

Zeitschrift: Zeitschrift für schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte =
Revue suisse d'art et d'archéologie = Rivista svizzera d'arte e
d'archeologia = Journal of Swiss archeology and art history

Herausgeber: Schweizerisches Nationalmuseum

Band: 77 (2020)

Heft: 2-3

Artikel: Archäoinformatik in der Schweizer Archäologie : Beispiele aus der
Praxis

Autor: Wiemann, Philipp / Reitmaier, Thomas

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-882474>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Archäoinformatik in der Schweizer Archäologie: Beispiele aus der Praxis

VON PHILIPP WIEMANN UND THOMAS REITMAIER

Auf wesentliche Initiative des Archäologischen Dienstes Graubünden fand im Jahr 2017 in Chur mit *digiarCH* erstmals eine nationale Tagung zum «digital turn in der Schweizer Archäologie» statt. Dabei wurde eine thematische Auslegeordnung zur digitalen Archäologie in der Schweiz und im benachbarten Ausland gemacht: Referierende informierten über die Dokumentation von archäologischen Befunden mittels 3D-Photogrammetrie und geophysikalischer Prospektion, berichteten von der «Good Practice» bei der Anwendung digitaler Methoden in kantonalen Fachstellen sowie von Herausforderungen in der Archivierung, der Lehre und der Vermittlung von digitalen Arbeitsweisen und Inhalten. Auf einem offenen Marktplatz tauchten Fachleute der Archäologie und zugewandte Laien mit 3D-Brillen in das antike Vindonissa ein oder liessen sich die neuesten Vermessungstechniken erklären (Abb. 1). Die zweitägige Tagung in Chur war damit nicht nur eine aktuelle und überfällige Standortbestimmung zeitgemässer Archäologie, sondern dokumentierte sehr deutlich auch den inspirierenden Geist eines digitalen Umbruchs, der sich bis heute fortsetzt. Leider fiel der für Juni 2020 geplante Nachfolgekongress *DIGIARCH2020* «Kulturerbe im digitalen Zeitalter» wie manch andere Veranstaltung der derzeit alles bestimmenden COVID-19-Pandemie zum Opfer respektive musste auf das Folgejahr verschoben werden. Dies ist insofern sehr bedauerlich, als diese zweite, inhaltlich und organisatorisch noch einmal deutlich erweiterte *digiarCH*-Tagung zweifellos eine noch deutlichere Beschleunigung der Digitalisierung gezeigt hätte – vielleicht sogar als Resultat der ersten Ausgabe! Gleichzeitig haben insbesondere die Wochen des sogenannten Lockdowns während des Pandemie-Frühjahrs 2020 vielfältige sowie neuartige Formen des digitalen Arbeitens in bisher ungeahntem Ausmass aktiviert – auch und vor allem im kulturellen Bereich.

Vom ersten PC zur Amersfoort Agenda

Computer wurden bereits sehr früh in der Archäologie eingesetzt, und die Entwicklungen folgten auch hier dem allgemeinen Fortschritt in der Computertechnik. So wurden etwa in den 1960er Jahren Eigenschaften von archäologischen Fundobjekten (häufig Keramik) codiert mit



Abb. 1 Podiumsdiskussion mit Experten während der Tagung *digiarCH* 2017 in Chur.

Lochkarten aufgenommen und dann in Rechenzentren im Hinblick auf das Erlangen einer statistisch basierten Klassifikation ausgewertet.¹ Auf diese Weise konnte mithilfe des Computers die Analyse grosser Fundmengen bewältigt werden, was ansonsten den kostenintensiven Einsatz vieler Arbeitskräfte erfordert oder gar die Möglichkeiten des menschlichen Geistes überfordert hätte. Die damit verbundenen Bestrebungen, die archäologische Forschung zumindest bis zu einem gewissen Mass zu objektivieren, standen auch in Zusammenhang mit frühen Versuchen einer computergestützten räumlichen Analyse.²

Die entscheidende Dynamik stellte sich indes erst mit der Entwicklung der Mikro- beziehungsweise der Personal Computer ein. Ein Pionier in der Schweiz war (auch) diesbezüglich sicherlich der langjährige Zürcher Stadtarchäologe Ulrich Ruoff.³ Ruoff setzte frühe Personal Computer vor allem für Anwendungen im Zusammenhang mit der Dendrochronologie ein. Er erkannte jedoch das übergreifende Potenzial dieser Ausrüstung, indem er den angeschafften Plotter zur Digitalisierung von Pfahlplänen benutzte, diese Informationen mit Daten aus dem Dendrogramm verlinkte und eine Intra-Site-Analyse zur räumlichen Bestimmung von Hausgrundrissen durchführte.⁴ Im selben in den frühen 1980er Jahren publizierten Artikel brachte Ruoff auch ein Beispiel für die schematische Rekonstruktion einer vorromanischen Kirche in drei Dimensionen inklusive ihrer Lage auf einem Geländemodell (Abb. 2). Einen nicht nur für Öster-

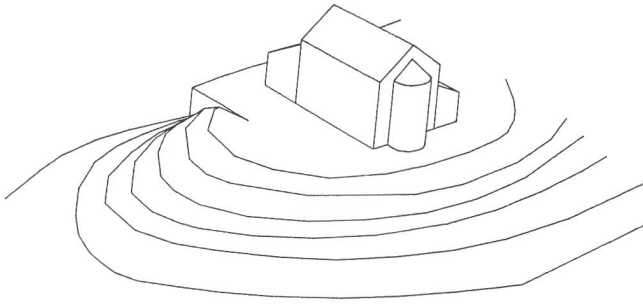


Abb. 2 Perspektivische Darstellung der vorromanischen Kirche St. Peter Zürich in einer schematischen Rekonstruktion der frühen 1980er Jahre. Die Zeichnung wurde mit einem Plotter ausgegeben und geringfügig manuell nachbearbeitet.

reich gültigen Überblick über die Einsatzmöglichkeiten von EDV in der Archäologie gab Peter Stadler dann Mitte der 1990er Jahre.⁵ Obwohl Stadler selbst auf die rasche Vergänglichkeit seiner Darstellung hingewiesen hatte, erstaunt rückblickend doch, dass viele Anwendungsbereiche trotz des deutlichen technischen Fortschrittes in den vergangenen 25 Jahren im Grunde dieselben geblieben sind. Allerdings haben sich die Möglichkeiten und Geschwindigkeiten mit der Entwicklung einer heutzutage überaus bedienerfreundlichen Computertechnik in einem Masse erhöht und an Potenzial gewonnen, das bei Weitem noch nicht ausgeschöpft ist.

Bei all den Vorteilen der modernen Technik und den zumeist auf sehr persönlichem Engagement von einzelnen Fachpersonen auf diesem Gebiet erzielten Erfolgen ist heute gewissermassen eine grundlegende Verpflichtung einzufordern, die Chancen der *Digital Archaeology* ganzheitlich zu nutzen und das archäologische Datenmanagement kollaborativ voranzutreiben, den Datenaustausch mit anderen Disziplinen und Partnern zu fördern und vor allem das archäologische Wissen der Forschung und Öffentlichkeit über digitale Wege möglichst offen und niederschwellig zugänglich zu machen. Diese («ethisch-moralischen») Leitmotive betont auch der Dachverband der Europäischen Landesarchäologen (*Europae Archaeologiae Consilium EAC*) in der sogenannten *Amersfoort Agenda* von 2015, die wichtige Elemente für das zukünftige und insbesondere digitale Management des archäologischen Kulturerbes in Europa festlegt.⁶ Die entsprechenden Kernaussagen dieser Agenda lauten:

- Use emerging digital technologies to share, connect and provide access to archaeological information; this will require improved collaboration and the development of (and participation in) European networks.
- Encourage cooperation with other disciplines and share data in order to create a shared benefit.
- Aim for the greatest possible access to digital archaeological resources for various user groups and exploit digital databases to their full potential, including uses for the greater public.⁷

Obwohl diese Empfehlungen übergreifend für die Archäologie und sogar darüber hinaus gelten können, folgt die grobe Gliederung dieses Beitrages den drei zentralen Begriffen, mit denen regelmässig die (meist) gesetzlich verankerten Tätigkeiten der kantonalen archäologischen Fachstellen in der Schweiz charakterisiert werden: Untersuchen – Bewahren – Vermitteln. Dieser klassische Dreiklang hat jedoch im selben Masse auch für jede andere staatliche, universitäre oder private archäologische Einrichtung seine Gültigkeit.

Untersuchen: Modellierung in vier Dimensionen

«Der Aufwand für eine archivfähige, auswertbare Dokumentation ist bei der Planung archäologischer Eingriffe zu berücksichtigen»⁸ – diese Anweisung steht in den Leitsätzen zur Denkmalpflege von 2007 in Bezug auf die Dokumentation archäologischer Untersuchungen. Der zunehmende Einsatz von Computertechnik in der Archäologie äussert sich folglich vor allem im steten Streben nach einer Optimierung in der Dokumentationstechnik. Dies liegt in erster Linie aber an der spezifischen Problematik der archäologischen Feldforschung, welche die eigenen materiellen Quellen bekanntlich während respektive infolge ihrer Untersuchung fortlaufend zerstört. Eine archäologische Ausgrabung kann man sich beispielhaft als eine unwiederholbare Datenerhebung auf Grundlage vergangenen Materials vorstellen, zumindest wenn man von der Einzigartigkeit jeder Fundstelle und jedes Befundes ausgeht. Zugleich ergibt sich bei der Dokumentation zwangsläufig die Notwendigkeit einer gewissen Abstraktion, um einen bewältigbaren Korpus an Informationen zu erhalten. Erschwerend kommt hinzu, dass trotz der Datenfülle auf einer Ausgrabung die archäologisch relevanten Informationen beziehungsweise Materialien stets unvollständig und unzuverlässig sind, da sie durch die lange Zeit ihrer Ein- und Ablagerung einer Vielzahl von verändernden und «verfälschenden» Transformationsprozessen ausgesetzt waren.

Grundsätzlich existieren heute digitale und analoge Dokumentationsmethoden immer noch parallel, da die digitalen Lösungen jedoch als schneller und somit als kostengünstiger gelten, treten die analogen zunehmend in den Hintergrund.⁹

Als Beispiel einer aktuellen Grabungsaufnahme soll die heutige Dokumentationsweise im Archäologischen Dienst Graubünden erläutert werden. Nach dem Freilegen eines Befundes wird dieser mit hochauflösenden Digitalkameras fotografisch dokumentiert. Die Beschreibungen der Befunde sowie der Funde werden direkt an Ort und Stelle im Archäologischen Informationssystem eingetragen, worin die Benutzenden über ein hierarchisches Modell zu einer strukturierten Datenerfassung angeleitet werden. Es muss allerdings betont werden, dass dabei weiterhin hauptsächlich auf herkömmliche und



Abb. 3 Splügen GR, Uf am Büel I3. Computergestützte Dokumentationsarbeit anlässlich einer Bauuntersuchung.

umständlich zu bedienende Notebook-Computer zurückgegriffen wird (Abb. 3). Obwohl wir es heutzutage im Consumer-Bereich gewohnt sind, mittels Smartphone und Tablet Daten in sehr benutzerfreundliche Webapplikationen einzugeben, sind die in der Archäologie vielerorts zum Einsatz kommenden Fachanwendungen noch auf die klassische Eingabe mit Maus und Tastatur angewiesen und nicht auf dem neuesten Stand, was Usability und Software-Ergonomie angeht.

Die Befunde werden entweder mittels Tachymetrie oder Differential-GPS vermessen. Das Aufmass geschieht dabei immer codiert: Hinterlegt werden die Plannummer, Start-, End- sowie Zwischenpunkte, welche die Geometrie eines Befundes/einer Position bestimmen, und weitere Elemente wie beispielsweise der Fundpunkt von Kleinfunden. Mittels der Software ArchäoCAD von ArcTron werden mit diesen digitalen Informationen automatisierte CAD-Zeichnungen im Programm BricsCAD erstellt. Bei früheren Einsätzen wurden auch Versuche einer Kopplung des Tachymeters mit dem CAD-Programm unternommen.¹⁰ Im Alltag hat sich jedoch gezeigt, dass die direkte Vermessung mit den robusten Tachymetern und ein Ausarbeiten der Pläne im Baucontainer weitaus

praktikabler sind als das Arbeiten mit einer Notebook-Tachymeter-Installation direkt unmittelbar auf der Untersuchungsfläche. Das beschriebene Vorgehen bedarf allerdings der Anfertigung einer zusätzlichen Vermessungsskizze, um die Übersicht bei vielschichtigen Befundsituationen behalten zu können. Von detailreichen Befunden, Profilen oder Maueransichten werden mittels 2D-Photogrammetrie gewonnene Orthofotos in die CAD-Zeichnung integriert. Dazu werden durch projektive Transformation digitale Fotografien entzerrt und mit der CAD-Zeichnung zu einem «Bildplan» kombiniert (Abb. 4). Zudem werden die auf der Ausgrabung gewonnenen stratigrafischen Informationen in einer Spezialsoftware¹¹ gemäss den von Edward C. Harris aufgestellten Matrix-Regeln validiert und visualisiert.¹²

Neuere digitale Aufnahmemethoden kommen vor allem bei komplexen Befunden und Grabungssituationen zur Anwendung. Während in vergangenen Zeiten Hebebühnen, Kräne oder sogar Drehleitern der Feuerwehr eingesetzt wurden, um archäologische Ausgrabungen grossflächig und in ihrer gesamten Dimension von oben zu



Abb. 4 Haldenstein GR, Usseedorf I (Überbauung Schlossbongert). Eisenzeitliche Befundsituation mit Grube und zwei Feuerstellen mit einem Unterbau aus gelegten Kieselsteinen und teilweiser Steineinfassung. Aufgenommen als CAD-Zeichnung mit hinterlegtem Orthofoto.

Abb. 5 Haldenstein GR, Burgruine Haldenstein. 3D-Modell der Ruine mit Kennzeichnungen der Aufnahmepositionen der Mikrodrohne.



dokumentieren, können solche Aufnahmen heute unkompliziert mit Hochstativ und per App gesteuerter Kamera oder mit den immer «raffinierteren» Mikrodrohnen gemacht werden (Abb. 5). Letztere haben mittlerweile hochauflösende Kameras fest eingebaut und können per Echtzeitkinematik (RTK) besonders präzise gesteuert werden. Aus der Ferne wie auch im Nahbereich gelingt es somit, Befundsituationen mit hochauflösenden Digitalkameras aus vielen verschiedenen Winkeln aufzunehmen und über «Structure from Motion» mittels leistungsfähiger Hard- und Software zu hochpräzisen 3D-Modellen zu prozessieren.¹³ Komplementär kommen auch Laserscanner zum Einsatz, die Oberflächen mittels Millionen 3D-Messpunkten vermessen und in riesigen Punktwolken festhalten. Die mit den genannten und weiteren Techniken wie LiDAR (light detection and ranging) gewonnenen 3D-Modelle stehen für diverse Auswertungen und Visualisierungen zur Verfügung. Auf diese Weise hat der Archäologische Dienst Graubünden beispielsweise in Maienfeld bauliche Reste einer spätmittelalterlichen Brückenanlage ausgegraben und dokumentiert, die zum ehemaligen «Churer Tor» gehörte. Die Kombination von mittels Drohne gewonnenen Luftbildern, einem 3D-Modell sowie einer zeichnerischen Rekonstruktion liefert einen schematischen, aber sehr brauchbaren Eindruck der Befundsituation (Abb. 6).

Technologische Fortschritte bei der Aufnahme, aber ebenso bei den Verarbeitungsmöglichkeiten erlauben das

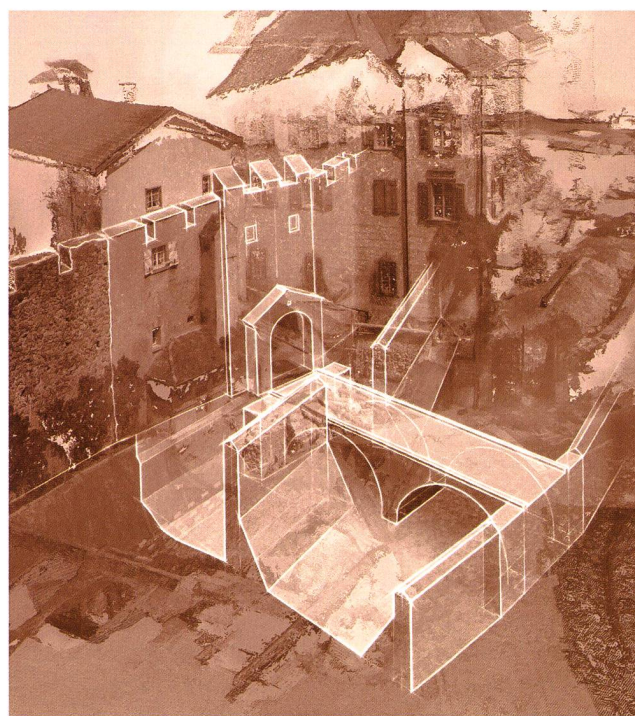


Abb. 6 Maienfeld GR, Städtli. Rekonstruktion der Brückensituation vor dem ehemaligen Churer Tor auf Grundlage des archäologischen Befundes und einem per Drohnenbefliegung und 3D-Photogrammetrie gewonnenen Modell der Ausgrabungssituation inklusive heute noch stehender Stadtmauer.



Abb. 7 Weiach-Leuenchopf ZH. Die Kombination von Luftbild und LiDAR-3D-Modell verdeutlicht nebst einer doppelten Wall-Graben-Konstruktion unbekannter Zeitstellung auch das Potenzial dieser Methode.

digitale Erstellen von immer exakteren, realitätsnäheren 3D-Modellen. Diese weisen wiederum eine höhere Dichte an archäologischen Informationen auf, die für Auswertungen zur Verfügung stehen. Beispielsweise wurde vom gesamten Gebiet des Kantons Zürich ein neuer flächendeckender Laserscan mit hoher Punktdichte erstellt. Die so gewonnene dreidimensionale Geländeoberfläche wurde in einem Geografischen Informationssystem mit verschiedenen Computeralgorithmen visualisiert und analysiert. Auf dieser Grundlage konnten die Lage von Fundstellen effizient im Büro verifiziert, Schäden an den Bodendenkmälern identifiziert und selbst neue Fundstellen durch Fernerkundungsdaten prospektiert werden (Abb. 7).¹⁴

Doch nicht nur für grossflächige Geländemodelle, sondern auch zur Befundinterpretation können hochauflösende 3D-Modelle herangezogen werden. Im Jahr 2014 wurde das restaurierte Forum Paracelsus in St. Moritz im Oberengadin als neuer Veranstaltungs- und Ausstellungsort eröffnet, um am *genius loci* die Geschichte der bedeutenden alpinen Mineralquellen zu präsentieren. Dafür sollte die bronzezeitliche Quellfassung aus dem Keller des Museum Engiadinais in das Forum Paracelsus transferiert werden. Nebst einer restauratorischen Behandlung wurde die 1907 entdeckte Quellfassung aus diesem Anlass erstmals einer umfassenden wissenschaftlichen Untersuchung unterzogen.¹⁵ Wichtige Aufgaben waren in diesem Zusammenhang die genaue Dokumentation der Hölzer und eine Überprüfung der ursprünglichen Konstruktion, da die bisherige museale Aufstellung angezweifelt wurde. Die Fachhochschule Nordwestschweiz fertigte mit verschiedenen Laser- und Streiflichtscannern präzise 3D-Modelle der einzelnen Bauhölzer an. Zur Analyse der Konstruktionsweise wurde von jedem einzelnen Holz eine «Kopie» im Massstab 1:20 mit einem 3D-Drucker angefertigt (Abb. 8).¹⁶ Die so abgeleitete Rekonstruktion



Abb. 8 Modell der bronzezeitlichen Quellfassung im 3D-Druck als Arbeitsmodell zur Rekonstruktion der originalen Aufstellung.

wurde schliesslich mit den originalen Hölzern im Forum Paracelsus umgesetzt. Im Übrigen konnten die 3D-Modelle auch die Untersuchung der Bearbeitungsspuren und den Nachweis von Befundverschiebungen als Folge taphonomischer Prozesse unterstützen oder einfach texturiert als Katalogabbildungen dienen. Nicht zuletzt sind die digitalen Modelle auch «Sicherstellungsdokumentation» im Sinne des Kulturgüterschutzes.

Ähnlich Erfolg versprechend wie der oben skizzierte direkte Nutzen der 3D-Modelle ist ihre weitere Analyse mit verschiedenen Algorithmen oder Filtern, sei es bei Geländemodellen¹⁷ oder einzelnen Artefakten.¹⁸ Dank neuerer Entwicklungen wird der Einsatzbereich dieser Technik kontinuierlich ausgeweitet. Aktuell wird beispielsweise die Erstellung von 3D-Modellen unter besonderen «Umständen» wie bei Tauchgrabungen unter Wasser erprobt.¹⁹ Insgesamt geht der allgemeine Trend hin zur Verwendung mobiler und per Touchscreen bedienbarer Geräte wie Smartphones und Tablets, welche der kombinierten Aufnahme von Sachinformationen und Befundgeometrien in der Ausgrabungsdokumentation dienen können.²⁰ So werden Vermessungsgeräte immer kompakter und stehen bezüglich Mobilität, Design und Benutzerfreundlichkeit dem heutigen Smartphone kaum nach.²¹ Während – wie eingangs erwähnt – in früheren Zeiten wenige Eigenschaften von Keramik auf Lochkarten codiert wurden, werden nun digitale Programme entwickelt, um Keramikfragmente mit der Smartphone-Kamera dokumentieren und (semi-)automatisiert typochronologisch bestimmen zu können.²² Im aus verschiedenen Gründen bezüglich Digitalisierung etwas zurückhaltenden Umfeld der kantonalen Schweizer Fachstellen werden viele dieser neuen Methoden jedoch erst nach und nach implementiert werden können und sich im Arbeitsalltag bewähren müssen.

Dies betrifft auch den grossen Bereich der modernen Prospektionsmethoden. Die alpine Eigenart des Berggebietes von Graubünden (90 % des Kantons über 1200 m ü. M., mittlere Höhe 2100 m ü. M., 45 % der Bevölkerung leben über 1000 m ü. M.) führt hier – im Unterschied etwa zum Mittelland – zu speziellen Anforderungen einer zeitgemässen Bodendenkmalpflege. So kann nicht nur der Bau eines klassischen Einfamilienhauses eine archäologische Fundstelle bedrohen und eine Notgrabung unumgänglich machen, sondern vor allem in grösseren, archäologisch bisher wenig untersuchten alpinen Gebieten auch eine Reihe von anderen Szenarien (beispielsweise Ausbau von Skigebieten und Beschneiungsanlagen, Speicherseen, Klimawandel und so weiter). Neuartige (digitale) und idealerweise miteinander kombinierte Methoden wie Fernerkundung (multispektrale Satelliten- oder LiDAR-Daten²³), Geophysik oder Vorhersagemodelle können hier hilfreich sein, um diese grossflächigen und wenig bekannten Areale bereits «vom Schreibtisch aus» zu prospektieren und relevante Zonen zu selektieren. Aus den erwähnten topografischen Gründen gestaltet sich der Einsatz dieser Techniken im alpinen Gebiet von Graubünden aber in der Regel nicht so einfach (Abb. 9).



Abb. 9 Geophysikalische Prospektion im alpinen Fimbertal/Val Fenga, Sommer 2018.

Bewahren: Die digitale Datenflut beherrschen

Um die Vielzahl der bei einer archäologischen Ausgrabung erhobenen Informationen zu erfassen, bieten sich Datenbanken geradezu an. Noch viel mehr gilt dies für die grossen Mengen an Fundmaterial, die in einer archäologischen Fachstelle anfallen und die es zu verwalten gilt. Das archäologische Fundstelleninventar soll möglichst strukturiert aufgenommen werden, damit die erforderlichen Grundlagen zur Beurteilung von Baugesuchen und Raumplanungsverfahren rasch und effizient abgerufen werden können. Hinzu kommen die Ansprüche vonseiten der Forschung, die ihre Forschungsdaten zunehmend als Primärdaten digital von den archäologischen Fachstellen einfordert und damit weniger Aufwand betreiben muss, um analoge oder unstrukturierte Daten zunächst einmal in eine auswertbare Form zu überführen. Leider werden die Komplexität und die Notwendigkeit der Datenhaltung oftmals unterschätzt, was die Vernachlässigung einer strukturierten Datenerfassung zur Folge hat.

Wie eingangs erwähnt, liegt der Einsatz von Datenbanken aufgrund der grossen Datenmenge, die bei archäologischen Projekten anfällt, sehr schnell nahe. Im Unterschied zu einer projektbezogenen *Datenerfassung* gehen die Anforderungen der kantonalen archäologischen Fachstellen jedoch eher in Richtung einer *Datenverwaltung*, die alle Aufgaben der Fachstelle abdeckt. Diese Anforderung hat verschiedene Initiativen ins Leben gerufen, entsprechende Datenbanken zu kreieren. Ende der 1990er Jahre haben sich die archäologischen Fachstellen der Kantone Thurgau und Zürich zusammengetan und im sogenannten Synergie-Projekt Archäologie Thurgau und Zürich (SPATZ) eine entsprechende Datenbank geschaffen. Diesem Vorhaben schlossen sich auch andere Fachstellen an, sodass heute eine ARGE der Kantone Zürich, Thurgau, Graubünden und des Fürstentums Liechtenstein besteht. Aufgrund von Änderungen beim Software-Anbieter wurde in den Jahren 2011 bis 2013 eine neue Software beschafft. Die Wahl fiel auf das Programm IMDAS Pro der Firma Joanneum Research in Graz, ein flexibles Dokumentationssystem für die Bereiche Museum, Archäologie und Archiv. Es wurde bereits bei anderen archäologischen Fachstellen und Museen in der Schweiz eingeführt und ist daher für die Verwaltung archäologischer Daten prädisponiert.²⁴

Das Resultat dieser Erneuerung ist die Software SPATZ-IMDAS, eine Variante von IMDAS Pro, die ein erweitertes SPATZ-Datenschema beinhaltet. Letzteres hat im Wesentlichen den Ansatz, möglichst alles in einem System zu halten, sodass sämtliche Daten miteinander verknüpft werden beziehungsweise in einer hierarchischen Verbindung zueinander stehen. Somit lassen sich vom Archäologischen Gebiet bis zum Fundobjekt alle relevanten Objekte erfassen und verwalten (Abb. 10). Das System unterscheidet sich jedoch insofern von einer Software zur Sammlungsverwaltung, als ein grosser Teil der Datensätze Be-

Stufenmodell

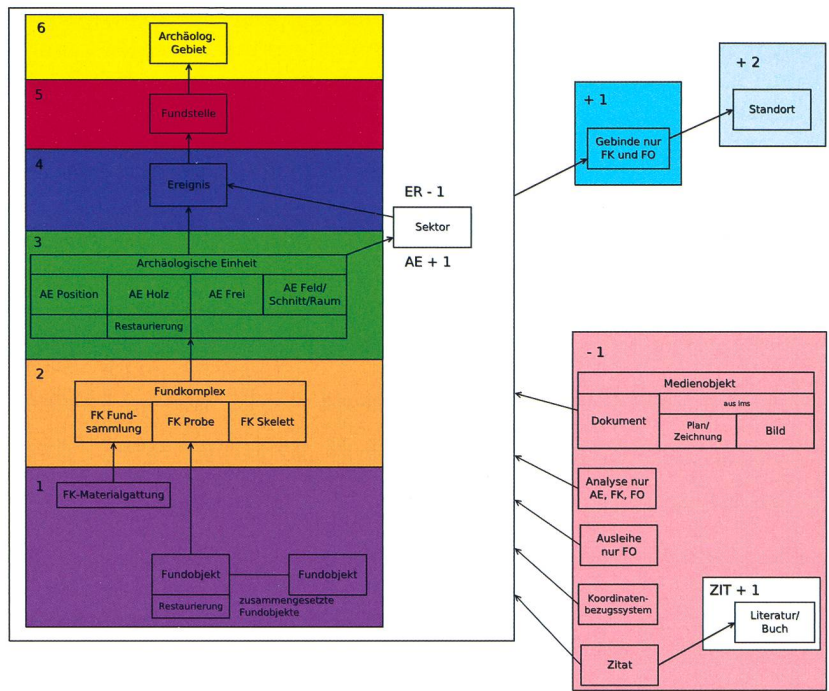


Abb. 10 Konzeptionelles Datenschema von SPATZ-IMDAS.

schreibungen von Befunden und anderen im Zuge der Ausgrabungen zerstörten archäologischen Zeugnissen enthält; es sind somit keine reinen Metadaten, sondern Daten im eigentlichen Sinne. Auf diese Weise können in SPATZIMDAS sämtliche Prozesse abgebildet werden, die in einer archäologischen Fachstelle ablaufen. Von der Grabungsdokumentation über das Sammlungsmanagement bis hin zur Archivierung oder zu bibliografischen Informationen deckt das System jegliche Aspekte ab. Das «Archäologische Informationssystem» besteht jedoch nicht nur aus IMDAS Pro. Eine spezialisierte Bilddatenbank erlaubt es, die grossen Mengen an Digitalfotos²⁵ effizient zu verwalten, wobei über eine XML-basierte Schnittstelle ein Datenaustausch mit IMDAS Pro gewährleistet ist. Ebenso mit IMDAS Pro verknüpft ist die Post-GIS-basierte Geodatenbank, in der hauptsächlich Linien- und Flächendaten gespeichert und mit den Punkt- und Sachdaten aus IMDAS Pro verknüpft werden. Über einen semi-automatisierten Datentransformations-Workflow werden Geometrien aus CAD-Zeichnungen extrahiert und mit den Daten aus IMDAS Pro zu einer räumlichen Übersicht über die Grabungssituation zusammengeführt (Abb. 11). Somit erlaubt das in Graubünden und anderen Kantonen eingesetzte Archäologische Informationssystem einen datenzentrierten Zugang über IMDAS Pro (einfache Abfragen bis hin zu SQL Queries), einen bildbasierten Zugang über die Bilddatenbank oder einen räumlichen Zugang über das Geografische Informationssystem (Web- oder DesktopGIS).

Allerdings – der Einsatz moderner digitaler Methoden in der Archäologie birgt insbesondere im Bereich der Archivierung viele Gefahren. So veralten die «neuesten»

Methoden doch schneller als für gewöhnlich erwartet. Datenträger, Dateiformate, Lesegeräte und Steckverbindungen werden plötzlich nicht mehr unterstützt, und wichtige Forschungsdaten können innerhalb kurzer Zeit nicht mehr gelesen werden.²⁶ Daher kommt der sogenannten digitalen Langzeitarchivierung eine wichtige Rolle

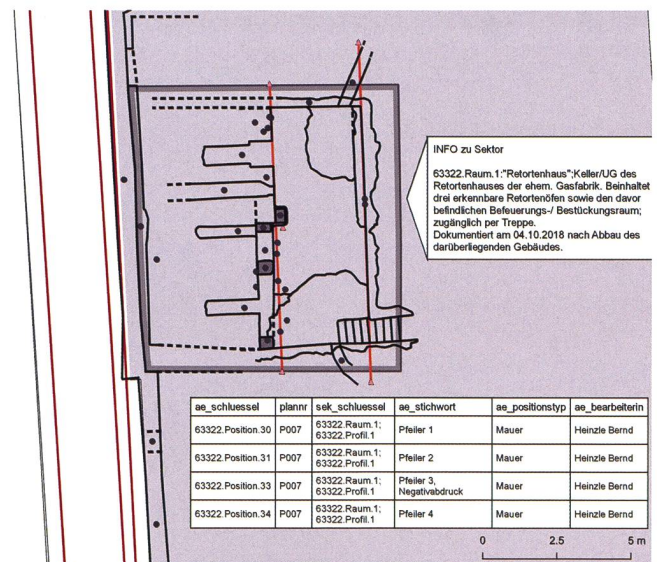


Abb. 11 Chur GR, Steinbruchstrasse (Überbauung Alter Forstwerkhof). Auf dieser Grabung wurden die Retortenöfen einer ehemaligen Gasfabrik dokumentiert. Im Geografischen Informationssystem werden die wesentlichen Befund-Geometrien aus der CAD-Zeichnung und die Beschreibungen aus IMDAS zusammengeführt.

zu. Gerade wenn es um komplexe Daten geht (beispielsweise 3D-Modelle oder Messdaten aus der geophysikalischen Prospektion), ist es kaum mehr möglich, über die «Verlegenheitslösung» des Ausdruckes auf Papier zu gehen. Deshalb werden digitale Archivsysteme eingesetzt, die meist auf dem internationalen OAIS-Referenzmodell basieren.²⁷ Die realen Herausforderungen hinsichtlich einer digitalen Archivierung sind jedoch enorm, was nicht zuletzt an der Vielzahl der in der Archäologie verwendeten Datenformate liegt.²⁸ Idealerweise werden daher offene, gut dokumentierte und akzeptierte Dateiformate verwendet. Das Langzeitarchiv gliedert sich in das Archäologische Informationssystem ein und erlaubt den Benutzenden jederzeit, einzelne Dateien oder die Daten gesamter Grabungen aus dem digitalen Archiv anzufordern.

Schliesslich entgehen heute auch die umfangreichen analogen Archive in den archäologischen Fachstellen, Museen und Universitätsinstituten kaum mehr dem Zwang zur Digitalisierung. Dies liegt zum einen an der Notwendigkeit einer Sicherung der Archivalien, denn besonders fotografische Materialien unterliegen einem selbst mit grossem Aufwand kaum abwendbaren Zerfall. Zum anderen geht damit auch eine bessere Benutzerfreundlichkeit einher. Die Erfahrung zeigt jedenfalls, dass Forschende in der Regel die digitalisierte Grabungsdokumentation den Originalen vor Ort vorziehen. Dies war unserer Ansicht nach bis vor einigen Jahren noch anders und führte über Jahrzehnte zur durchaus problematischen Einstellung «meine Grabung, meine Dokumentation...» – die Veränderung ist also ebenso notwendig wie nachvollziehbar: heutzutage werden rasch und kostengünstig sehr hochwertige Digitalisate erstellt, mit denen zeit- und

ortsunabhängig und mit verschiedenartigen Computerprogrammen gearbeitet werden kann. So sind im Laufe der letzten Zeit bereits beträchtliche Sammlungen an Digitalisaten entstanden. Der Archäologische Dienst Graubünden konnte unlängst mit Unterstützung von Memoriav, dem Verein zur Erhaltung des audiovisuellen Kulturgutes der Schweiz, den ältesten Bestand an Fotografien von archäologischen Untersuchungen in diesem Kanton konservieren und digitalisieren lassen (Abb. 12). Die Fotografien wurden erschlossen und stehen der Öffentlichkeit kostenlos auf Memobase, dem Informationsportal zu audiovisuellen Dokumenten aus momentan 63 Gedächtnisorganisationen, zur Ansicht bereit.²⁹

Grosses Potenzial versprechen digitale Methoden wie schon erwähnt im Bereich der archäologischen Fundobjekte, etwa in der digitalen Dokumentation und Reproduktion von archäologischen Artefakten. Digitale 3D-Modelle ermöglichen eine deutlich qualitativere, realitätsnahe Erfassung, Wiedergabe und Analyse von Fundobjekten, die als digitaler Datensatz wiederum einfach geteilt und reproduziert werden können (beispielsweise als 3D-Print). Vor allem für das Gebiet der Konservierung sind solche digitalen Replikate wertvoll, da man nicht mehr primär am/mit dem Original arbeiten muss – beispielsweise zur Anpassung von Transportbehältnissen, Vitrinen und anderem. Die digitale Dokumentation bleibt allerdings keinesfalls nur auf archäologische Kleinobjekte beschränkt, sondern kann sich auch auf ganze Denkmälergruppen, ja grossräumige archäologische Landschaften ausdehnen. Hier kommt den digitalen Methoden eine zentrale Stellung für den Kulturgüterschutz zu, beispielsweise bei der Rekonstruktion von kriegsbedingt zerstörtem Kulturerbe.

Abb. 12 Falera GR, Mutta.
Foto eines frühen «3D-Modells» der prähistorischen Siedlungsanlage. Das Modell ist heute verschollen und nur noch auf diesem Glasplattennegativ überliefert.



Vermitteln: Alles Open?

Die Archäologie stösst unserer Einschätzung nach allgemein auf weiterhin grosses, ja steigendes Interesse. Der Vermittlung kommt daher auch in Zukunft eine zentrale Bedeutung zu, um die Gesellschaft für die Belange archäologischer Arbeit zu sensibilisieren und über das kulturelle Erbe unserer Vergangenheit zu informieren. Der Archäologische Dienst Graubünden bedient sich dabei – wie viele andere kantonale Fachstellen – unterschiedlicher Vermittlungsangebote, die von klassischen, weiterhin auf Papier gedruckten Publikationen der Reihe «Archäologie Graubünden», Sonderausstellungen und Informationstafeln (Abb. 13) bis zu neueren Formen etwa der «sozialen Medien» und Ähnlichem reichen. Die grösste Herausforderung bleibt, nebst dem klassischen und «treuen» Stammespublikum historisch interessierter «Bildungsbürger» eine breitere Öffentlichkeit anzusprechen. Die digitalen Angebote bergen hierbei jedenfalls grosses Potenzial, und die Entwicklungen der letzten Jahre fordern geradezu dazu auf, diese Mittel für eine noch bessere Teilhabe am Kulturerbe einzusetzen, auch im Sinne der sogenannten Konvention von Faro³⁰ und der bereits eingangs erwähnten *Amersfoort Agenda*. Dazu gehören nebst den gedruckten (und damit meist teuren) Publikationen auch die Retrodigitalisierung und die kostenlose Bereitstellung älterer Veröffentlichungen, etwa als Online-Angebot auf E-Periodica,³¹ wie dies zuletzt zahlreiche nationale Institutionen und insbesondere kantonale Fachstellen aus dem Bereich Archäologie getan haben. Alle Artikel lassen sich so einfach per Google finden, mit DOIs³² referenzieren und mit Volltextsuche durchsuchen, was die wissenschaftliche Recherche deutlich erleichtert. Der künftige Weg beim

Publizieren ist damit klar, und der Übergang zum digitalen Open-Access-Publizieren auch in der Schweizer Archäologie eingeleitet. Einen innovativen Weg der Publikation hat zuletzt der Kanton Fribourg beschritten, dessen jährliche archäologische Fundberichte im PDF-Format im Netz zur Verfügung stehen.³³ Zusätzlich wurde über das Webportal *ChronArc* eine Fundberichts-Datenbank online gestellt, über die sich auf einfache Art Berichte über Funde und Grabungen auf dem Kantonsgebiet von Fribourg finden lassen.³⁴ Eine zukunftsweisende Form der digitalen Publikation haben zudem die Unterwasserarchäologie und das Dendrolabor der Stadt Zürich bereits mit mehreren Ausgaben lanciert.³⁵

Gewissermassen zum etablierten Pflichtenheft zeitgemässer Kommunikation gehört heute die Verwendung sozialer Medien. Der Kanton Graubünden war hier vergleichsweise früh aktiv, und so nutzt auch der Archäologische Dienst seit vielen Jahren regelmässig die offiziellen Kanäle (Facebook, Instagram, YouTube) zur Kommunikation seiner Inhalte. Mit einfachen und kostengünstigen Mitteln können hier rasch und tagesaktuell Informationen transportiert werden, die in der Regel auch von den Medien aufgenommen und verbreitet werden und mehrere 10 000 Personen erreichen können. Die digitalen Mediatheken der Fernsehsender ermöglichen zudem den niederschweligen, häufig internationalen Zugang zu bereits ausgestrahlten TV-Beiträgen. Zur digitalen Kommunikation und Interaktion gehört weiter auch die Erschliessung und Verbreitung der archäologischen Befunde und insbesondere der 3D-Modelle auf der bekannten Plattform Sketchfab.³⁶ Hier bedient der Archäologische Dienst Graubünden als eine der wenigen Schweizer Fachstellen einen eigenen Kanal und stellt der Öffentlichkeit fortlaufend



Abb. 13 Abbildung auf der Informationstafel zur Burg Castels bei Luzein GR mit der auf Basis eines 3D-Modells und geophysikalischer Prospektion rekonstruierten Anlage.

neue digitale 3D-Modelle zur Verfügung. Derartige Computermodelle und heute weitgehend digital realisierte Lebensbilder werden in der Vermittlung archäologischer Inhalte in Zukunft wohl eine zentrale Rolle spielen, wobei die analogen und digitalen Bilderwelten zunehmend verschmelzen und Augmented respektive Virtual Reality ein immersives und äusserst realitätsnahes Eintauchen in die virtuelle Vergangenheit erlauben.

Die ältesten und häufigsten Lebensbilder sowie unterschiedliche Formen der visuellen wie analogen Rekonstruktion in der Schweizer Archäologie stammen mit Sicherheit aus dem Gebiet der «Pfahlbauten». Auch auf diesem Gebiet wurden und werden zuletzt innovative, vor allem digitale Wege der (Re-)Konstruktion und Vermittlung beschritten, beispielsweise im Rahmen des Projektes Opéra in Zürich. Die Ergebnisse der Ausgrabungen konnten direkt vor Ort mit virtuellen Führungen auf 3D-Brillen erlebbar gemacht werden (Abb. 14).³⁷

Trotz aller Begeisterung und Berechtigung für die neuen Möglichkeiten digitaler Reproduktions- und

Kommunikationsformen ist die kritische Frage nach dem Verhältnis und der Authentizität von Original und Digitalisat wichtig. Die Aura eines jahrhunderte- oder gar Jahrtausendealten Artefaktes ist jedenfalls konkurrenzlos und bleibt einzigartig!

Ausblick: Ein Netz archäologischer Daten

Zusätzlich zu den drei diesen Beitrag gliedernden «Motiven» soll als vierter Begriff *Vernetzen* aufgeführt werden, da diesem unzweifelhaft eine immer grössere Bedeutung zukommen wird. Dies liegt zum einen an den technischen Möglichkeiten, die das World Wide Web bietet, zum anderen an der Digitalisierung selbst, die es ermöglicht, jede Information und jedes digitale Abbild eines Objekts in Form von Daten beliebig oft zu kopieren und sehr schnell über Datenleitungen an beinahe jeden Ort der Welt zu übermitteln.

Man kann den Wandel in der Dokumentationstechnik überall erkennen. So titelte etwa im Jahr 2018 ein Work-

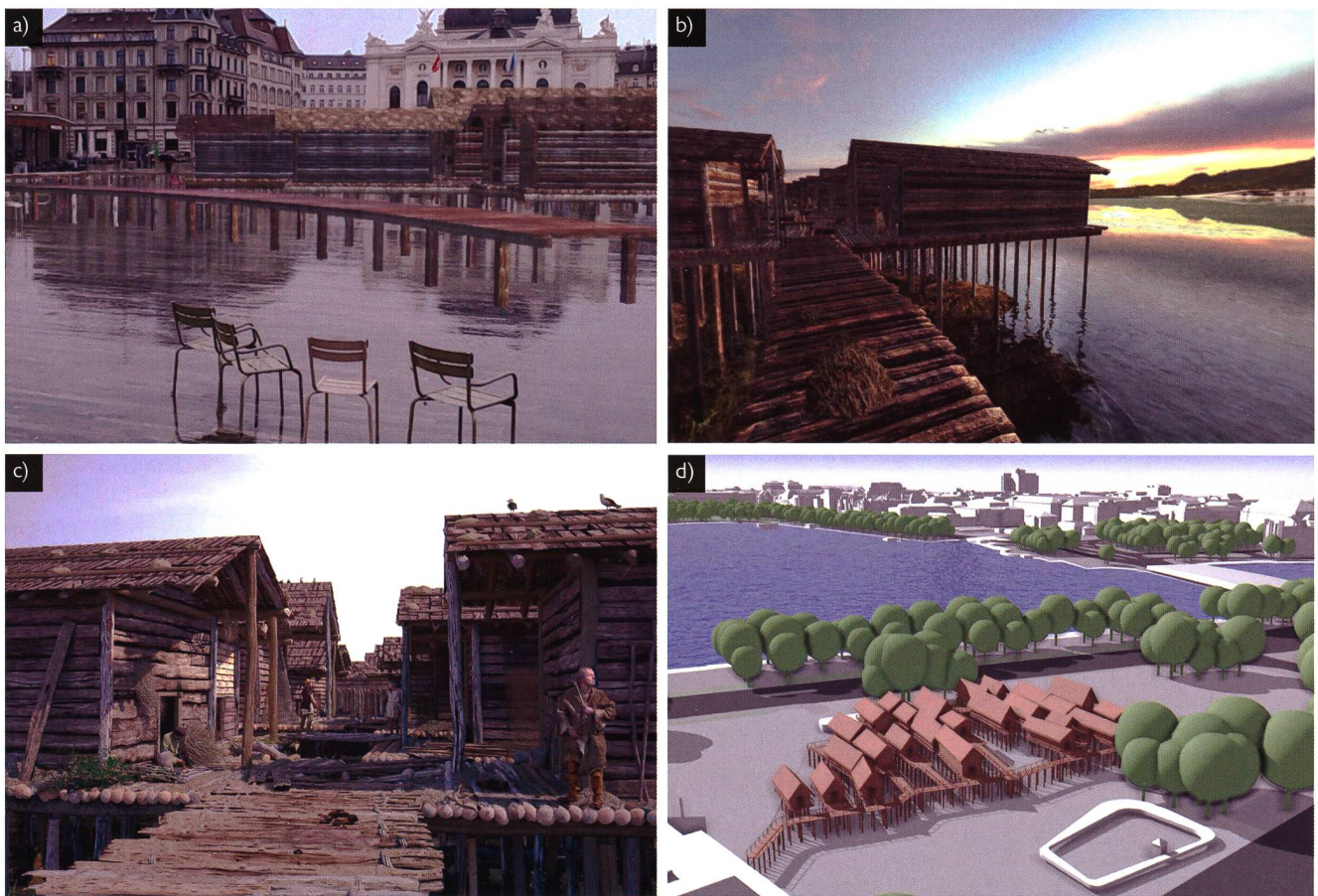


Abb. 14 Ein 3D-Modell bietet die Möglichkeit ganz unterschiedene Visualisierungen zu erstellen. Die Variante a) zeigt eine Überschneidung des heutigen Sechseläutenplatzes mit der rekonstruierten 5000jährigen Seeufersiedlung von Zürich-Parkhaus Opéra. Während einer Aktion für die Öffentlichkeit im März 2017 konnten sich interessierte Personen mittels Augmented Reality die Grabungsergebnisse auf diese Art und Weise besonders eindrücklich darstellen lassen. Wie die Varianten b) und c) verdeutlichen, ist es auch möglich mit Lichtstimmungen und Personen eine hohe Realitätsnähe zu erzielen. Gleichwohl können auch schematische Visualisierungen wie in Variante d) erstellt werden.

shop für Doktorierende des Deutschen Archäologischen Instituts Madrid «Dokumentationstechniken in der Archäologie. Generierung, Speicherung und Verbreitung archäologischer Daten». Ein wichtiger, wenn nicht gar der wichtigste Punkt dieses Titels betrifft die Verbreitung archäologischer Daten, denn der Workshop stand auch unter dem Eindruck des Europäischen Kulturerbejahres (ECHY) 2018 mit dem Motto «Sharing Heritage». Diese explizite Erwähnung des Verbreitens archäologischer Daten verdeutlicht, dass sich die Methoden der Digitalen Archäologie geradezu anbieten, Werkzeug für das Teilen des archäologischen Kulturerbes zu sein. Dies liegt insbesondere an den bereits erwähnten Eigenschaften digitaler Daten, die uneingeschränkt teilbar und transportierbar sind.

Die obigen Ausführungen verdeutlichen, dass in der Schweizer Archäologie derzeit grosse Anstrengungen spürbar sind, den Einsatz von digitalen Dokumentations-techniken, Werkzeugen und Methoden zur Datenverwaltung und Auswertung sowie das Eröffnen digitaler Publikationskanäle zu verstärken. Die dadurch entstehende Angebotsvielfalt an Daten und Informationen kann dazu führen, dass die Übersicht und die Kontrolle darüber verloren gehen. Bewährte Hilfsmittel wie Bibliothekskataloge und Bibliografien oder auch eine Google-Suche liefern weder die gewünschte Trefferquote noch die Genauigkeit in den Suchanfragen. Allerdings gibt es inzwischen neue, komplementäre Angebote. Eine wichtige Anlaufstelle für die Daten der kantonalen Fachstellen ist beispielsweise die Plattform *opendata.swiss*.³⁸ Für Forschungsdaten aus universitären Projekten sind momentan das Data & Service Center for the Humanities DaSCH³⁹ in Basel und zukünftig eventuell *SwissUbase*⁴⁰ wichtige Anlaufstellen. Gängige «buzz words» sind in diesem Zusammenhang «Open Data» und «FAIR Data», womit gefordert wird, dass Daten möglichst öffentlich und zugleich auffindbar (*findable*), zugänglich (*accessible*), interoperabel (*interoperable*) und nachnutzbar (*re-usable*) ausfallen.⁴¹

Besonders «wertvoll» wird das Teilen derartig aufbereiteter Daten, wenn sie mit anderen Daten verknüpft werden. Idealerweise geschieht dies in Form von *Linked Open Data*, wobei im World Wide Web verfügbare Daten über einen *Uniform Resource Identifier* abrufbar und mit anderen derartig identifizierten Informationen verknüpft werden. So wäre es beispielsweise möglich, die Fundstellendatenbank einer archäologischen Fachstelle mit Objekten dieser Fundstelle im Online-Katalog eines Museums und aktuellen Forschungsdaten aus einem Projekt in einem universitären Repository zu verknüpfen. Damit erschliesst sich sofort der Mehrwert für die Forschenden, zumal verstärkt in Richtung einer maschinellen Datenauswertung mittels künstlicher Intelligenz beziehungsweise *machine learning* gedacht werden muss. Wohl erst damit können die enormen Daten- und Wissensmengen, die über viele Jahrzehnte in der archäologischen Forschung beziehungsweise in den Fachstellen generiert worden

sind und dort lagern, zukünftig adäquat nutzbar gemacht werden.

Schliesslich ist das Stichwort «Vernetzen» aber nicht nur mit Blick auf die digitalen Daten relevant, sondern auch in ganz praktischer, «menschlicher» Hinsicht wesentlich. Der Einsatz der beschriebenen digitalen Methoden und Möglichkeiten erfordert in der Regel ein grosses «nicht-archäologisches» Fachwissen, dessen individuelle Aneignung mitunter nicht sinnvoll und nicht immer notwendig ist. Daher haben sich die kantonalen Fachstellen in den letzten Jahren vielfach zu Arbeitsgemeinschaften zusammengeschlossen, um gemeinsam archäologische Informationssysteme wie SPATZIMDAS oder Datenbanken für Dendrochronologie zu betreiben.⁴² In der Vereinigung des archäologisch-technischen Grabungspersonals der Schweiz VATG hat sich zudem die Arbeitsgruppe digitale Grabungsdokumentation DIG installiert und ihre Arbeit mit grossem Elan aufgenommen. Zusätzlich ermöglichen jährliche Treffen für Nutzende der Datenbank IMDAS Pro oder Tagungen wie DIGIARCH2021 den steten gegenseitigen Wissens- und Erfahrungsaustausch. Insgesamt scheint damit – begünstigt mancherorts durch einen Generationenwechsel – die Vernetzung der Schweizer Fachstellen untereinander sowie mit den Universitäten auch auf informeller Ebene zuzunehmen.

Dies lässt zumindest wünschen, dass auf digitalem Wege das wohl grösste Dilemma archäologischer Forschungsdaten behoben werden kann, denn bekanntlich sind aufgrund des arbeitsintensiven Prozesses in der Regel immense Zeitspannen von der Untersuchung über die Auswertung bis zur finalen Publikation einer archäologischen Ausgrabung zu verzeichnen. In diesem Zeitraum stehen die Dokumentationen nur wenigen Personen zur Verfügung, meist der Ausgrabungsleitung. Eine vereinfachte Zugänglichkeit beziehungsweise intensiviertere Publikation archäologischer Grabungen könnte indes helfen, diese Kapazitätsengpässe in Bezug auf Auswertungen zu minimieren, indem die (primär digitalen) Dokumentationen respektive Daten frühzeitig nach den oben angeführten FAIR-Prinzipien allen interessierten Forschenden verfügbar gemacht werden. Je nach Bedeutung des Datensatzes kann dieser auch in einem sogenannten *data paper* beschrieben werden, um die Sichtbarkeit und Objektivität im wissenschaftlichen Diskurs zu gewährleisten.⁴³

AUTOREN

Philipp Wiemann, Dr. phil., Archäologe, Archäologischer Dienst Graubünden / Amt für Kultur, Loëstrasse 26, CH-7001 Chur, philipp.wiemann@adg.gr.ch, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9332-9742>

Thomas Reitmaier, Dr. phil., Archäologe, Archäologischer Dienst Graubünden / Amt für Kultur, Loëstrasse 26, CH-7001 Chur, thomas.reitmaier@adg.gr.ch, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3810-5839>

ANMERKUNGEN

- ¹ Zusammenfassend zur Entwicklung von quantitativen Methoden in der Archäologie äusserte sich FRANÇOIS DJINDJIAN, *The golden years for mathematics and computers in archaeology (1965–1985)*, in: *La nascita dell'informatica archeologica. Atti del Convegno internazionale, Roma 2008* (= *Archeologia e Calcolatori*, Bd. 20, 2009), hrsg. von PAOLA MOSCATI, Firenze 2010, S. 61–73.
- ² IAN HODDER / CLIVE ORTON, *Spatial Analysis in Archaeology*, New York 1976.
- ³ An dieser Stelle möchten die Autoren Ulrich Ruoff nachträglich zum 80. Geburtstag gratulieren.
- ⁴ ULRICH RUOFF, *Ein Kleincomputer im Dienste der Archäologie*, in: *Archäologie und Naturwissenschaften 2*, Mainz 1981, S. 265–282.
- ⁵ PETER STADLER, *Einsatzmöglichkeiten von EDV in der Archäologie. Versuch einer Darstellung des «State of The Art»*, in: *Archäologie Österreichs 6/1*, Wien 1995, S. 86–98.
- ⁶ EUROPEAN ARCHAEOLOGICAL COUNCIL, *Amersfoort Agenda – Setting the agenda for the future of archaeological heritage management in Europe*, in: *Setting the Agenda. Giving New Meaning to European Archaeological Heritage* (= EAC Occasional Paper 10), hrsg. von PETER A. C. SCHUT / DJURRA SCHARFF / LEONARD C. DE WIT, Budapest 2015.
- ⁷ EUROPEAN ARCHAEOLOGICAL COUNCIL, S. 23 (vgl. Anm. 6).
- ⁸ EIDGENÖSSISCHE KOMMISSION FÜR DENKMALPFLEGE, *Leitsätze zur Denkmalpflege in der Schweiz*, Zürich 2007, S. 30.
- ⁹ RETO MARTI / JOE ROHRER, *Die Digitalisierung der Archäologie. Chancen und Herausforderungen*, in: *NIKE-Bulletin*, Heft 6, Liebfeld 2014, S. 36–41 und JAN VON WARTBURG, *Digitale Anwendungen in der Archäologie*, in: *NIKE-Bulletin*, Heft 6, Liebfeld 2014, S. 41–43.
- ¹⁰ Hier kam die Software TachyCAD Archaeology der kubit GmbH, heute FARO®, zum Einsatz.
- ¹¹ Harris Matrix Composer, zur Funktionsweise des Programms siehe CHRISTOPH TRAXLER / WOLFGANG NEUBAUER, *The Harris Matrix Composer – A New Tool To Manage Archaeological Stratigraphy*, in: *Proceedings of the 14th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, hrsg. von IOANNIDES MARINOS, Budapest 2008.
- ¹² EDWARD C. HARRIS, *Principles of archaeological stratigraphy*, 2. Aufl., London 1989.
- ¹³ JOCHEN REINHARD, *Structure-from-Motion-Photogrammetrie mit Agisoft PhotoScan. Erste Erfahrungen aus der Grabungspraxis*, in: *3D-Anwendungen in der Archäologie* (= *Berlin Studies of the Ancient World*, Bd. 34), hrsg. von UNDINE LIEBERWIRTH / IRMELA HERZOG, Berlin 2016, S. 17–44.
- ¹⁴ LEANDRA REITMAIER-NAEF / PATRICK NAGY, *Den Wald durchschaut. Lidar-Archäologie im Kanton Zürich*, in: *as. Archäologie der Schweiz 40* (4), Basel 2017, S. 24–31.
- ¹⁵ MONIKA OBERHÄNSLI, *St. Moritz, Mauritiusquelle. Die bronzezeitliche Quellfassung* (= *Archäologie Graubünden – Sonderheft 6*), Chur 2017.
- ¹⁶ Die 3D-Aufnahmen wurden in Kooperation mit der Fachhochschule Nordwestschweiz durchgeführt und in einer Projektarbeit ausführlich beschrieben, siehe dazu THOMAS ARPAGAU, *Hochauflösende 3D-Erfassung und -Modellierung der bronzezeitlichen Quellfassung von St. Moritz*, unpublizierte Projektarbeit, Fachhochschule Nordwestschweiz, Sogogn 2013.
- ¹⁷ RALF HESSE, *Visualisierung hochauflösender Digitaler Geländemodelle mit LiVT*, in: *3D-Anwendungen in der Archäologie* (= *Berlin Studies of the Ancient World*, Bd. 34), hrsg. von UNDINE LIEBERWIRTH / IRMELA HERZOG, Berlin 2016, S. 109–128.
- ¹⁸ HUBERT MARA, *Automatische Vektorzeichnungen von Keilschrifttafeln aus 3D-Messdaten mit dem GigaMesh Software-Framework*, in: *3D-Anwendungen in der Archäologie* (= *Berlin Studies of the Ancient World*, Bd. 34), hrsg. von UNDINE LIEBERWIRTH / IRMELA HERZOG, Berlin 2016, S. 93–107.
- ¹⁹ JOHANNES REICH, *Zum Potenzial von Structure from Motion in der Unterwasserarchäologie*, in: *Amt für Städtebau Zürich, Fachbericht Nr. 3*, Juni 2020, S. 36–39.
- ²⁰ Hier könnte etwa die kostenlose Software iDig zum Einsatz kommen. Eine Rezension dieser Software liefert MARTIN UILDRIKS, *iDig – Recording Archaeology: a review*, in: *Internet Archaeology 42*, 2016, online unter <https://doi.org/10.11141/ia.42.13>
- ²¹ Ein grosser Schweizer Hersteller von Vermessungsgeräten hat hier in letzter Zeit Geräte entwickelt, die sich besonders gut für archäologische Einsätze und auch Expeditionen in entlegene Gebiete zu eignen scheinen und die der Eigenwerbung zufolge auch gerne im archäologischen Kontext benutzt werden.
- ²² FRANCESCA ANICHINI et al., *Developing the ArchAIDE Application: A digital workflow for identifying, organising and sharing archaeological pottery using automated image recognition*, in: *Internet Archaeology 52*, 2020, online unter <https://doi.org/10.11141/ia.52.7>
- ²³ KIRSTÓF KOVÁCS / KLAUS HANKE / ELISA POSSENTI / GIAN PIETRO BROGIOLO, *Utilization of airborne LiDAR datasets in GIS environment for prospection of archaeological sites in high Alpine regions*, in: *Archeologia e Calcolatori 23*, 2012, S. 151–164.
- ²⁴ WERNER PREININGER, *Einführung von IMDAS-Pro am Beispiel von Augusta Raurica in Augst (Schweiz)*, in: *Dokumentation und Innovation bei der Erfassung von Kulturgütern* (= *Schriften des Bundesverbands freiberuflicher Kulturwissenschaftler*, Bd. 2), hrsg. von ELISABETH IDA FAULTICH / ANDREA HAHN-WEISHAUP, 2009, online unter <https://www.b-f-k.de/webpub01/cnt/preininger.htm>
- ²⁵ Im Juli 2020 werden in der Bilddatenbank Imagic IMS des Archäologischen Dienstes Graubünden über 160 000 Bilddateien verwaltet.
- ²⁶ Eine Online-Kollektion bietet hierzu das Museum of Obsolete Media, siehe dazu <https://obsoletemedia.org/>
- ²⁷ So funktionieren die meisten digitalen Archive nach dem sog. Open Archival Information System-Referenzmodell, siehe dazu THE CONSULTATIVE COMMITTEE FOR SPACE DATA SYSTEMS, *Reference Model for an Open Archival Information System (OAIS)*. Magenta Book, 2012, online unter <https://public.ccsds.org/pubs/650x0m2.pdf>. Dieses Modell wurde auch von der ISO als Standard übernommen und wird in der aktuellen Version als ISO 14721:2020 bezeichnet. Ein Erfahrungsbericht über die Anwendung in der archäologischen Archivierung findet sich bei REINER GÖLDNER, *Archiving Archaeological Research Data. On Requirements, Objectives and First Experiences from a German Respectively Saxon Point of View*, in: *Studies in Digital Heritage 1* (2), 2017, S. 165–181. Der Archäologische Dienst Graubünden stützt sich bei dieser Aufgabe auf ein System der Firma Docuteam GmbH.
- ²⁸ Für den Archivbereich in der Schweiz bietet hier die Koordinationsstelle für die dauerhafte Archivierung elektronischer Unterlagen KOST die reichhaltigsten und aktuellsten Informationen, siehe dazu <https://kost-ceco.ch/cms/de.html>. Aufgrund der Fokussierung auf Archive treten jedoch manche in der Archäologie relevanten Dateiformate in der Bewertung der KOST nicht auf. Für den deutschsprachigen Raum bietet das Forschungsdatenzentrum des Deutschen Archäologischen Instituts einige ergänzende Empfehlungen, siehe dazu IANUS, *IT-Empfehlungen für den nachhaltigen Umgang mit digitalen Daten in den Altertumswissenschaften*, Version 1.0.1.0, 2017, online unter https://www.ianus-fdz.de/it-empfehlungen/sites/default/files/ianusFiles/IT-Empfehlungen_v101.pdf.
- ²⁹ PHILIPP WIEMANN, *Ein besonderes Geburtstagsgeschenk*, in: *Archäologie Graubünden 3*, 2018, S. 169–173. Zum Bestand des Archäologischen Dienstes Graubünden auf Memobase: <https://www.memobase.ch/de/stock/detail/ADG-68432>
- ³⁰ CONSEIL DE L'EUROPE, *Council of Europe Framework Convention on the Value of Cultural Heritage for Society*, Strasbourg 2005, online unter: <https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list/-/conventions/treaty/199>

- ³¹ Das Online-Portal für Schweizer Zeitschriften, betrieben von der Bibliothek der ETH Zürich, ist erreichbar unter <https://www.e-periodica.ch/>
- ³² Die Abkürzung steht für *Digital Object Identifier* und meint einen dauerhaften Identifikator für insbesondere digitale Objekte. Eine Datenbank, der sog. *Resolver*, liefert die jeweils gültige Adresse dieses Objekts im World Wide Web zurück, sodass keine ins Leere führenden Links entstehen sollen.
- ³³ Nebst den Jahresberichten auf der eigenen Webseite werden vermehrt Publikationen auf die digitale Bibliothek RERO DOC geladen. Siehe dazu <http://doc.rero.ch/>
- ³⁴ <http://geo.fr.ch/ChronArc/>
- ³⁵ Es handelt sich um die sog. Fachberichte, die als E-Paper mit innovativen Funktionen erscheinen. Zu finden sind sie unter https://www.stadt-zuerich.ch/hbd/de/index/staedtebau/archaeo_denkmal/publikationen/themenhefte.html
- ³⁶ Der Auftritt des Archäologischen Dienstes Graubünden ist unter https://sketchfab.com/ADGR_erreichbar.
- ³⁷ CHRISTIAN HÜRZELER / TIM WEHRLE, *Eine Pfahlbausiedlung auf Knopfdruck*, in: Amt für Städtebau Zürich, Fachbericht Nr. 1, 2017, S. 92–97.
- ³⁸ Auf opendata.swiss stellen Bund, Kantone und Gemeinden sowie weitere Organisationen mit staatlichem Auftrag der Allgemeinheit offene Behördendaten zur Verfügung. Siehe dazu <https://opendata.swiss/de/>
- ³⁹ Aktuell scheint kein archäologisches Forschungsprojekt aufgenommen worden zu sein, jedoch sind zwei ägyptologische Projekte der Universität Basel als in Arbeit aufgeführt. Siehe dazu <https://dasch.swiss/>
- ⁴⁰ Eine neue Lösung für ein disziplinenübergreifendes Datenrepository für Schweizer Hochschulen und andere Forschungsorganisationen, siehe dazu <https://info.swissubase.ch/de/>
- ⁴¹ MARK D. WILKINSON et al., *The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship*, in: *Scientific Data* 3:160018, 2016, doi: 10.1038/sdata.2016.18 (2016).
- ⁴² Die ARGE dd+ für Dendrochronologie zählt die Labors für Dendrochronologie in den Archäologischen Diensten der Kantone Bern und Graubünden, dem Amt für Städtebau Zürich sowie dem Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg in Hemmenhofen als Mitglieder.
- ⁴³ Hier bietet sich etwa das *Journal of Open Archaeology Data* an, siehe dazu <https://openarchaeologydata.metajnl.com/>

ABBILDUNGSNACHWEIS

- Abb. 1: Theo Gstöhl, Chur.
- Abb. 2: Aus ULRICH RUOFF, *Ein Kleincomputer im Dienste der Archäologie*, in: *Archäologie und Naturwissenschaften* 2, Mainz 1981, S. 280, Abb. 7.
- Abb. 3: Archäologischer Dienst Graubünden, Chur (Foto Markus Bernegger).
- Abb. 4: Archäologischer Dienst Graubünden, Chur (Plan Bernd Heinzle und Jürg Spadin).
- Abb. 5: Archäologischer Dienst Graubünden, Chur (Grafik Amanda Zwicky).
- Abb. 6: Archäologischer Dienst Graubünden, Chur (Grafik Yolanda Alther, Lea Gredig und Amanda Zwicky).
- Abb. 7: Kantonsarchäologie Zürich, Stettbach (Luftbild: S. Vogt, LiDAR: GIS ZH, Grafik: L. Reitmaier-Naef). Aus: LEANDRA REITMAIER-NAEF / PATRICK NAGY, *Den Wald durchschaut. Lidar-Archäologie im Kanton Zürich*, in: *as. Archäologie der Schweiz* 40 (4), Basel 2017, S. 24, Abb. 1.
- Abb. 8: Archäologischer Dienst Graubünden, Chur (Foto Monika Oberhänsli).
- Abb. 9: Archäologischer Dienst Graubünden, Chur (Foto Christoph Walser).
- Abb. 10: ARGE SPATZIMDAS (Grafik Alex Bachmann).
- Abb. 11: Archäologischer Dienst Graubünden, Chur (Grafik Amanda Zwicky).
- Abb. 12: Archäologischer Dienst Graubünden, Chur.
- Abb. 13: Archäologischer Dienst Graubünden, Chur (Grafik Christoph Walser).
- Abb. 14: Amt für Städtebau, Zürich.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Digitalisierung im Bereich der Archäologie ist bereits seit mehreren Jahrzehnten im Gange und nicht mehr umkehrbar. Ein Ende dieses beschleunigten Prozesses (digital turn) und die Reichweite der vielfältigen Entwicklungen sind momentan kaum abzusehen. Die Möglichkeiten digitaler Technologien haben aber bereits heute zu einem tiefgreifenden Wandel im Fachbereich Archäologie geführt, verbunden mit grossen Herausforderungen und mitunter auch mit Ängsten. Der Beitrag versucht, einen Überblick über die verschiedenen digitalen Methoden und unterschiedlichen Anwendungsbereiche zu geben, in erster Linie aus der praktischen Erfahrung einer kantonalen Fachstelle (Archäologischer Dienst Graubünden) und dortiger weitestgehend digitaler Arbeitsprozesse: von der modernen Dokumentation beziehungsweise Vermessung auf Ausgrabungen und dem zentralen Umgang mit digitalen Daten bis hin zur digitalen Kommunikation, Rekonstruktion und Reproduktion von archäologischem Wissen. Diskutiert wird dabei weniger die konkrete Anwendung spezifischer techn(olog)ischer Lösungen und Werkzeuge, sondern vielmehr das kritische Verständnis für eine sich verändernde archäologische Arbeits- und Wissenschaftswelt mit enormen Chancen, aber auch ebensolchen Risiken.

RÉSUMÉ

La numérisation dans le domaine de l'archéologie est en cours depuis déjà plusieurs années et n'est plus réversible. Pour l'heure, on peut difficilement prévoir la fin de ce processus accéléré (digital turn) et la portée des multiples développements dans ce domaine. Néanmoins, les possibilités offertes par les technologies numériques sont à l'origine, déjà de nos jours, d'une profonde transformation dans le domaine de l'archéologie, associée à d'importants défis et parfois aussi à certaines craintes. Cet article se propose de livrer un aperçu des différentes méthodes numériques et des divers domaines d'application, principalement à partir de l'expérience pratique d'un service cantonal (le service archéologique des Grisons) et des processus numériques de travail qui y sont développés dans une large mesure: depuis la documentation moderne, les relevés effectués sur les fouilles ou encore le traitement centralisé des données numériques, jusqu'à la communication, reconstruction et reproduction numérique des connaissances archéologiques. Les débats portent moins sur l'application concrète de solutions et outils techn(olog)iques spécifiques que sur la compréhension critique d'un monde archéologique en pleine mutation dans sa dimension professionnelle et scientifique, avec les chances énormes, mais aussi tous les risques, que cela implique.

RIASSUNTO

Nel campo dell'archeologia la digitalizzazione è in corso già da diversi decenni ed è irrevocabile. La fine di questo processo accelerato (svolta digitale) e la portata dei vari sviluppi sono attualmente difficilmente prevedibili. Nell'archeologia, un settore specialistico, le opportunità offerte dalle tecnologie digitali hanno tuttavia già condotto a cambiamenti profondi come pure a grosse sfide e, delle volte, a grandi timori. Il contributo tenta di proporre una panoramica dei diversi metodi digitali e dei variegati settori di applicazione, partendo in primo luogo dalle esperienze pratiche fatte da un servizio cantonale di archeologia (Servizio archeologico del Grigioni), illustrandone i processi di lavoro prevalentemente digitali: dalla documentazione moderna rispettivamente dalle misurazioni compiute nell'ambito di scavi e dalla gestione centrale di dati digitali fino alla comunicazione, alla ricostruzione e alla riproduzione digitali delle conoscenze archeologiche. Il saggio discute non tanto l'applicazione concreta di soluzioni e di strumenti tecnici o tecnologici specifici, ma si sofferma piuttosto sulla comprensione critica dei cambiamenti che avvengono nel mondo del lavoro e della ricerca archeologici, i quali offrono opportunità enormi ma rischi altrettanto grandi.

SUMMARY

Digitization in the field of archaeology has been underway for several decades and is no longer reversible. It is currently impossible to envision an end to this accelerated process (digital turn) and the far-reaching consequences of its complex developments. Digital technologies have already made profound changes in the field of archaeology, a process that is not only extremely challenging but, at times, a matter of concern. The present article attempts an overview of various digital methods and fields of application, based primarily on practical experience in a cantonal department (Archäologischer Dienst Graubünden/Grissons Archaeological Services). There, almost all of the work processes have been digitized, from modern documentation, specifically the measurement of diggings, and centralized digital data to the digital communication, reconstruction and reproduction of archaeological knowledge. The discussion is not so much about the concrete application of specific technical and technological solutions and tools but rather about a critical understanding of changes in the science of archaeology and how it works, changes with great potential but fraught with risk as well.