

Modellierung von Fuzzyness / Wobbliness in Geodaten - Am Beispiel archäologischer und geowissenschaftlicher Fundortreferenzen

Florian Thiery¹, Fiona Schenk², Stefanie Baars³, Karsten Tolle⁴, Peter Thiery⁵

¹ Research Squirrel Engineers Network & Leibniz-Zentrum für Archäologie

² AG Klima & Sedimente, Institut für Geowissenschaften, JGU, Promotionsstudentin

³ Münzkabinett, Staatliche Museen zu Berlin (SPK), Promotionsstudentin HU Berlin

⁴ Big Data Lab, Johann Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt am Main

⁵ Research Squirrel Engineers Network

DOI: 10.5281/zenodo.10571859

Zusammenfassung: Insbesondere bei der Bereitstellung von Open Data nach den FAIR-Prinzipien zur bestmöglichen Offenheit und Transparenz ist die Angabe von Unsicherheiten und Zweifeln für den Nachnutzenden von enormer Bedeutung. Bei interdisziplinärer Zusammenarbeit ist dieser Aspekt umso wichtiger. In diesem Paper werden vier data-driven interdisziplinäre Use-Cases für den Umgang mit und die Modellierung von vagen und unsicheren Georeferenzen aus dem Bereich der Archäologie und Geowissenschaften vorgestellt.

Schlüsselwörter: Linked Open Geodata, Archäologie, Geowissenschaften, Numismatik

1 Einleitung

Jede Bestimmung einer Koordinate ist mit Unsicherheiten und/oder statistischen Kenngrößen wie Standardabweichungen belegt. Insbesondere bei der Bereitstellung von Open Data nach den FAIR-Prinzipien[1] (Findable, Accessible, Interoperable und Reusable) zur bestmöglichen Offenheit und Transparenz ist die Angabe von Unsicherheiten und Zweifeln für den Nachnutzenden von enormer Bedeutung. Bei interdisziplinärer Zusammenarbeit ist dieser Aspekt umso wichtiger. Insbesondere in den Geistes- und Kulturwissenschaften und auch Geowissenschaften spielen Geodaten eine große Rolle. Georeferenzierungen sind Teil der täglichen Arbeit und stellen eine Herausforderung bei der Bereitstellung von Open Geodata nach den FAIR-Prinzipien dar. Archäologische und geowissenschaftliche Forschung muss bei der Datenmodellierung mit Zweifeln wie Fuzzyness/Wobbliness[2] und Mehrdeutigkeiten umgehen. Dies geschieht insbesondere bei der Georeferenzierung[3,4]. Um jedoch reproduzierbare und verständliche Daten für die Wiederverwendung zu schaffen und gleichzeitig die Datenqualität archäologischer Daten zu gewährleisten, müssen diese Zweifel und Unklarheiten offengelegt werden[5]. Dies ist auch für die FAIRifizierung von Daten wichtig, die ein großer Teil der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) ist[6,7]. In diesem Kontext müssen insbesondere Vagheiten und Unsicherheiten für die Arbeit mit und Bereitstellung von Geodaten modelliert werden[8–10]. Für die Verknüpfung von Daten und die FAIRifizierung ist die von Berners-Lee vorgeschlagene graphbasierte Modellierung als Linked Open Data[11] (LOD) die Methode der Wahl[12].

In diesem Paper werden vier data-driven interdisziplinäre Use-Cases für den Umgang mit und die Modellierung von vagen und unsicheren Georeferenzen (am Beispiel von Fundstellen) auf der Grundlage von Literatur als LOD aus dem Bereich der Archäologie und Geowissenschaften vorgestellt.

2 Modellierungsstrategien

Nachfolgend werden drei Modellierungsstrategien vorgestellt, welche in Wikidata, Linked Open Data (LOD) mit Hilfe der Web Ontology Language (OWL) und mit Wikibase modelliert sind. Die grundsätzliche Idee ist die folgenden Elemente maschinenlesbar abzubilden:

- Woher stammt die Geoinformation?
- Wie wurde die Koordinate ermittelt / erstellt?
- Worin besteht der Unsicherheits-Faktor?
- Können Referenzen im Semantik Web genutzt werden?
 - Wenn ja, wie können die semantic alignments ausgedrückt werden?

2.1 Wikidata (am Beispiel irischer Ogham Steine)

Die geografische Lage von Fundorten und archäologischen Artefakten können in Wikidata mit Koordinaten beschrieben werden (P625ⁱⁱ). Diese Koordinaten enthalten Unsicherheits- und Referenzinformationen, die mit Hilfe von Wikidata-Qualifizierern und Referenzen modelliert werden können. Im Fall von Ogham-Steinen, die bei vor-Ort-Erhebungen inspiziert wurden[13], kann dies wie folgt geschehen (vgl. [14], S. 2-3):

- qualifier: sourcing circumstances (P1180), stated in (P248), location (P276), determination method (P459), subject has role (P2868)
- reference: OpenStreetMap node ID (P11693)

Fundorte / Artefakte, die nur in der Literatur / Online-Datenbanken erreichbar sind, erhalten folgende Modellierung:

- qualifier: stated in (P248), object has role (P3831), determination method (P459), subject has role (P2868)
- reference: reference URL (P854)

2.2 Linked Open Data mit der Web Ontology Language (OWL)

Die Fuzzy Spatial Locations Ontology[15] (fsl) basiert auf PROV-O, SKOS und GeoSPARQL (vgl.[14], S. 3-5). Sie folgt dem PROV-O Konzept von Entität, Aktivität und Agent. Im Fall dieser Ontologie haben Sites (Entitäten) eine Geometrie und wurden mit einer Methode (Aktivität) von einer Person (Agent) erstellt (Abb. 1, links). Site und Geometrie enthalten zwei Eigenschaften zur Beschreibung der Fuzzyness: fsl:certaintyDesc und fsl:certaintyLevel; Sites erhalten zusätzlich Eigenschaften zur Beschreibung von Referenzen, z. B. für Bücher, fsl:hasReference oder auf Online-Ressourcen, z. B. über exactMatch-Eigenschaften aus dem SKOS-Vokabular. Die Methode kann über Quellen (fsl:hasSource, fsl:hasSourceType), Referenzen (fsl:hasReference), Methodenbeschreibungen (fsl:activityDesc) und Unsicherheitsinformationen (fsl:certaintyLevel, fsl:certaintyDesc) beschrieben werden. Die resultierenden LOD als RDF können mit dem SPARQL Unicorn Ontology Documentation Research Tool[16] in menschenlesbare HTML-Dateien umgewandelt werden.

In nomisma.org können z.B. fuzzy locations von Münzstätten mit der Nomisma Ontology[16] beschrieben werden. Abb. 1 (rechts-oben) zeigt die Modellierung über einen leeren Knoten (grün) für eine `certain` mint mit nmo:hasMint und für eine `uncertain` mint über

un:hasUncertainty / nm:uncertain_value. Im Vergleich dazu zeigt Abb. 1 (rechts-unten) eine quantitative Beschreibung der Unsicherheit mit Hilfe der Properties edtf:UncertainStatement und amt:weight. Letzte basiert auf dem Academic Meta Tool[8] (AMT) und dessen Ontologie.

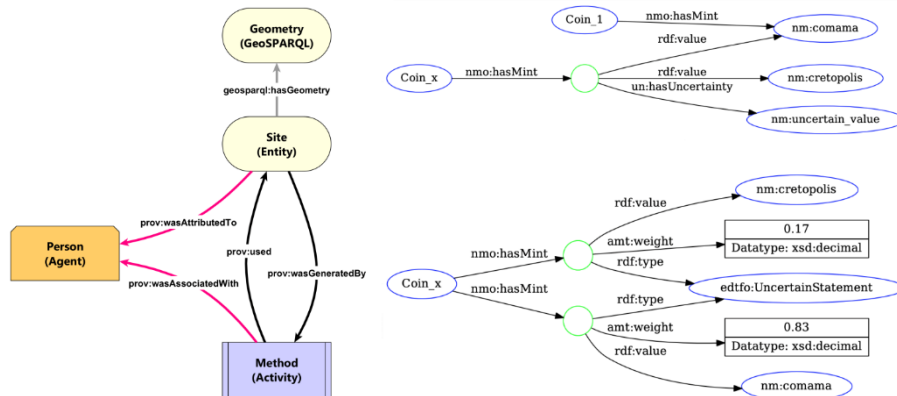


Abb. 1. links: Linked Open Data Modellierung mit Hilfe der Fuzzy Spatial Locations Ontology, basierend auf der Idee von PROV-O. Florian Thiery, CC BY 4.0; rechts: Modellierung von hasMint im NOMIS-MA Cookbook. Zeena / nomisma.org, CC BY 4.0.

2.3 Wikibase

Die Wikibase-Modellierung (vgl.[14], S. 5-6) ist mit dem Wikidata-Modellierungsansatz verwandt. Hier hat ein Standort auch eine Breiten-/Längenkoordinate, die mit einem Qualifier versehen ist, um ihn weiter mit den folgenden Attributen zu beschreiben: has certainty level, certainty description, method used, acting person, has source, has source subtype, method description.

3 Use Cases

Im Folgenden werden vier Use Cases beschrieben, die exemplarisch Modellierungen in Wikidata, mit Linked Open Data, Wikibase oder mit bewussten Verschleierungen aufzeigen.

3.1 Irische Ogham Steine via Wikidata

Ogham-Steine sind Monolithe, die Inschriften der frühmittelalterlichen gälischen „primitive Irish“ Ogham-Schrift [17,18] tragen, die vor allem auf der Insel Irland und im westlichen Teil Großbritanniens zwischen dem 4. und 9 Jhd. n. Chr. errichtet wurden. Die meisten Steine befinden sich nicht mehr an ihrem ursprünglichen Standort, was für die kartografische Erfassung wichtig ist und die Bestimmung ihrer ursprünglichen Funktion erschwert[17]. Ogham-Steinfunde werden in verschiedenen analogen Katalogen wie Büchern (z. B. [17–19]), Online-Datenbanken (z. B. das CISP-Projektⁱⁱⁱ, oder der TITUS-Katalog^{iv}) oder Online-Repositories (z. B. Ogham in 3D^v) behandelt. Diese Quellen liefern Informationen in unterschiedlicher Granularität: Townlands, Beschreibungen und Koordinaten in WGS84/GPS oder irischen GRID-Referenzen. Zudem werden ganze Biographien von Geo-Locations dort erfasst.

Ein Beispiel hierfür ist CIIC 81, der im Stone Corridor des University College Cork (UCC) ausgestellt ist und auch mit OpenStreetMap modelliert wurde, vgl. OSM Node 11071361392. Der Eintrag zum Ogham Stein CIIC 81 im Thesaurus Indogermanischer Text- und Sprachmaterialien (TITUS) von Prof. Jost Gippert zeigt[20]:

"According to Brash [...] the stone was found in a structure called Rath Lisheenagreine, in the townland of Gurranes [...] Macalister states in CIIC that it "has been known since the sixties" and "appears to have come from a souterrain in the group" of "earth-works" on the townland of Gurranes. [...] The stone was moved to the Museum of the U.C., Cork after Macalister first visited it (at that time it was still "standing loosely in one of the ditches": CIIC 1, 84). In the collection of the U.C., it is assigned no. 17."

Im Detail kann man die Space-Time Objektbiographie des CIIC 81 nachverfolgen:

Brash (1869, S. 260) [21] schreibt: *"The next Ogham inscribed stone [CIIC 81] I have to notice was found at Gurranes, county of Cork. This monument was found in a Rath called Lsiheenagreine, on the townland of Gurranes, and parish of Templemartin, county of Cork, and one quarter of a mile north of the parish church."*

Ó Ríordáin (1931, S.67) [22] führt weiterhin aus: *"This lios [Lisheennagreine, the little fort of the sun] has been levelled but the sign of its position may be seen in the field (in Kelly's farm). In this lios was discovered the large Ogham stone now in University College, Cork. The stone was discovered by a farmer while eating potatoes on the site of the lios [...] and was then placed in a neighbouring fence [...] and] removed to University College."*

Dieser Hof wird zudem in Plänen von Ó Ríordáin & Ryan (1941/42, S.78 ff.) [23] gezeigt, welche auch heute noch eine Georeferenzierung (auch mit Hilfe von OpenStreetMap) ermöglichen, vgl. Abb. 2.



Abb. 2: links: Plan zur Lage des (A) Lisnacaheragh Ringfort und (H) Lisheennagreine aus [23], S. 80; mitte: heutige OSM-Karte mit dem OSM Way 562702954 (vgl. A) und der möglichen Position von H, georeferenziert aufgrund des Wegenetzes; rechts: Beschreibung von OSM Way 562702954, Ogham Stone CIIC 81 im UCC Stone Corridor, sowie die mögliche Fundortkoordinate.

Ergebnisse der Georeferenzierung (und Rekonstruktion) der Fundortkoordinaten und des heutigen Standorts können so in Wikidata (Q106680733) modelliert werden. Der Fundort kann als 51°48'59.58"N, 8°45'57.13"W unter Angabe der Literatur angegeben werden, der heute Ausstellungsort als 51°53'37.7254"N, 8°29'31.6313"W mit der Angabe eines on-site surveys und OSM node ID 11071361392.

3.2 Linked Open Data

Vor etwa 40.000 yr b2k^{vi} fand die größte Eruption des Campanian Ignimbrite (CI) in den Phlegräischen Feldern statt[24,25]. Nachweise des Ascheregens dieses spätpleistozänen vulkanischen Ereignisses, das aus der Region Kampanien (Italien) stammt, können in ganz Mitteleuropa gefunden werden[26–28]. Nach dem Ausbruch bedeckten massive Glasablage-

rungen große Teile des osteuropäischen Kontinents; vulkanisches Material des CI findet sich häufig in isolierten Wasserscheiden und Tälern. Diese Fundorte sind in mehreren Publikationen festgehalten, z.B. durch genaue Koordinaten oder Verweise auf Städte, Regionen, Höhlen und archäologische Stätten. Beispiele für sichere Zuweisungen (zumindest repräsentative Punkte) von Fundorten mit Hilfe der Literatur (zu finden in LOD-Daten) und OpenStreetMap zur Modellierung in LOD (prefix <http://fuzzy-sl.squirrel.link/data/>) sind, z.B.:

- der (zurzeit sehr aktive) Supervulkan Campi Flegrei (cbsite_22) mit OSM node 4948370721 (natural=vulcano)
- die Pozzuoli Bucht (bei Neapel) (cbsite_24) mit OSM relation 8222525 (natural=bay)
- die Crvena Stijena Höhle in Montenegro (cbsite_51) mit OSM node 10879170567 (historic=archaeological_site)
- die Franchthi Höhle in Griechenland (cbsite_45) mit OSM node 1221172611 (historic=archaeological_site)
- die Franchthi Grotte in Italien (cbsite_5) mit OSM node 337519639 (natural=cave_entrance)
- die italienische Gemeinde Villa di Briano (bei Neapel) (cbsite_39) mit OSM relation 40999 (boundary=administrative)
- die Insel Susak in Griechenland (cbsite_48) mit OSM relation 9854999 (place=island)
- der Lago Grande di Monticchio (Rionero in Vulture, Italien) (cbsite_13) mit OSM way 23603347 (natural=water)
- der Lake Ohrid, in der Mitte befindet sich die Grenze zwischen Albanien und Nordmazedonien, (cbsite_41 und cbsite_49) mit OSM relation 2905270 (natural=water)

Etwas schwieriger gestaltet sich die Georeferenzierung des Fundorts Urluia (URL) in Rumänien[29,30] (cbsite_52). Die Literatur gibt hier folgende Anhaltspunkte:

Fitzsimmons & Hambach (2014), p.76 [31] schreiben: *"In this paper we investigate [...] the site of Urluia Quarry on the Dobrogea loess plateau [...], some 15 km south of the Danube River. The site immediately overlies the Quaternary-uplifted Cretaceous-Tertiary-age limestone basement rocks (Munteanu et al., 2008), which were the target of earlier quarrying activities."*

Pötter et al. (2021), p.5 [32] ergänzen: *"The Urluia (URL) LPS is located in an abandoned limestone quarry on the limestone plateau of the Dobrogea (Fitzsimmons et al., 2013; Fitzsimmons and Hambach, 2014; Obrecht et al., 2017)."*

Aus beiden Informationen lässt sich näherungsweise die Fundortkoordinate POINT(27.9021 44.0947) bestimmen. Informationen aus OpenStreetMap helfen hierbei (Abb. 3).

Modellierung von Fuzzyness / Wobbliness in Geodaten - Am Beispiel archäologischer und geowissenschaftlicher Fundortreferenzen

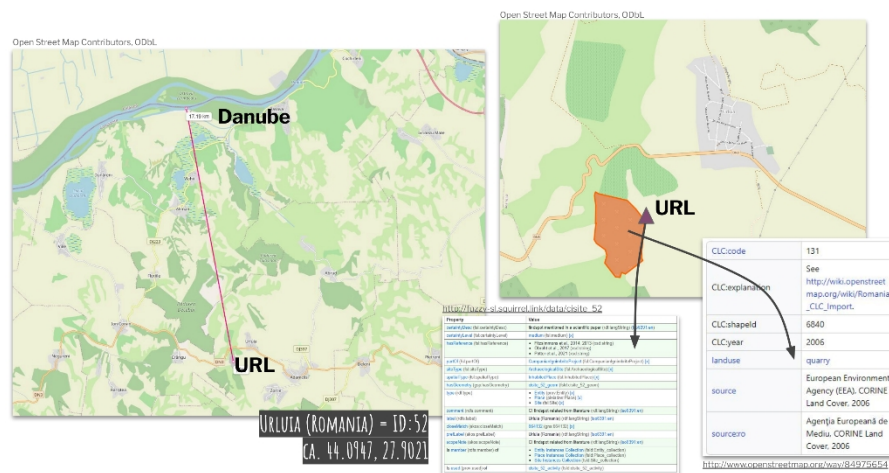


Abb. 3: links: Luftlinienmessung zwischen dem möglichen Fundort (URL) und der Donau. Nach der Literatur sind dies ca. 15 km, hier 17,19 km; rechts: Karte mit Darstellung des Tagebaus (OSM way 84975654) und der möglichen URL Koordinate POINT(27.9021 44.0947) als ciste 52.

Ein anderes Beispiel sind Münzstätten (Mints). Die Münzstätte einer Münze ist nicht immer eindeutig. Zudem sind oft deren auch die Namen und Georeferenzen unbekannt. Wenn man jedoch Münzen einheitlich einer solchen Münzstätte zuordnen möchte, wird dies z.B. in nomisma.org durch sogenannte "uncertain mints" implementiert. Man weiß also nicht, wo die Mints tatsächlich waren und ob diese nicht vielleicht auch eine andere benannte Mint sein könnten. Nomisma listet bei der Suche nach "uncertain" für Münzstätten immerhin 232 Treffer auf, z.B. Uncertain Mint 129 (http://nomisma.org/id/uncertain_129_sco). In der RDF-Modellierung zu dieser wird die Unsicherheit jedoch noch nicht mit modelliert. Daher wurden in zwei Masterarbeiten[33,34] acht Möglichkeiten untersucht, wie Unsicherheiten in RDF modelliert werden können. Zwei Möglichkeiten sind in Abb. 1 zu sehen.

3.3 Wikibase

Die zurzeit laufende und noch nicht veröffentlichte Dissertation von S. Baars beschäftigt sich mit der Silbermünzprägung von Kroton, einer achäischen Kolonie in Süditalien, vom 6. bis 3. Jh. v. Chr. Dabei kommen verschiedene numismatische Methoden zum Einsatz, darunter auch die der Hortfundanalyse. Sämtliche Fundorte der untersuchten Horte sind nicht exakt georeferenziert (z. B. anhand der Dokumentation von Grabungsberichten). Die ermittelten Fundorte sind aus der Literatur abgeleitet und weisen unterschiedliche Präzisionsgrade hinsichtlich der geografischen Lage auf. Eine recht genaue Angabe bietet z. B. der Hortfund von "Tarent 1938" (IGCH 1902) in der "via Oberdan" in Tarent. Hinweise auf eine Verortung des Fundes im modernen und/oder antiken Stadtkernen liefern z. B. "Paestum 1937" (IGCH 1925) oder "Strongoli 1955" (IGCH 1885; in der Gegend der antiken Stadt Petelia). Teils sind lediglich Hinweise auf größere Regionen vorhanden, z. B. wurden Hortfunde im Jahr 1864 in "Kalabrien" (IGCH 1873) oder 1964 in "Süditalien" (IGCH 1894) gefunden oder stammen von der "Ionischen Küste" (IGCH 1916). Nachfolgend werden vier Beispiele gezeigt, deren Abbildung in einer Wikibase-Instanz in der wikibase.cloud folgt: <https://fuzzy-sl.wikibase.cloud>.

Der Fund Nr. 3001 `San Giorgio Ionico 1949, San Giorgio Ionico (bei Tarent), auf dem Grundbesitz von E. De Finis` stellt die Frage: Wo befand sich der Grundbesitz des E. De Finis? Mit Hilfe von F. G. Lo Porto (1990), A. Siciliano (2001) sowie OSM Node 68530185 lässt sich die Koordinate POINT(17.3787 40.4579) ermitteln. In Wikibase (<https://fuzzy-sl.wikiba->

[se.cloud/entity/Q13](https://fuzzy-sl.wikibase.cloud/entity/Q13)) können diese Informationen wie nachfolgend gezeigt abgebildet werden:

- related to (P10) <http://wikidata.org/entity/Q52035> und <http://openstreetmap.org/node/68530185> mit related to type (qP12) fsl:spatialCloseMatch
- has reference (P11) F. G. Lo Porto (1990) und A. Siciliano (2001)
- has coordinate (P4) 40°27'28.4"N, 17°22'43.3"E, mit certainty level (qP5) Medium, certainty description (qP13) s.o., method used (qP7) Georeferencing, acting Person (qP14) S. Baars und method description (qP15) `set a point based on F. G. Lo Porto (1990) and A. Siciliano (2001) using OSM Node 68530185`

Zum Fund Nr. 3002 `Crotone, loc. Via Paternostro 1974, Crotone, in der località "Via Paternostro" beim Palazzo Messinetti` gibt es diese relativ genaue Information, die mit Hilfe von P. Attianese (1980) und OSM Node 1257748539 auf POINT(17.1266 39.0800) abgebildet werden kann. In Wikibase (<https://fuzzy-sl.wikibase.cloud/entity/Q46>) können diese Informationen wie nachfolgend gezeigt abgebildet werden:

- related to (P10) <http://wikidata.org/entity/Q6681> und <http://openopenstreetmap.org/node/1257748539> mit related to type (qP12) fsl:spatialCloseMatch
- has reference (P11) P. Attianese (1980)
- has coordinate (P4) 39°4'48.072"N, 17°7'35.796"E, mit certainty level (qP5) High, certainty description (qP13) s.o., method used (qP7) Georeferencing, acting Person (qP14) S. Baars und method description (qP15) `set a point based on P. Attianese (1980) using OSM Node 1257748539`

Der Fund Nr. 3003 `Fiume Esaro 1967 (gennaio), am Fiume Esaro` ist herausfordernd, denn es gibt lediglich die Information, dass der Hortfund am Fluss Esaro gefunden wurde, ohne genaue Angabe, wo am Flusslauf. In der Literatur gibt es die Information, dass er "in Crotone" gefunden wurde, womit eher die Stadt als die Provinz gemeint sein dürfte, da es ansonsten anders formuliert worden wäre. Der städtische Bereich des Flusslaufes endet kurz hinter der "Strada Statale 106 Jonica". Am wahrscheinlichsten ist der Fundort am Flusslauf zwischen dem Abschnitt kurz vor der Autobahn und der Flussmündung im Meer. Da der Fund 1967 getätigt wurde, entspricht der damalige Flussverlauf vermutlich ziemlich genau dem heutigen. Sowohl Letzteres als auch der mutmaßliche Fundabschnitt sind jedoch Vermutungen. Mit Hilfe von P. Attianese (1980), E. A. Arslan (2014) und OSM Way 137318585 kann der POINT(17.1123 39.0855) ermittelt werden. In Wikibase (<https://fuzzy-sl.wikibase.cloud/entity/Q67>) können diese Informationen wie nachfolgend gezeigt abgebildet werden:

- related to (P10) <http://wikidata.org/entity/Q6681> und <http://openopenstreetmap.org/way/137318585> mit related to type (qP12) fsl:dubiousMatch
- has reference (P11) P. Attianese (1980) und E. A. Arslan (2014)
- has coordinate (P4) 39°5'7.800"N, 17°6'44.280"E, mit certainty level (qP5) Low, certainty description (qP13) s.o., method used (qP7) Georeferencing, acting Person (qP14) S. Baars und method description (qP15) `set a point based on P. Attianese (1980) and E. A. Arslan (2014) using OSM Way 137318585`

Fund Nr. 3004 `Curinga 1916 (IGCH 1881 / Noe 285), an der Bahnstrecke von Curinga (Provinz Catanzaro), zwischen den Flüssen Angitola und Turrina` wurde über IGCH (<http://coinboards.org/id/igch1881>) über GeoNames georeferenziert. Bei GeoNames wurden die Koor-

dinaten ungefähr vom Zentrum von Curinga gewählt. Der Fund wurde jedoch bei Trockenlegungsarbeiten zum Bau der Bahnstrecke zwischen den Flüssen Angitola und Turrina gehoben. Beide Flüsse liegen deutlich weiter südlich, außerhalb der Stadt. Der Turrina verläuft unmittelbar südlich von Curinga, der Angitola evtl. ca. 15 km weiter südlich; die Bahnstrecke verläuft allerdings westlich an der Küste entlang. Der Fundort könnte sich in einem undefinierten Areal südwestlich von Curinga befinden. Mit Hilfe von P. Orsi (1919) und IGCH 1881 (verweist auf GeoNames ID 2524872) kann der Fundort als POINT(16.3134 38.8281) ermittelt werden. In Wikibase (<https://fuzzy-sl.wikibase.cloud/entity/Q68>) können diese Informationen wie nachfolgend gezeigt abgebildet werden:

- related to (P10) <http://wikidata.org/entity/Q53514>, <http://coinhoards.org/id/igch1881> und <http://openstreetmap.org/relation/39724> mit related to type (qP12) fsl: spatialCloseMatch
- has reference (P11) P. Orsi (1919)
- has coordinate (P4) 38°49'41.196"N, 16°18'48.384"E, mit certainty level (qP5) Medium, certainty description (qP13) s.o., method used (qP7) Georeferencing, acting Person (qP14) S. Baars und method description (qP15) `set a point based on P. Orsi (1919), IGCH 1881, wich uses GeoNames ID 2524872 (Curinga)`

3.4 „Verschleierung“ und Nutzung von Gazetteers

Insbesondere in Münzfund-Datenbanken wie z.B. Antike Fundmünzen in Europa^{vii} (AFE) werden Fund-Koordinaten hinterlegt. Zu diesem Fundort kann angegeben werden, ob die Koordinaten präzise sind oder auch nicht. Ein Fundort kann hier z.B. ein Gräberfeld, eine Grabungsstelle oder ein Einzelfund eines Sondengängers sein. Alle Fundmünzen mit individuellen Details wie bei einer Grabung einzugeben ist weder umsetzbar noch zielführend, da die Eingabe zu viel Zeit und die Oberfläche zu unübersichtlich werden würde. Um die Fundorte vor privaten Sondengängern zu schützen, werden Fund-Koordinaten jedoch durch AFE nur auf einer höheren Ebene (Place) veröffentlicht. Dies folgt dem Pleiades-Datenmodell^{viii}: „Pleiades places are the primary organizational construct of the gazetteer. They are conceptual entities: the term "place" applies to any locus of human attention, material or intellectual, in a real-world geographic context. [...] Locations in Pleiades connect places to coordinates in space. A location identifies a specific area of interest on the earth's surface that is associated with a place during a particular date range.“^{ix} Bei der Verknüpfung mit Places werden Georessourcen möglichst mit einem Ortsverzeichnis, z.B.: iDAI.gazetteer^x oder GeoNames, verbunden. Beispiele aus den AFE-Datenbanken:

- Probus (277 n. Chr.): <http://afe.dainst.org/detailedresult?l=de&link=16491>; gefunden in Schkölen (Saale-Holzland-Kreis), verlinkt auf GeoNames ID 6551032.
- AFE4HD ID 3233: https://pecunia2.zaw.uni-heidelberg.de/AFE_HD/show_coin?coin_id=3233; gefunden in Rehhütte / Limburgerhof, könnte verlinkt werden zu Wiki-data Q124330601.
- AFE4HD ID 3874: https://pecunia2.zaw.uni-heidelberg.de/AFE_HD/show_coin?coin_id=3874; gefunden in Webergasse 10a / Speyer, könnte verlinkt werden zu OSM way 310279884.

Dies kann jedoch zu Problemen führen, wenn Fundmünzen in verschiedenen Systemen eingetragen sind. Da aber das Vorgehen zum Verschleiern der Fund-Koordinaten über die Systeme nicht vereinheitlicht wurde, können diese nur bedingt genutzt werden, um Duplikate zu identifizieren. Werden diese Duplikate nicht erkannt, kann dies zu fehlerhaften Auswertungen von Daten aus verschiedenen Quellen führen.

Dieses beschriebene Vorgehen nutzt z.B. auch die Terra-Sigillata-Datenbank „Samian Research“^{xii}. Hier werden sites (places) zu GeoNames IDs oder Pleiades Places verlinkt und die Koordinaten der Findspots (locations), denen der sites zugewiesen^{xii}:

- Samian ID: 161281; Site: London (Londinium); Findspot: No. 1 Poultry; Pleiades ID: 79574; WGS84: 51.512790 -0.091840
- Samian ID: 93038; Site: London (Londinium); Findspot: Tower; Pleiades ID: 79574; WGS84: 51.512790 -0.091840
- Samian ID: 14320; Site: Colchester (Camulodunum); Findspot: Culver Street; Pleiades ID: 79393; WGS84: 51.883338 0.899999
- Samian ID: 122504; Site: Chesterholm-Vindolanda; Findspot: vicus; Pleiades ID: 89313; WGS84: 54.991588 -2.359504

In Bezug auf Landesdenkmalämter (hier: GDKE RLP) kommt es darauf an, welchen Schutzstatus die Stelle hat. Formal unter Schutz gestellte Kulturdenkmale bzw. Grabungsschutzgebiete müssen als Fläche laut Gesetz veröffentlicht werden (z.B. als WMS im Geoportal RLP), so dass eine Überplanung verhindert wird. Verdachtsflächen bzw. Fundstellen sind (noch) nicht unter Schutz gestellt, so dass die genaue Lage nicht veröffentlicht werden darf. Sollten

diese bei Planverfahren eingebracht werden, erhalten sie einen „geometrischen Buffer“, so dass diese für die Baumaßnahmen lokal unter strengen Auflagen genutzt werden können.

4 Diskussion

Die in Kapitel 2 vorgestellte Methodik zur Modellierung von Unsicherheiten im Semantic Web ist nur als eine Auswahl zu sehen. Das W3C veröffentlichte bereits 2005 eine UncertaintyOntology^{xiii}. Eine weitere Möglichkeit ist die Modellierung mit dem Academic Meta Tool [5,8] (AMT), das statistische Modelle berücksichtigt und den Kanten einen „degree of connection“ weight gibt, z.B. in *topi.link*^{xiv}. Um die Nutzer*Innenfreundlichkeit zu erhöhen und diverse Nutzer*Innengruppen anzusprechen (z.B. Wissenschaftler*innen, Geoinformatiker*Innen, Volunteers, ...) ist eine geeignete Visualisierung zu finden. Dazu muss jedoch zunächst eine Unsicherheit definiert werden (Abb. 4). Je nach Aussage – numerisch, nicht-numerisch, Bereiche, Oder-Verknüpfungen – muss hier eine Andere Möglichkeit zur Visualisierung gefunden werden.

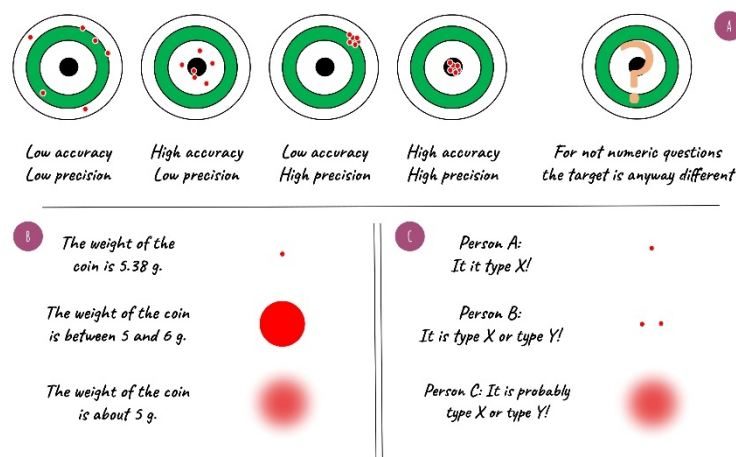


Abb. 4: (A) Accuracy vs. Precision; (B) Visualisierung numerischer Unterschiede; (C) Visualisierung von unsicheren Oder-Beziehungen; Florian Thiery / Karsten Tolle, CC BY 4.0.



Abb. 5: links: Visualisierung von Fundorten zu Münzen aus Kroton von coinhoards.org, externen Ressourcen und Literatureinträgen; Florian Thiery / Stefanie Baars, CC BY 4.0.

Überführt man die Ideen aus Abb. 4 in eine Kartendarstellung könnte man Fundorte von Münzen aus Kroton wie in Abb. 5 modellieren. Hier werden diskrete Punkte mit Bounding Boxes und Polygonen gemischt. Hierbei entsprechen z.B. die Bounding Boxes (z.B. 1004) den „blurry dots“ aus Abb. 4; dickere diskrete Punkte (z.B. 3001) zeigen ebenfalls eine Unsicherheit in der Geoposition an.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die in Kapitel drei beschriebenen Use Cases zeigen, wie die Modellierungsstrategien zu Fuzzyness und Wobbliness zu Geodaten in der Praxis umgesetzt werden können. Dabei wird vor allem die maschinenlesbare Darstellung des Georeferenzierungsprozesses in den Vordergrund gestellt, sowie die Verlinkung zu Ressourcen im Semantic Web. Diese Strategien (Wikidata, Ontologie und Wikibase) tragen zur FAIRifizierung von Daten bei und bilden die Grundlage für weitere Verfeinerungen. Zukünftig werden weitere Use Cases, insbesondere von archäologischen Fundstätten in die Ontologie einfließen.

6 Danksagung

Die Autoren möchten dem gesamten Research Squirrel Engineers Netzwerk für die Mitarbeit danken. Insbesondere seien hier Sophie C. Schmidt und Martina Trognitz erwähnt. Auch der fachliche Input aus der CAA und NFDI-Community (insbesondere NFDI4Objects) ist unerlässlich.

Kontakt zum Korrespondenz-Autor

Florian Thiery M.Sc.
Research Squirrel Engineers Network
Mainz, Deutschland
mail@fthiery.de

Literatur und Quellen

1. Wilkinson, M.D.; Dumontier, M.; Aalbersberg, I.J.; Appleton, G.; Axton, M.; Baak, A.; Blomberg, N.; Boiten, J.-W.; da Silva Santos, L.B.; Bourne, P.E.; et al. The FAIR Guiding Principles for Scientific Data Management and Stewardship. *Scientific Data* **2016**, 3, 160018.
2. Thiery, F.; Mees, A.W.; Tolle, K.; Wigg-Wolf, D.G. How to Handle Vagueness and Uncertainty in Graph-Based LOD Knowledge Modelling? Dealing with Archaeological Numismatic and Ceramological Real World Data. *Squirrel Papers* **2022**, 4(1), #2, doi:10.5281/zenodo.7184523.
3. Schmidt, S.C.; Thiery, F. SPARQLing Ogham Stones: New Options for Analyzing Analog Editions by Digitization in Wikidata. *CEUR Workshop Proceedings* **2022**, 3110, 211–244, doi:10.5281/zenodo.6380914.
4. Unold, M.; Bruhn, K.-C. Zusammenführung von Unsicherheitsbehafteten Archäologischen Und Philologischen Fachdatenbeständen Mittels Graphdatenbanken Available online: <https://t1p.de/81w15> (accessed on 18 December 2023).
5. Thiery, F.; Mees, A. Taming Ambiguity - Dealing with Doubts in Archaeological Datasets Using LOD. *CAA 2018: Human History and Digital Future* **2023**, doi:10.15496/PUBLIKATION-87762.
6. Thiery, F.; Mees, A.; Tolle, K.; Wigg-Wolf, D. TRAIL 2.2: Evaluation of Fuzziness and Wobbliness in Numismatics and Ceramology. **2021**, doi:10.5281/zenodo.5654897.
7. Thiery, F.; Mees, A.; Arera-Rütenik, T. TRAIL 4.2: Implementing Mapping Processes for Vocabularies Related to Site and Object Protection. **2021**, doi:10.5281/zenodo.5849841.
8. Unold, M.; Thiery, F.; Mees, A. Academic Meta Tool. Ein Web-Tool Zur Modellierung von Vagheit. *ZfdG - Zeitschrift für digitale Geisteswissenschaften* **2019**, *Die Modellierung des Zweifels – Schlüsselideen und-konzepte zur graphbasierten Modellierung von Unsicherheiten.*, doi:10.17175/SB004_004.
9. Dubois, D.; Prade, H. Possibility Theory, Probability Theory and Multiple-Valued Logics: A Clarification. *Annals of mathematics and Artificial Intelligence* **2001**, 32, 35–66.
10. Thiery, F. Topi.Link - A Graph-Based Topologyfor Vague Geographical Relations. **2019**, doi:10.5281/zenodo.3252392.
11. Berners-Lee, T. Linked Data - Design Issues Available online: <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html> (accessed on 18 December 2023).
12. Schmidt, S.C.; Thiery, F.; Trognitz, M. Practices of Linked Open Data in Archaeology and Their Realisation in Wikidata. *Digital* **2022**, 2, 333–364, doi:10.3390/digital2030019.
13. Thiery, F.; Anne-Karoline Distel; Schmidt, S.C.; Thiery, P. Irische ~~##++~~ Steine in OSM und Wikidata. *Squirrel Papers* **2023**, 5(1), #3, doi:10.5281/zenodo.7870480.
14. Thiery, F. Dealing with Doubts: Modelling Approaches in Site Georeferencing. *Squirrel Papers* **2023**, 5(1), #7, doi:10.5281/zenodo.10403509.
15. Thiery, F. Fuzzy Spatial Locations Ontology. *Squirrel Papers* **2023**, 5(2), #3, doi:10.5281/zenodo.10362777.
16. Homburg, T.; Thiery, F. SPARQL Unicorn Ontology Documentation. *Squirrel Papers* **2023**, 5(2), #5, doi:10.5281/ZENODO.8190763.

17. Macalister, R.A.S. *Corpus Inscriptionum Insularum Celticarum*; Stationery Office: Dublin, 1945;
18. MacManus, D. *A Guide to Ogam*; Maynooth monographs; An Sagart: Maynooth, 1997; ISBN 978-1-870684-75-0.
19. Ziegler, S. *Die Sprache Der Altirischen Ogam-Inschriften*; Vandenhoeck and Ruprecht: Göttingen, 1994;
20. Gippert, J. CIIC No. 081 Available online: <https://titus.fkidg1.uni-frankfurt.de/database/ogam/ogquery.asp?ciic1=081> (accessed on 19 December 2023).
21. Brash, R.R. On Two Ogham Inscribed Stones from the County of Cork. *The Journal of the Historical and Archaeological Association of Ireland* **1869**, 1, 254–264.
22. Ó Ríordáin, S.P. The Place Names and Antiquities of Kinalmeaky Barony, Co. Cork. *Journal of the Cork Historical and Archaeological Society* **1931**, 36(144), 57–68.
23. Ríordáin, S.P.Ó.; Ryan, J. The Excavation of a Large Earthen Ring-Fort at Garranes, Co. Cork. *Proceedings of the Royal Irish Academy. Section C: Archaeology, Celtic Studies, History, Linguistics, Literature* **1941**, 47, 77–150.
24. De Vivo, B.; Rolandi, G.; Gans, P.B.; Calvert, A.; Bohrson, W.A.; Spera, F.J.; Belkin, H.E. New Constraints on the Pyroclastic Eruptive History of the Campanian Volcanic Plain (Italy). *Mineralogy and Petrology* **2001**, 73, 47–65, doi:10.1007/s007100170010.
25. Barberi, F.; Innocenti, F.; Lirer, L.; Munno, R.; Pescatore, T.; Santacroce, R. The Campanian Ignimbrite: A Major Prehistoric Eruption in the Neapolitan Area (Italy). *Bull Volcanol* **1978**, 41.
26. Thiery, F.; Schenk, F. Campanian Ignimbrite Geo Locations. *Squirrel Papers* **2023**, 5(2), #2, doi:10.5281/zenodo.10361309.
27. Thiery, F.; Schenk, F. CI Site Instances Collection. *Squirrel Papers* **2023**, *Research Squirrel Engineers*, via @campanian-ignimbrite-geo, https://research-squirrel-engineers.github.io/campanian-ignimbrite-geo/Site_collection/index.html.
28. Thiery, F.; Schenk, F. Modelling of Uncertainty in Geo Sciences Sites. *Squirrel Papers* **2023**, 5(1), #4, doi:10.5281/zenodo.10255259.
29. Thiery, F.; Schenk, F. How to Locate the Campanian Ignimbrite Site Urluia Based on Literature? How to Provide and Publish This Data in a FAIR Way? *Squirrel Papers* **2023**, 5(1), #5, doi:10.5281/zenodo.10262720.
30. Thiery, F.; Schenk, F. CI Site 52: Urluia (Romania). *Squirrel Papers* **2023**, *Research Squirrel Engineers*, via @campanian-ignimbrite-geo, http://fuzzy-sl.squirrel.link/data/cisite_52.
31. Fitzsimmons, K.E.; Hambach, U. Loess Accumulation during the Last Glacial Maximum: Evidence from Urluia, Southeastern Romania. *Quaternary International* **2014**, 334–335, 74–85, doi:10.1016/j.quaint.2013.08.005.
32. Pötter, S.; Veres, D.; Baykal, Y.; Nett, J.J.; Schulte, P.; Hambach, U.; Lehmkuhl, F. Disentangling Sedimentary Pathways for the Pleniglacial Lower Danube Loess Based on Geochemical Signatures. *Front. Earth Sci.* **2021**, 9, 600010, doi:10.3389/feart.2021.600010.

33. Pöpperl, J.L. Modellierung von Unsicherheiten in Daten: Benchmarktests Verschiedener Ansätze. *Master-Thesis (Goethe-Universität Frankfurt am Main)* **2023**, <https://t1p.de/fsk91>.
34. Sabah, R.; Sabah, Z. Modelling Nomisma Ontology and Comparing Solution for Uncertainty. *Master-Thesis (Goethe-Universität Frankfurt am Main)* **2022**, <https://t1p.de/yh6us>.

- ⁱ Linked Open Data: LOD basiert auf dem Modellierungsprinzip des „Triple“ (Subjekt - Prädikat - Objekt). Das LOD/RDF-Datenmodell besteht aus einer simplen Graph-Struktur: Knoten – Kante – Knoten, Subjekt – Prädikat – Objekt. So kann relativ einfach z.B. der Sachverhalt „Hamburg liegt in Deutschland“ als RDF modelliert werden: Hamburg (Subjekt) – liegt in (der Verwaltungseinheit) (Prädikat) – Deutschland (Objekt). Dies kann mit Semantic Web Ressourcen verknüpft werden (hier am Beispiel Wikidata): <http://www.wikidata.org/entity/Q1055> <http://www.wikidata.org/entity/P131> <http://www.wikidata.org/entity/Q183>.
- ⁱⁱ P625: Das RDF-Datenmodell besteht aus einer simplen Graph-Struktur: Knoten – Kante – Knoten, Subjekt – Prädikat – Objekt. Im Wikidata Datenmodell werden Subjekte/Objekte als Entitäten (Entity) und Prädikate als Property bezeichnet. Nähere Informationen können hier eingesehen werden: <https://www.wikidata.org/wiki/Help:Properties>. In einer Kurzform kann die Property mit der ID 625 als P625 bezeichnet werden. Diese löst sich zu <http://www.wikidata.org/prop/direct/P625> auf. So würde P276 (location / Ort) zu <http://www.wikidata.org/prop/direct/P276> auflösen.
- ⁱⁱⁱ CISP-Projekt: <https://www.ucl.ac.uk/archaeology/cisp/database/>
- ^{iv} TITUS-Katalog: <https://titus.uni-frankfurt.de/ogam/>
- ^v Ogham in 3D: <https://ogham.celt.dias.ie/>
- ^{vi} yr b2k: In den Geowissenschaften werden eigene Systeme zur Beschreibung von Jahreszahlen genutzt. So wird z. B. Before Present (BP) genutzt, wobei dies „vor 1950 n. Chr.“ bedeutet. Die Angabe „b2k“ bedeutet „before the year 2000 AD“, hier wird also das Jahr 2000 als Bezugspunkt genutzt. 40.000 yr b2k bedeutet also ca. 40.000 Jahre vor dem Jahr 2000 n.Chr., also ca. 38.000 v. Chr.
- ^{vii} AFE: z.B. via <http://afe.dainst.org/> oder https://pecunia2.zaw.uni-heidelberg.de/AFE_HD/
- ^{viii} vgl. <https://pleiades.stoa.org/help/pleiades-data-model>
- ^{ix} Places: <https://pleiades.stoa.org/help/conceptual-overview>
- ^x iDAI.gazetteer: <https://gazetteer.dainst.org/>
- ^{xi} Samian Research: <https://rgzm.de/samian>
- ^{xii} vgl. <https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.8334767>, Folie 9 ff.
- ^{xiii} Uncertainty Ontology: <https://www.w3.org/2005/Incubator/urw3/wiki/UncertaintyOntology.html>
- ^{xiv} topi.link: <https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.3252392>