der Austausch von Modellierungsdaten. Auf der Basis von Datensätzen zu publizierten Bodendenkmälern des Trierer Landes, zur Dokumentation zur Kaiservilla von Konz (Bilder, Pläne, Grabungsdokumentation) und zu ausgewählten Trierer Römerbauten (Kaiserthermen, Kaiserpalast) wurden der Demonstrator eines *Knowledge Graph* mit *WebGIS* und ein virtuelles Stadtmodell von Trier in der Spätantike umgesetzt.

Die in Form eines *Knowledge Graph* realisierte Forschungsdatenbank ermöglicht über die verschiedenen Knotenpunkte intuitives Auffinden von mit der Fragestellung verbundenen Datensätzen. Eine solche Verbindung kann u.a. aus dem gleichen Bautyp oder einer gleichzeitigen Datierung bestehen. Um die dafür benötigte Einheitlichkeit bei der Beschreibung von Objekteigenschaften zu erreichen, wurde die vom *International Council of Museums* entwickelte und auch im archäologischen Kontext genutzte Ontologie *CIDOC-Conceptual Reference Model*

verwendet und erweitert. Auf diese Weise können Objektdaten standardisiert erhoben und abgelegt werden. Mit dem *Knowledge Graph* verknüpft ist ein *WebGIS*, das die Standorte der Denkmäler aufzeigt und zudem mit weiteren Anzeigefunktionen ausgestattet ist. So können nur Objekte einer bestimmten Zeitspanne und/oder eines Bautyps eingeblendet werden, sowie auf verschiedene Karten des Trierer Umlands zurückgegriffen werden. Durch den *Knowledge Graph* und das *WebGIS* können so Informationen intuitiv durch semantische und/oder geographische Zusammenhänge exploriert werden. Zudem wurde ein erstes *Usermanagement System* implementiert, welches nicht-öffentliche Daten für nicht autorisierte Benutzer entweder anonymisieren oder gänzlich verstecken kann.

Das Stadtmodell besteht aus den vier Komponenten *OSM Karte*, *Model Storage*, *Model Knowledge Graph* und einem *Controller*. Um die neuen Erkenntnisse aus der Forschung schnell und einfach abbilden zu können, soll das Stadtmodell flexibel und benutzerfreundlich bearbeitbar sein. In *OSM Karte* wird unter Verwendung des *OSM Software Stacks* die Verortung von Gebäuden, Straßen, Mauern etc. vorgenommen. Der *Model Storage* ist eine Datenbank verschiedener 3D-Modelle der in der *OSM Karte* verorteten Objekte. Diese müssen nicht einzigartig sein, d.h. für ein Objekt können mehrere 3D-Modelle existieren, z.B. für verschiedene Epochen. Der *Model Knowledge Graph* verlinkt nun die Daten der *OSM Karte* mit den Modellen des *Model Stages* mitsamt weiteren Informationen, wie Epoche und Material. Der *Controller* verwaltet die Benutzeranfragen an das System und liefert mit Hilfe der drei anderen Komponenten ein maßgeschneidertes 3D-Modell, basierend auf den Parametern der Benutzeranfrage. Im Demonstrator wurde dies beispielhaft für die *Unity-Engine* als *Plug-in* implementiert, welches dem Benutzer ein generiertes Stadtmodell des spätantiken Trier liefert. Auch wurde dort beispielhaft die Darstellung von unscharfen Daten implementiert, was zukünftig weiter ausgebaut werden soll.