

## 2. DIGITALE INFRASTRUKTUREN FÜR DAS ARCHÄOLOGISCHE KULTURERBE

### 2.1. VORARBEITEN

In der Bundesrepublik Deutschland unterliegt die archäologische Denkmalpflege der Hoheit der einzelnen Bundesländer. Diese föderale Bundesländerstruktur hat zur Folge, dass in Deutschland 16 weitgehend unabhängige Landesämter für Denkmalpflege oder Landesämter für Archäologie parallel existieren. Daraus resultiert, dass archäologische Forschungen über diese bestehenden administrativen Grenzen der einzelnen Bundesländer hinweg nur sehr selten unternommen wurden und werden. Für quantitative Forschungsansätze ist dies jedoch sehr problematisch, da das räumliche Verbreitungsbild verschiedener Funde und Befunde natürlich nicht auf diese willkürlichen administrativen Rahmenbedingungen beschränkt ist. Um die bestehenden Forschungsgrenzen zu überwinden, muss immer wieder mit jeder weiteren Archäologiebehörde in den angrenzenden Bundesländern ein neuer Kooperationsvertrag für das jeweilige Forschungsprojekt ausgehandelt werden. Da dies recht aufwändig ist, wird darauf oft notgedrungen verzichtet und es entstehen immer wieder die beschränkt aussagekräftigen „Inselkartierungen“. Problematisch ist darüber hinaus auch der Datenabgleich aus den Datenbanken der Archäologiebehörden: Es existiert bisher kein deutschlandweiter, gemeinsamer Standard in der Definition und Konzeption der Datenbanken. Die Datenbanken der einzelnen Bundesländer liegen sowohl in heterogenen Formaten als auch in heterogenen Datenbankkonzeptionen vor, sodass eine Interoperabilität unmöglich ist.

Der Verband der Landesarchäologen der Bundesrepublik Deutschland hat bereits vor einigen Jahren dahingehende Bestrebungen unternommen, die in die Entwicklung eines gemeinsamen Formates zum Fachdatenaustausch ADeX-Standard mündeten.<sup>49</sup> Diese richtungsweisenden Datenbankstandardisierungen konnten jedoch bisher nur selten angewandt werden, da die Archäologiebehörden nur Finanzmittel für ihre jeweilige administrative Gebietseinheit (und nicht überregional) verwenden können. Die konsequente Anwendung von ADeX-Standard wäre aber für einen Bundesländergrenzen überschreitenden Datenaustausch dringend notwendig. So ist es sehr wünschenswert, neue Perspektiven zu entwickeln, die die archäologischen Fachdaten für die Forschung besser zugänglich machen. Des Weiteren werden in den einzelnen Bundesländern auch noch unterschiedliche Koordinatensysteme verwendet, die selbst nach einer aufwändigen Normalisierung von zusammengebrachten Datenbanken aus verschiedenen Bundesländern keine einfache Projizierung von Fundstellenkartierungen ermöglichen, da die Koordinatenwerte zuerst in ein überregionales, möglichst international gebräuchliches Koordinatensystem transformiert werden müssen.<sup>50</sup> So können in der jetzigen Ausgangslage weder archäologische Fachdaten eines Untersuchungsgebiets grenzüberschreitend abgefragt werden, noch können diese Fachdaten in überregionalen Untersuchungsgebieten als Kartierungen in einem Geographischen Informationssystem (GIS) zusammengebracht werden, ohne die sehr aufwändigen Vorarbeiten einer Normalisierung. Es gibt zwar mittlerweile in fast jedem Bundesland einen Geodienst bzw. einen online verfügbaren Geobrowser, jedoch sind diese nicht prinzipiell für überregionale Studien miteinander kompatibel. Im seltenen Ausnahmefall einzelner Bundesländer können Fundstellendaten in ein eigenes GIS implementiert werden, wenn sie als World-Map-Server-Dienste (WMS) der Archäologiebehörde online zugänglich sind und schon in ein internationales Koordinatensystem trans-

---

<sup>49</sup> Kommission Archäologie und Informationssysteme – ADeX-Standard:  
<http://www.landesarchaeologen.de/verband/kommissionen/archaeologie-und-informationssysteme/projektarbeitsgruppen/adex/>

<sup>50</sup> Z.B. WGS84 mit EPSG-Code 4326.

formiert vorliegen.<sup>51</sup> Selbst dieser erste Schritt ist leider noch immer die Ausnahme und nicht die Regel.<sup>52</sup> Zurzeit existiert in Deutschland lediglich eine online verfügbare archäologische Fachdatenbank einer Verwaltungsregion. Dies ist die Fundstellendatenbank des Museums der Westlausitz in Kamenz, im östlichen Teil Sachsens, die die archäologischen Informationen des Gebietes zeitweise online zur Verfügung stellte.<sup>53</sup> Jedoch ist dieses Onlineportal eher von experimentellem Charakter, da sowohl die Servergeschwindigkeit als auch die Datenbankkonzeption und das -format natürlich primär auf die internen Bedürfnisse dieses Regionalmuseums ausgerichtet sind. Trotzdem handelt es sich hier um eine richtungsweisende Entwicklung, die nicht nur eine Abfrage der archäologischen Fachdaten der Fundstellen erlaubt, sondern auch aussagekräftige Funde anhand von Fotos und Zeichnungen in hoher Qualität erschließt.

**Museum der Westlausitz** Regionaldatenbank Archäologie

Neu | Datensatz löschen | Suchen | Querfeld Suchen | Sortieren nach „Inv.-Nr. neu“ | Befundübersicht Alle Datensätze anzeigen | Übersicht Kisteninhalt | Letzte Suchabfrage ändern | Gehe zu SiteInfo Ende Leihfrist

LfA-ID 00069485 | Erstellt: Geändert: 26.05.2011 | von: von: Thomas Puttkammer | Datensatz: 1

Inv.-Nr. neu: LfA-ID 00069485  
 Sachsen Nr. (S): D 0419/84 | Fund-ID-DD: 00069485  
 Stephan Nr.: | Zieschank: |  
 alte Nummern: |  
 Befund-Nr.: | Fund-Nr.: |  
 Fundort: Friedersdorf  
 Location: |  
 Gemeinde: Pulsnitz  
 Landkreis: Kamenz  
 Denkmal-Index: 5223a-D-02  
 Objekt: Absatzbeil, Bronze  
 Typ/Variante: |  
 Altbenennung: BRONZEABSATZBEIL  
 Anzahl: | Material: Bronze  
 Erhaltung: Fragment  
 Beschreibung: Norddeutsches Absatzbeil mit stark gerundetem Absatz und zwei tiefen längslaufenden Riefen auf den Bahnen, Seiten kräftig gewölbt, Nackenende breitgeschlagen.

Fotos/Zeichnungen einbetten als:  
 Graustufen-Zeichnungen:  
 - JPG; 150 dpi 14 x 7 cm oder 6 x 4 cm  
 für kleine Zeichnung unten

Zeichnung einfügen Friedersdorf.jpg | Erhaltung in % : | <<□□□ Foto einfügen

Literatur:  
 W. Coblenz, Zwei Bronzehortfunde von Friedersdorf, Landkreis Kamenz. Arbeits- u. Forschber. Sächs. Bodendenkmalpf. 34, 1991, 23ff.  
 Koch, F. (Hrsg): Bronzezeit. Die Lausitz vor 3000 Jahren, 2007, Kat.-Nr. 40, S. 94

Maße/Farbe/Restauration	Datierung	Fundort/GIS	Verbleib/Dokumentation	Ausstellung	Fundumstände	Querfeldsuche
Verbleib generell: Landesamt für Archäologie, Dresden			Kisten Nr.:			
Verbleib aktuell:			Leihende:			
Art des Erwerbs:			Dokumentation:			
Vorsitzer:			Fundumstände:			
Inventur-Datum:   ok: <input type="radio"/> ia			Fundart: Depot			

Abbildung 12: Temporär online verfügbare Funddatenbank des Museums der Westlausitz in Kamenz in Nordostsachsen; Abb. Museum der Westlausitz.

<sup>51</sup> Dies ist möglich beim Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege über den Bayern-Atlas, der auch eine Implementierung eines WMS-Dienstes der Denkmalflächen in ein lokales GIS erlaubt. Weitere archäologische Fachdaten können hier jedoch nicht abgefragt werden. [http://vermessung.bayern.de/file/pdf/1484/Kundeninformation\\_08\\_03.pdf](http://vermessung.bayern.de/file/pdf/1484/Kundeninformation_08_03.pdf)  
<http://geoportal.bayern.de/geoportalbayern/inhalte/uebersichten/geodatendienste.html>  
<http://geoportal.bayern.de/bayernatlas/>

<sup>52</sup> In der Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE), das ein Vorhaben von Bund, Ländern und den Kommunen ist, werden raumbezogene Daten vernetzt in Geobrowsern, Geoportalen oder Web-GIS online zur Verfügung gestellt. Ein zusammenführendes Geoportal ist der Einstieg in die GDI-DE, um Geodaten von Bund, Ländern und Kommunen zu suchen, zu finden und zu nutzen und in weitere Datenverbünde, wie z.B. für die Archäologie, einzubinden.

<sup>53</sup> Die sehr richtungsweisende Initiative musste jedoch aufgrund serverseitiger, technischer Schwierigkeiten wieder eingestellt werden (Stand August 2019).

## 2.2. DEZENTRALE DATENZUGÄNGE IN ÜBERREGIONALEN FORSCHUNGSVERBÜNDEN

Die erwähnte föderale Struktur der Bundesrepublik Deutschland steht, wie oben geschildert, der Initiierung einer landesweiten oder gar nationalen Archäologie-Fachdatenbehörde, wie sie bspw. in den Niederlanden oder Dänemark existiert, grundlegend entgegen. So könnte die Lösung des Problems in der Konzipierung und Umsetzung von dezentralen Datenzugängen, in einem Portal gebündelt, bestehen. Die Zugänge zu den einzelnen archäologischen Fachbehörden könnten so über die Forschungsplattform eines Portals erfolgen, das zwischen den Interessen der Fachbehörden und der Forschung eine Vermittlerfunktion einnimmt. In diesem könnten Forschungsanfragen zu einem bestimmten Gebiet gestellt werden, und durch eine User-Anmeldung könnten hier die Anwender registriert werden. Eine administrative Rechtevergabe sollte verschiedene Formen der Datennutzung ermöglichen. Die personalisierten Anfragen sollten dann im Portal an die Archäologiebehörden weitergeleitet werden, die eine Datenbankabfrage ihrer Bestände anschließend ermöglichen. Da sich die Anfrage zu einer Forschungsregion meist auf verschiedene administrative Gebietseinheiten bezieht, müssten durch das Portal parallele Anfragen an die relevanten Fundstellendatenbanken in den entsprechenden Archäologiebehörden gestellt werden. Letztlich werden im Portal die Einzelanfragen zusammengestellt und sind dort für Nutzer temporär downloadbar.



Abbildung 13: Im Projekt TOPAMA (Topography of Antiquity and the Middle Ages – A web-based information and analysis system for the history of Europe) des Verfassers an der Universität Heidelberg, Goethe-Universität Frankfurt und Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne wurden in einer Testregion in im deutsch-französischen oberen Rheingebiet archäologische Daten aus Westfrankreich, Luxemburg und Südwestdeutschland (mit den Bundesländern: Rheinland-Pfalz, Saarland, Baden-Württemberg, Hessen und Bayern) aus sieben unabhängigen Institutionen der verschiedenen Zuständigkeiten gewinnbringend zur Auswertung zusammengebracht; vgl. <http://www.menestrel.fr/?Antique-sites&lang=en> ; <https://journals.openedition.org/ifha/7388> ; <https://arminvolkmann.wordpress.com/>

Entgegen der Vorstellung von absolut frei verfügbaren Daten der Archäologie gibt es zu bedenkende Einschränkungen: Bestimmte archäologische Informationen wie die genauen Koordinaten der Fundstellen sollten aus Gründen des Schutzes vor illegalen Raubgrabungen und der damit einhergehenden Zerstörung bzw.

Plünderung der Bodendenkmale nicht der Allgemeinheit zugänglich sein. Daher erscheint es besonders wichtig, einen Download von Daten für die beteiligten Partner der Archäologiebehörden nachvollziehbar zu machen, indem man auch des Weiteren zwischen registrierten Nutzern der Forschung und nichtregistrierten Nutzern der Allgemeinheit unterscheidet. Die Forschung benötigt für die Auswertung der Informationen einen uneingeschränkten Zugang zu allen Angaben einschließlich der genauen Koordinaten, bspw. zur Projektion in einem eigenen GIS. Zwar sollte auch die Allgemeinheit möglichst viele Informationen zu archäologischen Funden bekommen, jedoch ist das Problem der Raubgrabungen durchaus real und nicht zu unterschätzen, um die Bodendenkmale auch in Zukunft zu erhalten und zu schützen. Für die Allgemeinheit könnte man bei den archäologischen Fundstellendaten bspw. größere Kartensymbole in einem Geobrowser verwenden, die eine metergenaue Lokalisation der Bodendenkmale überdecken, sodass die genaue Auffindung in der Realität erschwert ist.

### Decentralized data access in inter-regional research networks of archaeological data

partner server: **query** (use case: seven partners)

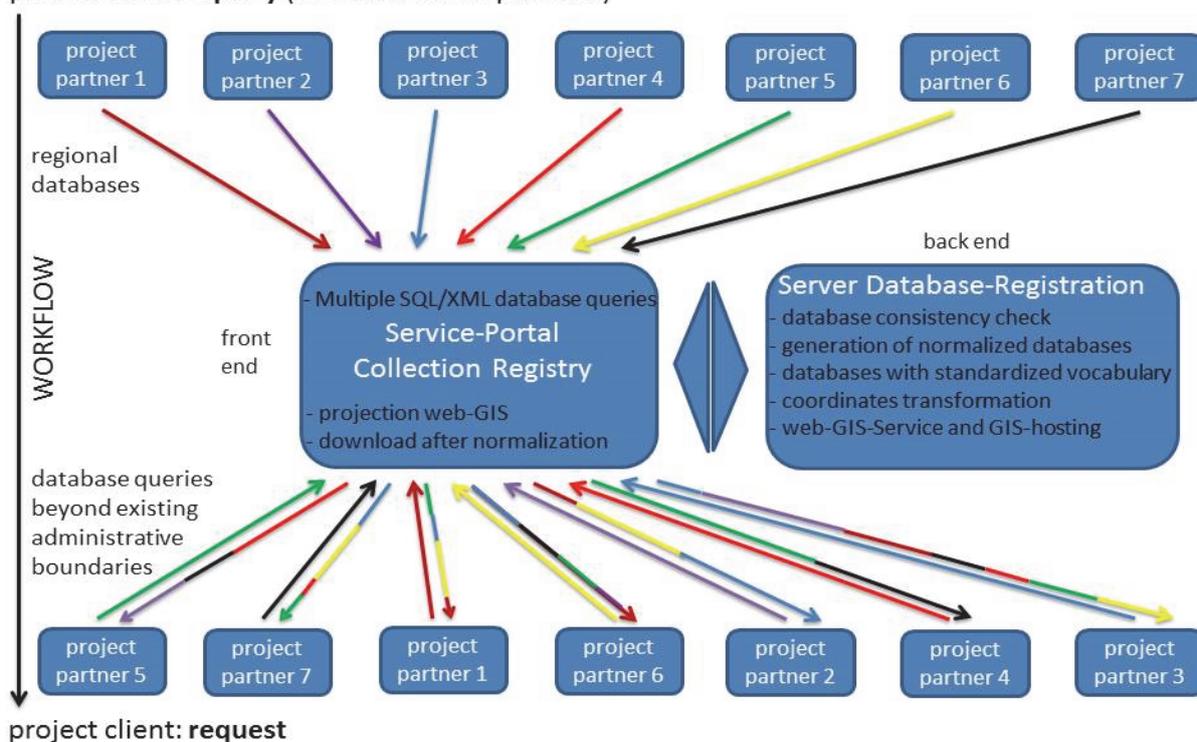


Abbildung 14: Projektarchitektur TOPAMA mit dezentralisierter Webplattform, die eine Datenabfrage als Middleware zu den Partnerinstitutionen erlaubt und standardisiert über bestehende administrative Grenzen hinweg zusammenbringt. Dabei entsteht ein Datennetzwerk, wobei aber gleichzeitig die Datenhoheit der Partnerinstitutionen weiterhin gewährleistet wird. Vgl. API der Deutschen Digitalen Bibliothek (DDB): „Das *Application Programming Interface* (API) ist eine Programmierschnittstelle, die den Zugriff auf Daten und Methoden der Deutschen Digitalen Bibliothek (DDB) ermöglicht. Sie erlaubt die Entwicklung vielfältiger Anwendungen, die die in der DDB vorgehaltenen Inhalte nutzen und sie jeweils nach den eigenen Wünschen darstellen und in unterschiedliche Kontexte [neu] einbetten. Für die Nutzung des *Application Programming Interfaces* der Deutschen Digitalen Bibliothek ist eine Authentifikation in Form eines Schlüssels (API Key) notwendig.“ Diesen API Key erhält man nach akzeptierter Registrierung bei der Deutschen Digitalen Bibliothek, sodass nachvollziehbar ist, wann an wen welche Daten fließen. Über das API der Deutschen Digitalen Bibliothek werden ausschließlich mit einer Creative-Commons-Lizenz (CC0) Lizenz zertifizierte Metadaten ausgegeben, wobei der Urheberschutz nicht-lizenzierter Datensätze gewährleistet wird, die zwar in der Ursprungsdatenbank vorhanden sind, jedoch bei der API-Abfrage nicht abrufbar sind; Zitat ergänzend und verändert nach: <https://api.deutsche-digitale-bibliothek.de/doku/display/ADD/API+der+Deutschen+Digitalen+Bibliothek>; Abb. Verfasser.

Zuletzt hat die EU-Richtlinie Public Sector Information (PSI),<sup>54</sup> die die kostenfreie Offenlegung und Weiterverwendung aller mit öffentlichen Mitteln erstellten Daten zum Inhalt hat, in den Museen und Archiven zu kontroversen Diskussionen geführt. Die aktuellen Stellungnahmen des Deutschen Bibliotheksverbandes und des Verbandes der Landesarchäologen verdeutlichen dies.<sup>55</sup> Viele Museen und Archive sind zwar mit öffentlichen Mitteln finanziert, jedoch oft nur teilweise, und weitere Einnahmequellen sind dringend notwendig für deren Erhalt. Aufgrund der knappen finanziellen Ausstattung vieler Museen und Archive können diese oft nicht auf die Einnahmen aus den Nutzungsgeldern der Daten verzichten. Man muss also im Rahmen eines Datenverbundes auch regulative Perspektiven für den Umgang mit Forschungsdaten entwickeln, die zielgerichtet einerseits die Bedürfnisse der Museen und Archive berücksichtigen und andererseits eine größtmögliche Erleichterung in der Verfügbarkeit bzw. Zugänglichkeit der Daten, zumindest für die Forschung bzw. lizenzierte Forscher\*innen ermöglichen. In Dänemark sind bereits alle nationalen Datenbanken archäologischer Fundstellen, Denkmäler und weiterer Kulturgüter von der Danish Agency of Culture für die Wissenschaft frei verfügbar, was ein Best-Practice Vorbild ist.<sup>56</sup> Beim Aufbau einer virtuellen Forschungsdateninfrastruktur für die Archäologie sollte möglichst keine neue Projektplattform in Konkurrenz zu bereits bestehenden und laufenden Projekten aufgebaut werden,<sup>57</sup> sondern beratend und infrastrukturell unterstützend sollten hinsichtlich Datenstruktur, Datenstandards, Datenarchivierung/Langzeitarchivierung und Web-GIS auch die perspektivische Umsetzung der EU-Richtlinie INSPIRE zielgerichtet in einem integrativen Portal angegangen werden.<sup>58</sup>

Das europaweite Verbundprojekt DARIAH-EU<sup>59</sup> fokussiert u.a. die Entwicklung von Infrastrukturen für Forschungsdaten aus den Geistes- und Kulturwissenschaften und richtet sich nun nach der Konsolidierungsphase strategisch weiter aus. Bisher sind in diesem Verbundprojekt die Text- und Geschichtswissenschaften besonders stark vertreten und engagiert. Die deutsche Abteilung von DARIAH-DE hat im Konsortium neben den geisteswissenschaftlichen Fachvertretern vor allem auch Spezialisten aus der Archivierung (Bibliotheken), Informatik und Langzeitarchivierung der Rechenzentren, aber eben auch aus der Archäologie.<sup>60</sup> So könnte das Problem der in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich vorliegenden und nicht verfügbaren archäologischen Fundstellendatenbanken zielgerichtet fokussiert werden. In einer Testregion, dem deutsch-französischen Oberrheingebiet, werden dahingehend schon jetzt die archäologischen Fachdaten Westfrankreichs und Südwestdeutschlands innerhalb eines Web-GIS-Portals zusammengebracht.<sup>61</sup> Durch entsprechende Partner der Geschichtswissenschaft und Mediävistik werden darüber hinaus auch Daten aus den schriftlichen Quellen in diesen Projektverbund eingepflegt. Durch die EU-Partnerinstitutionen von DARIAH könnte dies perspektivisch auch im Kontext weiterer europäischer Fundlandschaften wie bspw. an der Nordsee in ähnlichen, kollaborativen Datenverbänden angegangen werden.<sup>62</sup> Die einzelnen Landesdatenbanken können über die DARIAH-Collection Registry, einer Sammlung von Sammlungen, für die Wissenschaft besser erschließbar gemacht werden. Die Datenhoheit würde dabei gleichzeitig bei den jeweiligen Landesarchäologiebehörden weiter bestehen bleiben, da die Daten auf deren dortigen Servern verblieben und nicht

---

<sup>54</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Richtlinie\\_2003/98/EG\\_\(PSI-Richtlinie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Richtlinie_2003/98/EG_(PSI-Richtlinie)) ; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1600544192422&uri=CELEX:32019L1024>

<sup>55</sup> <http://www.landesarchaeologen.de/verband/empfehlungen/resolutionen>

<sup>56</sup> <http://www.kulturarv.dk/fundogfortidsminder/Download/>

<sup>57</sup> Bspw. sei hier das Projekt IANUS – Ein Forschungsdatenzentrum für Archäologie und Altertumswissenschaften des Deutschen Archäologischen Instituts (DAI) zu nennen.

<sup>58</sup> INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community): <https://inspire.ec.europa.eu/>

<sup>59</sup> Digital Research Infrastructure for the Arts and Humanities: <http://de.dariah.eu/>

<sup>60</sup> <http://de.dariah.eu/>

<sup>61</sup> Das Projekt TOPAMA wird von der Goethe-Universität Frankfurt, der Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne und der Universität Würzburg durchgeführt sowie von DARIAH-DE unterstützt; vgl. ArkeoGIS <http://arkeogis.org/>

<sup>62</sup> DARIAH-EU-Partner sind u.a. die niederländischen DANS (Data Archiving and Networked Services) <http://www.dans.knaw.nl/en> und der britische Archaeology Data Service mit dem europäischen Datenverbund-Projekt ARENA (Archaeological Records of Europe – Networked Access), das in das Portal von Ariadne (A Research Infrastructure for Archaeology) integriert wurde. <http://ariadne-portal.dcu.gr/>

auf Projektservern gespeichert würden. Innerhalb des DARIAH-EU-Projektkonsortiums können diese Bestrebungen besonders gut auf EU-Ebene in Virtual Competency Centres (VCC) umgesetzt werden, indem, neben der Collection Registry, die unterschiedlichen Bestrebungen der einzelnen regionalen Projekte im europäischen Kontext harmonisiert und disziplinübergreifende Standards für Datenbanken und Metadaten entwickelt werden könnten.

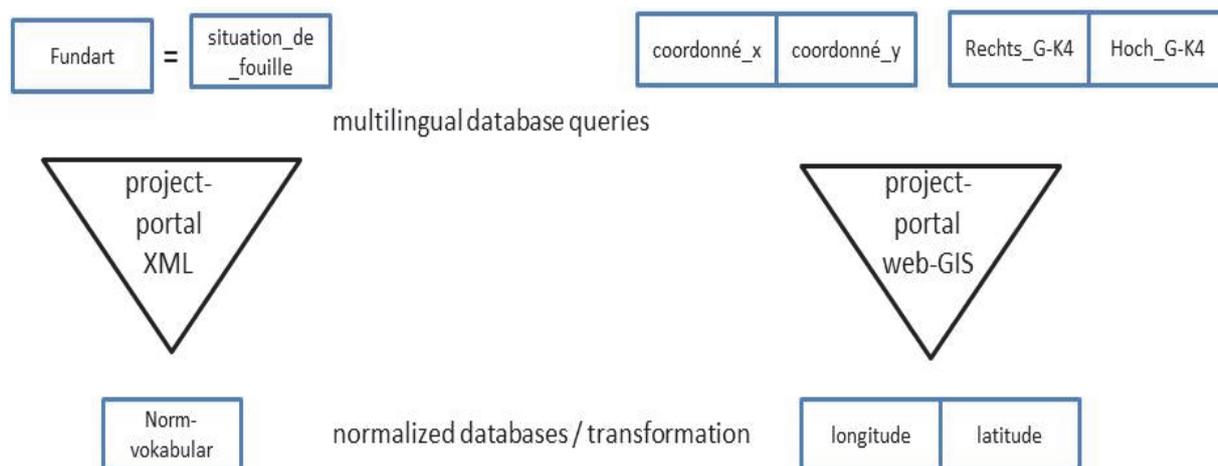


Abbildung 15: TOPAMA ermöglicht eine multilinguale Datenbankabfrage und Koordinatenhomogenisierung zur Interoperabilität der heterogenen Datensätze über die Archivgrenzen hinweg. Die Plattform kann somit mit heterogenen Datensätzen umgehen und bedingt keinen einheitlichen Normstandard, der aufgrund der verschiedenen deutsch-französischen Vokabulare und Thesauri nicht zu erbringen ist, da die Plattform ein gemeinsames Austauschformat generiert; Abb. Verfasser.

### 2.3. LINKED OPEN DATA UND STANDARDISIERTE ONTOLOGIEN ZUR SEMANTISCHEN VERKNÜPFUNG VON PUBLIKATIONEN, DATEN UND KARTEN

Unter dem Begriff Linked Open Data sind allgemein im Internet frei verfügbare Daten (z.B. mit CC-Lizenzen) zu verstehen, die per URI (Uniform Resource Identifier) eindeutig identifiziert sind und somit direkt per HTTP (Hypertext Transfer Protocol) angesteuert und abgerufen werden. Linked Open Data stellt einen basalen Teil des Semantic Web<sup>63</sup> von miteinander verknüpften Daten dar, wobei die Daten im weltweiten Netz bspw. von dezentralen Forschungsverbänden ausgewertet werden können. Zur Kodierung und Verlinkung der Daten werden international gültige Standards verwendet, damit die Daten maschinenlesbar und somit automatisiert auffindbar sind.<sup>64</sup> Die Daten oder Datensätze können weiterführend via URI wiederum auf andere verknüpfte Daten verweisen, die in verschiedenen Formen wie Texten/Publikationen, Datensätzen, Bildern oder Karten etc. vorliegen. Idealerweise wird zur Kodierung und Verlinkung der Daten das Resource Description Framework und darauf aufbauende Standards wie die Abfragesprache SPARQL und die Web Ontology Language verwendet, was die maschinelle Lesbarkeit grundlegend ermöglicht und des Weiteren im Rahmen

<sup>63</sup> Grundlegend H. Sack/G. Rizzo/N. Steinmetz/D. Mladenčić/S. Auer/Chr. Lange, The Semantic Web. Springer eBook collection Computer Science (Cham 2016) <https://doi.org/10.1007/978-3-319-47602-5>

<sup>64</sup> Vgl. vorhergehend in Kap. 1.8 zur Kartierung des Wissens des Digital Cultural Heritage.

von SPARQL-Abfragen die Interpretationsbasis in Form eines Forschungsdatenkorpus darstellt.<sup>65</sup> Im einhergehenden Kontext dieser Zusammenführung von Wissen aus ganz unterschiedlichen, internationalen Repositorien bietet Linked Open Data eine Chance zur konsequenten Überwindung von bestehenden Forschungsgrenzen, die meist sowohl regional als auch fachlich-disziplinspezifisch bedingt sind.

Ontologien dienen der formalen Modellierung von Strukturen eines Wissensbereichs, d.h. der Elemente und Relationen, die sich aus ihrer Betrachtung und Kenntnis erschließen lassen, und die für die angestrebten Untersuchungen der archäologischen Wissenschaften als relevant erachtet werden und auch völlig anderen Wissensdomänen stammen können. Sie werden dazu genutzt, Wissen in digitalisierter und formaler Form zwischen Anwendungsprogrammen und Diensten auszutauschen. Im Unterschied zu konventionellen Datenbankstrukturen liefern Ontologien nicht nur nach Stichworten geordnete Datenmengen, sondern bilden komplexe Sinnzusammenhänge in Form von Klassen, Eigenschaften und Instanzen ab. Die Datenstruktur sowie auf Abfrage gelieferte Teilbereiche können in Form von Verzweigungsbäumen bzw. Concept Maps visualisiert werden und erlauben somit eine anschauliche Repräsentation von Wissens- bzw. Objektdaten und deren Eigenschaften und Bedeutungszusammenhängen in unterschiedlichen Detailgraden. Ontologien sind die Grundlage des semantischen Webs (ab dem Web 3.0) als neue Wissensrepräsentation mit „künstlicher Intelligenz“ (KI). Im Unterschied zu einer Taxonomie, die nur eine hierarchische Untergliederung bildet, stellt eine Ontologie ein Netzwerk von Informationen mit logischen Relationen dar. Darüber hinaus ermöglicht sie es, mithilfe von weiteren Programmen<sup>66</sup> deren Inhalte auf Widersprüche hin zu untersuchen oder Schlussfolgerungen aus dem Datenbestand zu ziehen und somit Wissenslücken auf der Grundlage der eingegebenen Informationen gezielt zu schließen. Gerade diese letztgenannte Möglichkeit der Rekonstruktion von Zusammenhängen, die nicht unmittelbar in oft lückenhaften archäologischen Grabungsberichten, Befundkartierungen oder Publikationen vorliegen, deren Existenz jedoch auf der Grundlage der vorhandenen Daten und Relationen postuliert werden kann, gilt es zu entwickeln und zu erproben sowie für weitere geisteswissenschaftlich-/archäologisch-hermeneutische Analyseverfahren nutzbar zu machen, wie beispielsweise durch die Softwareanwendung von Semantic Reasoners.<sup>67</sup> Insbesondere in der Kontextualisierung von weltweit verstreut vorliegenden Wissensbeständen zu klar abgrenzbaren Fundarten, wie bspw. Münzen, besteht ein hohes Erkenntnispotential bei der zielgerichteten Anwendung von spezifischen Ontologien.

Standardisierte Ontologien stellen damit eine fortgeschrittene Art der Sinnerschließung für die Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen zur Verfügung und bilden gerade im Hinblick auf große zu verarbeitende Datenmengen im Bestand der Universitätsbibliothek ein sehr hilfreiches Instrument.<sup>68</sup> Bisher kommen ontologiebasierte Anwendungen (mit Linked Open Data) in den Geistes- und Kulturwissenschaften vor allem in den Bereichen Geschichte, Archäologie und Kulturelles Erbe zur Anwendung.<sup>69</sup> Außerdem dienen sie bspw. der Verknüpfung von archäologischen Objektdatenbanken in Museen und der Verknüpfung von Literaturdatenbanken in Bibliotheken, wobei sie die wissenschaftliche Recherche und die Interoperabilität zwischen

---

<sup>65</sup> SPARQL ist ein Akronym für Protocol and RDF Query Language, das von der RDF Data Access Working Group (DAWG) des World Wide Web Consortiums erarbeitet wurde. SPARQL dient in der Version 1.1 von 2013 der Standardisierung von Web-Abfragen. Es ist dabei ein Standard, der mehrere Abfragesprachen wie bspw. RDQL (RDF Query Language) bündelt und vereinheitlicht, was insbesondere für die Ansteuerung an genormte Web-Schnittstellen (REST APIs – Representational State Transfer Application Interfaces) für die Maschine-zu-Maschine-Kommunikation essenziell notwendig ist [https://www.w3.org/2009/sparql/wiki/Main\\_Page](https://www.w3.org/2009/sparql/wiki/Main_Page)

<sup>66</sup> Z.B. Protégé im Folgenden.

<sup>67</sup> Vgl. im Folgenden.

<sup>68</sup> Beispielsweise OGC Metadatenstandard ISO/TC 19115 <http://www.isotc211.org/>

<sup>69</sup> Vgl. die grundlegende Abhandlung von K. M. May/C. Binding/D. Tudhope, Barriers and opportunities for Linked Open Data use in archaeology and cultural heritage. In: Archäologische Informationen, 38 (2015) 2016, 173–184. <https://doi.org/10.11588/ai.2015.1.26162>

unterschiedlichen Archiven oder Institutionen deutlich erleichtern.<sup>70</sup> Für die Vernetzung von archäologischen Grabungsdaten und die Dokumentation von Bodendenkmälern wurden bereits Applikationen zur standardisierten Konvertierung herkömmlicher Datensätze in Ontologie-Schemata erstellt, um grabungsprojektübergreifende Recherchen und die Bearbeitung komplexer Fragestellungen zu Beziehungen zwischen einzelnen Daten zu ermöglichen, auf die wir zielgerichtet aufbauen können.<sup>71</sup> Eine solche ontologiebasierte Form der webbasierten digitalen Wissensrepräsentation eröffnet völlig neue Möglichkeiten der Datenerfassung und -visualisierung sowie der Formulierung von kontextualen Fragestellungen. Der Einsatz von Archäologie-Ontologien im vorliegenden Projekt stellt daher einen ganz neuen Ansatz dar, um traditionelle archäologische Forschung mit neuen digitalen Methoden erkenntnisbringend weiterführend anzureichern.

### 2.3.1. ONTOLOGIE-ERSTELLUNG

Die Konzeption der Ontologie bildet dementsprechend den fundamentalen Schritt der frühen Projektphase. Die Ontologie muss die archäologisch-hermeneutische Arbeit in adäquater und transparenter Weise unterstützen. Im Anschluss an die konzeptionelle Erstellung der methodologischen Grundlagen archäologischer Interpretationsverfahren und die darauf aufbauende Erörterung der Möglichkeiten des Einsatzes von Ontologien im Interpretationsprozess gilt es, die anwendungsspezifischen Anforderungen an die Ontologie sowie an die zugehörigen Anwendungsprogramme zu formulieren. Hierzu gehört u.a. die Berücksichtigung der Komplexität archäologischer Daten bei der Übersetzung der raumrelevanten Informationen in die Formalsprache der Ontologie als maschinenlesbare RDF (Resource Description Framework).

Die Struktur der Ontologie, die sich in Klassen, Subklassen, Eigenschaften, Axiome und Instanzen untergliedert, dient der Übersetzung der an den archäologischen Objekten beobachtbaren Elemente und Bedeutungsrelationen in eine computerlesbare Sprache wie RDF. Sie wird in Hinblick auf eine zweckgemäße Verknüpfung der archäologischen Daten angelegt. Entsprechend gilt es, vorausgehend Überlegungen bezüglich der Einteilung und Terminologie der Elemente, Eigenschaften, Axiome und Relationen des zu repräsentierenden Themenbereichs anzustellen, sodass eine sinnvolle Abbildung in der komplexen Ontologiestruktur gewährleistet ist. Die Einteilung und die Terminologie folgt dabei einerseits aktuellen Standards, die in Museen im Bereich des kulturellen Erbes und in Universitätsbibliotheken in Verknüpfung zu Literatur- und Bilddatenbanken sowie zur Dokumentation archäologischer Stätten eingesetzt werden (Getty Thesauri und Vokabularien<sup>72</sup> sowie Ontologie-Modellierung nach dem CIDOC Conceptual Reference Model – CRM bzw. mit der Erlanger Erweiterung CRM/OWL in der Wissens-/Ontologie-Repräsentationssprache RDF oder der darauf aufbauenden Web Ontology Language OWL).<sup>73</sup> Andererseits sind darüber hinausgehende Begriffe zur Erfassung und Abbildung von Bedeutungsrelationen zu etablieren, die für die archäologisch-hermeneutische Bearbeitung kulturgeschichtlicher Fragestellungen mit verortbarem Raumbezug grundlegende Relevanz besitzen. Dabei ist die standardisierte Eingabe und Herstellung zur Vergleichbarkeit von kontextspezifischen Daten in Bildern, Karten und Texten über die Grenzen der jeweiligen Objektgattungen hinweg zu berücksichtigen. Das bedeutet, dass einheitliche Kriterien definiert werden, die bei der Erschließung raumbezo-

---

<sup>70</sup> Vgl. das Projekt WissKI Wissenschaftliche Kommunikations-Infrastruktur (<http://wiss-ki.eu/>), Projekt Rezeption der Antike im semantischen Netz des DAI, Bilddatenbank ARACHNE und Virtuelle Fachbibliothek Altertumswissenschaften Propylaeum (<https://www.propylaeum.de/themen/rezeption-der-antike/>), Hespont-Projekt zur Integration von ARACHNE und PERSEUS (<http://hellespont.dainst.org/startpage/#>) oder Projekt CLAROS (<http://explore.clarosnet.org/XDB/ASP/clarosHome/>).

<sup>71</sup> So etwa die im Rahmen des Projekts STELLAR entwickelten Applikationen; siehe <http://hypermedia.research.southwales.ac.uk/kos/stellar/>

<sup>72</sup> <http://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/>

<sup>73</sup> <http://erlangen-crm.org/> Seit 2006 ist CIDOC ISO-Standard (International Organization for Standardization, ISO 21127).

gener Bild-, Karten- und Textdaten für alle Gattungen übergreifend angewandt werden. Im Rahmen der Studie erfolgte die Modellierung der Ontologie des Projektes heiMAP<sup>74</sup> unter Verwendung des OWL-basierten Open-Source-Editors Protégé.<sup>75</sup> Protégé ermöglicht die Dokumentation des Ontologieschemas (Elemente mit Klassen, Subklassen, Eigenschaften und Axiome) und seiner Beziehungen in Form von Instanzen und Objekteigenschaften sowie daran anknüpfend – und durch logische Inferenzen unterstützt – die Erstellung einer Klassenstruktur zur formalisierten Wiedergabe der fokussierten räumlichen Zusammenhänge. Für die Aufnahme der in Bildern, Karten und Texten raumbezogenen archäologischen Daten kann auf die bereits existierende Struktur der in CIDOC CRM bzw. CRM/OWL umsetzenden Ontologie zurückgegriffen werden. Protégé bietet die Möglichkeit der Einbindung von Karten- und Bilddateien sowie von Text und stellt daher ein umfangreiches Tool dar, mit dem sich die für die angestrebten Untersuchungen relevanten Daten in adäquater Weise einspeisen und bearbeiten lassen. Zur Unterstützung im Umgang mit den Daten sowie deren Visualisierung steht aufgrund der offenen und erweiterbaren Plug-in-Architektur von Protégé bereits eine Reihe von Plug-Ins frei zur Verfügung – auch zur Visualisierung der Datenstruktur in Form von Icon-basierten Concept Maps, wie sie zur Darstellung der bild- und/oder kartensprachlichen Inhalte und Zusammenhänge benötigt wird.

Suchabfragen die beispielsweise eingebettet in das Katalogsuchsystem der Deutschen Nationalbibliothek sind,<sup>76</sup> basieren auf der interoperablen Protocol and RDF Query Language (SPARQL), die eine graphenbasierte Abfragesprache für das bereits gängige RDF ist. Dieses nun maschinenlesbare Wissen wird mit weiterer Software, die diese Daten verarbeiten kann, analysiert, wobei diese Funktion durch sogenannte Reasoner übernommen wird. Reasoner können über standardisierte Ontologien Schlussfolgerungen ziehen und damit Wissen ableiten, das nicht explizit beschrieben ist. Dadurch können Reasoner-Anfragen weit komplexere Antworten liefern sowie Daten auf Konsistenz prüfen und vollständig klassifizieren.

### 2.3.2. WISSENSZUWACHS DURCH ONTOLOGIEN

Die Abbildung der Zusammenhänge in Form von Concept Maps, die die Begriffe visualisieren, bildet einen der wesentlichen Pfeiler des hier verfolgten methodologischen Ansatzes insbesondere zur Erschließung von Raumbezügen, was bspw. im Projekt heiMAP erfolgt.<sup>77</sup> Sie dienen dazu, die Formen des Raum- und Zeitbezuges zu veranschaulichen und bilden somit die Grundlage für deren weitere Auswertung in kulturgeschichtlicher Perspektive. Die Darstellung in Form von Concept Maps soll die raumspezifischen konzeptuellen Strukturen bereits beim Blick auf die Visualisierung der fallspezifischen Datengruppen erkennen und nachvollziehen lassen, sodass die damit beabsichtigte Informationsvermittlung nicht erst bei der darauf basierten Auswertung erfolgt. Der wissenschaftliche Erkenntnisprozess profitiert ferner von der Tatsache, dass die einmal erstellte Ontologie nicht nur für den ursprünglich vorgesehenen, sondern zukünftig auch für weitere Analysevorgänge zur Verfügung steht. Davon abgesehen bieten Ontologien die Möglichkeit der ständigen Erweiterbarkeit ihrer Datensätze sowie der Verknüpfung mit anderen Ontologien, die meist auch auf RDF basieren. Damit steht die im Rahmen eines Projekts entwickelte Ontologie (bspw. für die Literaturwissenschaft) auch für eine zukünftige Vervollständigung eines archäologischen Datensatzes an anderen Universi-

---

<sup>74</sup> Vgl. Kap. 4.1.2. zur virtuellen Forschungsumgebung heiMAP.

<sup>75</sup> Das Projekt Protégé entstand an der Stanford University <http://protege.stanford.edu/>

<sup>76</sup> Die Deutsche Nationalbibliothek bietet bereits einige Linked Open Data Bestände in RDF an, wie bspw. GND (Gemeinsame Normdatei), GND-Ontologie, Entity Facts (aus FactGrid), GeoNames sowie die Titelanzeigen des Katalogs der Deutschen Nationalbibliothek im BIBFRAME-Format der Bibliographic Framework Initiative [https://www.dnb.de/DE/Professionell/Metadatendienste/Datenbezug/LDS/lds\\_node.htm](https://www.dnb.de/DE/Professionell/Metadatendienste/Datenbezug/LDS/lds_node.htm)

<sup>77</sup> Vgl. Kap. 4.1.2., wobei die primäre Quellengattung im Projekt heiMAP historische Kartenwerke sind.

täten, Archiven und Museen zur Verfügung. In der Archäologie eingesetzte Ontologien eröffnen ein heuristisches Instrument und neue Möglichkeiten für vergleichbare transdisziplinäre Analysen der Geistes- und Naturwissenschaften. Die im Rahmen des Projekts unternommenen Untersuchungen zur Entwicklung von Ontologien dienen der digitalen Erfassung und einhergehenden Erschließung von neuem Wissen und leisten somit einen wesentlichen Beitrag im virtuellen „Zusammenwachsen“ von bisher meist isolierten Archiven und Bibliotheken in kollaborativ bearbeitbaren virtuellen Wissensverbänden. In der Anwendung bestehen durch den Einsatz von Ontologien somit neue Möglichkeiten bspw. bei der Rekonstruktion von Wissenszusammenhängen, die nicht unmittelbar in teils lückenhaften archäologischen Grabungsberichten, Befundkartierungen oder Publikationen vorliegen – deren Existenz jedoch auf der Grundlage der vorhandenen Daten und Relationen als wahrscheinlich zu identifizieren ist. Des Weiteren besteht insbesondere in der Kontextualisierung von weltweit verstreut vorliegenden Wissensbeständen zu klar abgrenzbaren Fundarten, wie bspw. Münzen, ein hohes Erkenntnispotential bei der zielgerichteten Anwendung von spezifischen Ontologien.

The screenshot shows the Wikidata Query Service interface. The top part displays a SPARQL query designed to find authors with Wikispecies pages, sorted by the number of papers. The query is as follows:

```

1 #Objekte über Autoren mit einer Wikispecies-Seite
2 SELECT ?author ?authorLabel (COUNT(?paper) AS ?count)
3 WHERE
4 {
5   ?article schema:about ?author ;
6   schema:isPartOf <https://species.wikimedia.org/> .
7   ?author wdt:P31 wd:Q5 .
8   ?paper wdt:P50 ?author .
9   SERVICE wikibase:label { bd:serviceParam wikibase:language "[AUTO_LANGUAGE],en" }
10 }
11 GROUP BY ?author ?authorLabel
12 ORDER BY DESC(?count)
13 LIMIT 200

```

Below the query, a table of results is shown, displaying the top 20 authors based on the number of papers. The table has three columns: author, authorLabel, and count.

author	authorLabel	count
<a href="#">Q915676</a>	Didier Raout	2466
<a href="#">Q19001826</a>	Rudolf Schmid	758
<a href="#">Q22113121</a>	George M. Garrity	716
<a href="#">Q30348949</a>	Nikos C. Kyrpidis	626
<a href="#">Q1929839</a>	Michael Wink	549
<a href="#">Q7329022</a>	Richard Shine	516
<a href="#">Q28050869</a>	Tanja Woyke	498
<a href="#">Q30347695</a>	Natalia N. Ivanova	461
<a href="#">Q2000017</a>	Jonathan A. Eisen	458
<a href="#">Q21337970</a>	Jung-Hoon Yoon	444
<a href="#">Q21503736</a>	Peter Schumann	437
<a href="#">Q599839</a>	Frans Antonie Stafleu	412

Abbildung 16: Im Rahmen des Projektes „Building Digital Communities“ am Exzellenzcluster „Temporal Communities“ an der Freien Universität Berlin wurde eine WikiBase-Instanz implementiert, die der experimentellen Erforschung von weiteren Möglichkeiten des semantischen Webs für die Literaturwissenschaft durch SPARQL-Abfragen diene. In WikiBase können Spezialseiten mit einem Q-Identifikator angelegt werden, um bspw. die Entstehung eines Werks oder die Vita eines/er Verfasser\*in zu diskutieren und kollaborativ zu editieren. Im oberen Bereich der Abbildung wird die Syntax der SPARQL-Abfragen gezeigt, die fallbeispielhaft alle verfügbaren Autor\*innen mit Wikispecies-Seiten und entsprechendem Q-Idem abrufen. Auf jeder Wikispecies-Seite, die eine spezielle Mediawiki/WikiData-Instanz darstellt und einem Q-Idem entspricht, sind standardisiert Properties des Q-Idems als zugeordnete, genormte Eigenschaften aufgeführt, die ebenso systematisch mit SPARQL

abgefragt werden können. Im unteren Bereich werden die Ergebnisse der Forscher\*innen aus den Fachgebieten der Botanik und Zoologie in einer einfachen Tabelle aufgelistet. Diese Tabelle kann als interoperable csv-Datei heruntergeladen werden und mit weiteren Datensätzen, insbesondere der Autor\*innen aus anderen Datenbanksystemen, angereichert werden. Auf diese Weise entstehen stark erweiterte Wissensbestände von miteinander verknüpften Daten, was mit der Generierung von neuem Wissen einhergeht; Abb.: Verfasser; vgl. <https://en.wikipedia.org/wiki/Wikibase>; <https://de.wikipedia.org/wiki/Wikidata>.