NFDI4Objects - TRAIL Management Plan (TMP)

TRAIL	Fuzziness and Wobbliness in Practice: How to FAIRify Cultural Heritage Artefacts?
Laufzeit	01.10.2025.-31.12.2027
Verantwortliche	Florian Thiery, Allard Mees (Lead Task Area: **TA2**; Lead Institution: **LEIZA**)
Stand:	10.10.2025

Deliverables

Status	Titel	Beschreibung
geplant	D1. Weiterentwicklung Academic Meta Tool (AMT)	- Weiter-Entwicklung von AMT in JavaScript und Python - Evaluation zur Prüfung von Integration von AI - Hinzufügen weiterer Reasoning Methoden aus Use-Cases - Referenzimplementierung in Jupyter Notebooks in Zusammenarbeit mit dem CC RSE und einer TWG zu “jupyter4objects” ⇒ *T2.1.3, T2.2.4, T2.3.2*
geplant	D2. Good Practice Modellierung mit Open Source FAIRification Tools	- Modellierung von Vagueness in “Samian Research” (Zugriff Mees / Thiery), “Linked Ogham” (Zugriff Thiery) und “Münzdatenbanken” (Zugriff Börner / Tolle) ⇒ *T2.1.3, T2.2.4, T2.3.2*
Bearbeitung	D3. Develop community standards and data-driven approaches to fuzzy wobbling semantic modelling	- Erarbeitung von Community Standards und Good Practices in einer TWG ⇒ *T2.2.4, T2.3.2, T2.3.3*
Bearbeitung	D4. Scientific outreach and OERs	- Vorträge, Workshops und Erarbeitung von Lehrmaterialien zum Thema fuzziness and wobbliness ⇒ *T2.2.4, T2.3.2, T2.3.3*

Work Plan

Work package	Milestone (mit kurzer Beschreibung)	Status
D1. WP1. AMT Weiterentwicklung	Weiterentwicklung von AMT in JavaScript, Python, Wikibase und Evaluation von AI-Technologien (FT; ØE: N.N.)	geplant
D1. WP2. AMT in “jupyter4objects”	Referenzimplementierung in Jupyter Notebooks in Zusammenarbeit mit dem CC RSE und einer TWG zu “jupyter4objects” (FT; ØE: N.N.)	geplant
D2. WP1. Samian Research	Samian Research AMT und Wikibase-Modellierung (FT,AWM)	geplant
D2. WP2. Linked Ogham	Linked Ogham AMT und Wikibase-Modellierung (FT)	geplant
D2. WP3. Münzdatenbanken	Münzdatenbanken Vagheiten/Unsicherheiten Modellierung mit Hilfe von Open Source FAIRification Tools (KT: N.N mit SB: N.N.)	geplant
D3. WP1. Definition Whitepaper	Whitepaper zur Definition von Unsicherheit, Vagheit, Fuzziness und Wobbliness und Beschreibung von Anwendungsfällen	**in Bearbeitung**
D3. WP2. Evaluation Whitepaper	Whitepaper zur Sammlung von Modellierungs-Use-Cases zu Semantic Web technologies and formalisms	**in Bearbeitung**
D3 WP3. Software Whitepaper	Whitepaper zur Sammlung von Software und Skripten	**in Bearbeitung**
D4. WP1. Wissenschaftliche Vorträge/Paper	Wissenschaftliche Vorträge zum Thema auf Konferenzen und wissenschaftliche Paper	**in Bearbeitung**
D4. WP2. Workshops & Lehrmaterailien	Durchführung von Workshops zum Thema F&W	geplant

	Erzeugung von Lehrmaterialien (OER) zum Thema F&W	
D4. WP3. Abschlussarbeiten	Integration des Themas F&W in die Lehre, z.B. Abschlussarbeiten, etc.	**in Bearbeitung**

Ressourcen und Finanzierung

Jahr	Institution	Finanzierung und Tätigkeitsbeschreibung
2025 / 2026	Uni Heidelberg (Susanne Börner N.N.)	*Nach Planung insgesamt ca. 50'000 EUR (**50%** , TV-L E13)* - Entwicklung von OER und Durchführung von Veranstaltungen (D3) - *Stelle im Antrag vorgesehen*
2026	Uni Köln (Øyvind Eide N.N.)	*Nach Planung insgesamt ca. 14'400 EUR (**100%** stud./wiss. Hilfskraft, 19h)* - Mithilfe bei der Weiterentwicklung des AMT (D1) - *Stelle im Antrag vorgesehen*
2025-2027	LEIZA (Florian Thiery / Allard W. Mees)	*Stellenanteil (**15%**) des 100% RSE in TA2 + Eigenbeteiligung Abt. WissIT* - Mithilfe bei der Weiterentwicklung des AMT (D1) - Modellierung "Samian Research" und "Ogham" (D2) - *Stelle im Antrag vorgesehen*
2025-2026	LEIZA (Florian Thiery / Allard W. Mees)	*Stellenanteil (**15%**) des 100% RSE in TA2 + Eigenbeteiligung Abt. WissIT* - Erarbeitung von Community Standards und Good Practices in einer TWG sowie Vorträge, Workshops und Erarbeitung von Lehrmaterialien zum Thema fuzziness and wobbliness - *Stelle im Antrag vorgesehen*
2026	Uni Frankfurt (Karsten Tolle: N.N)	***100%** Stellenanteil der 25%-Stelle E13 für 1 Jahr* - Erarbeitung von Community Standards und Good Practices in einer TWG sowie Vorträge, Workshops und Erarbeitung von Lehrmaterialien zum Thema fuzziness and wobbliness - *Stelle im Antrag vorgesehen*

Fuzziness and Wobbliness in Practice: How to FAIRify Cultural Heritage Artefacts?

Task Area	TA2
Partnerinstitutionen	**Lead**: Leibniz-Zentrum für Archäologie **Co-Applicants**: Leibniz-Zentrum für Archäologie **Participants**: Institut für Digital Humanities, Uni Köln (Eide); Zentrum für Altertumswissenschaften, Uni Heidelberg (Börner); Frankfurt Big Data Lab, Uni Frankfurt (Tolle); CAA-DE e.V. **External members**: Mainzer Zentrum für Digitalität in den Geistes- und Kulturwissenschaften (mainzed), via Academic Meta Tool
Kontakt	Florian Thiery (LEIZA); Allard Mees (LEIZA)
TRAILs	inhaltlicher Austausch mit 2.5; 2.7; 4.2; Graphanalysen (TA3)

1. Zusammenfassung

- Bitte benennen Sie die konkreten Herausforderungen, für die im Rahmen des TRAILs Lösungen entwickelt werden sollen, und erläutern Sie die hierfür angestrebten Lösungsansätze.
- Bitte nennen Sie kurz zusammengefasst das Ziel des TRAILs.

Der TRAIL *Semantic Fuzziness in Practice: Cultural Heritage Objects as Information Carriers* führt die Arbeiten aus TRAIL 2.2 und 2.6 zusammen und adressiert die zentrale Herausforderung, Unsicherheiten, Vagheit und interpretative Spielräume in Forschungsdaten systematisch und transparent abzubilden. Da Daten in Archäologie und historischen Kulturwissenschaften oft unscharf oder fragmentarisch überliefert sind, fehlt bislang ein methodischer Standard zur semantischen Modellierung solcher Fuzziness und Wobbliness. Der TRAIL entwickelt hierzu Community-Standards, Tools und Good Practices, um Unsicherheiten reproduzierbar und nachhaltig nutzbar zu machen. Kern ist die Weiterentwicklung des FAIRification-Tools Academic Meta Tool (AMT) in Python mit Integration in Jupyter-Notebooks. Das AMT ermöglicht die explizite Modellierung und Analyse von Vagheit mittels Reasoning-Methoden. Ergänzend entstehen praxisnahe Modellierungen mit Open Source Tools auf Basis realer Datensätze (Samian Research, Linked Ogham, Numismatik), dokumentiert in Whitepapers und abgestimmt mit der Fachcommunity. Zudem werden Community-Standards zur Unsicherheitsmodellierung gemeinsam mit anderen NFDI-Konsortien entwickelt und über die NFDI4Objects Commons bereitgestellt. Ziel ist, Unsicherheitsmodellierung als methodisches Querschnittsthema zu etablieren und NFDI4Objects durch Standards, Tools, OERs und Vernetzung mit Basic Services wie Humanities@NFDI und anderen Konsortien zu stärken.

2. Relevanz

- Bitte nennen Sie stichpunktartig, welche(n) Abschnitt(e) des Forschungsdatenzyklus im Rahmen des TRAILs schwerpunktmäßig angesprochen werden.
- Welche Elemente von FAIR werden besonders angesprochen? Inwieweit erfolgt eine Umsetzbarkeit der FAIR-Prinzipien.
- Inwieweit leistet der TRAIL einen für die gesamte NFDI nützlichen Beitrag? Bitte erläutern Sie hierbei inwieweit der TRAIL einen Beitrag zu den Zielen (Goals) Maßnahmen (Measures), Aufgaben (Tasks) und KPIs aus dem DFG-Antrag von NFDI4Objects liefert.
- Erläutern Sie bitte, wie dabei der Prozess und die Inhalte der Zuarbeiten zu Task Area 6 und Task Area 7 gestaltet werden.
- Adressiert der TRAIL einen realen, ggf. nachgewiesenen Bedarf in der Fachcommunity und zeigt eine realistische Wirkungsperspektive? Wenn ja, erläutern Sie bitte.

Der TRAIL *Fuzziness and Wobbliness in Practice: How to FAIRify Cultural Heritage Artefacts? f*ührt die geplanten Arbeiten aus TRAIL 2.2 und 2.6 zusammen in einem neuen TRAIL und adressiert die zentrale Herausforderung, Unsicherheiten, Vagheit und interpretative Spielräume (hidden assumptions) in Forschungsdaten systematisch und transparent abzubilden. Während Forschungsdateninfrastrukturen häufig auf Eindeutigkeit und Standardisierung setzen, sind Daten in der Archäologie und den historischen Kulturwissenschaften oft unscharf, fragmentarisch oder mehrdeutig überliefert. Ziel ist es daher, methodische Standards, Tools und Good Practices zu entwickeln, die es ermöglichen, Fuzziness und Wobbliness in Forschungsdaten semantisch zu modellieren und so reproduzierbar und nachhaltig nachnutzbar zu machen.

Kern des TRAILs ist die Weiterentwicklung des vom mainzed und LEIZA zur Zeit in JavaScript entwickelten FAIRification-Tool *Academic Meta Tool (AMT)* [1,2] nach Python mit einer Integration in Jupyter-Notebooks. Das AMT ist ein interaktives FAIRification-Tool, das Vagheit explizit modellieren und durch Reasoning-Methoden analysierbar machen kann. Ergänzend werden Good-Practice-Modellierungen auf Basis realer Datensätze – u. a. Samian Research, Linked Ogham und numismatische Datenbanken – erarbeitet, die in Whitepapers dokumentiert und in einer Task-Force mit der Fachcommunity abgestimmt werden. Zudem werden Community Standards zur semantischen Modellierung von Unsicherheiten und Vagheit in Zusammenarbeit mit anderen NFDI-Konsortien entwickelt und Daten über den NFDI4Objects Knowledge Graph interoperabel zur Verfügung gestellt. Begleitend werden die Entwicklung von Open Educational Resources (OER), Workshops und Abschlussarbeiten zum Thema avisiert, um die gewonnenen Erkenntnisse direkt in Forschung, Lehre und Fachcommunity zu übertragen. Damit trägt der TRAIL substantiell zu allen vier strategischen Säulen von NFDI4Objects bei: durch die

Erarbeitung von Standards und Richtlinien für die Modellierung von fuzzy/wobbly Daten (Säule 1), durch die Entwicklung eines FAIRification-Tools und wiederverwendbarer Workflows nach Antragskategorie S2.3 (Säule 2), durch die Befähigung der Community über OER, Lehrintegration und Workshops (Säule 3), sowie durch die Vernetzung mit internationalen Partnern, Jupyter4NFDI, KGI4NFDI und angrenzenden Konsortien wie NFDI4Culture und Text+ (Säule 4).

Ziel des TRAILs ist es, Unsicherheitsmodellierung und Umgang mit diesen als methodisches Querschnittsthema zu etablieren und die Nachhaltigkeit, Sichtbarkeit und Anschlussfähigkeit von NFDI4Objects im internationalen Forschungsdatenökosystem zu stärken.

Der TRAIL adressiert schwerpunktmäßig die Schritte *describe, analyse, publish, qualify* und *discover* im Forschungsdatenzyklus. Der Schwerpunkt liegt darauf, Unsicherheiten und Vagheiten in Forschungsdaten semantisch sichtbar und modellierbar zu machen und zugleich in offene Infrastrukturen zu integrieren. Dadurch wird die Nachvollziehbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Daten erheblich verbessert – ein entscheidender Faktor für die Transparenz und Nachhaltigkeit archäologischer und kulturwissenschaftlicher Forschung.

Die FAIR- und FAIR4RS-Prinzipien werden umfassend umgesetzt: Forschungsdaten werden auffindbar (F) durch die Anreicherung mit persistenten URIs und die Einbindung in den NFDI4Objects Knowledge Graph; zugänglich (A) durch offene Plattformen wie Wikidata, Wikibase und GitHub oder den interdisciplinary federated Knowledge Graph [3]; interoperabel (I) durch Workflows, Reasoning-Methoden und standardisierte Schnittstellen; sowie nachnutzbar (R) durch die Dokumentation in Whitepapers, die Bereitstellung von FAIRification-Tools [4] und offene Jupyter-Notebooks.

In Bezug zum DFG-Antrag von NFDI4Objects berührt er insbesondere die Goals G2.1 und G2.3, die Measures M2.1, M2.2 und M2.3, die Tasks T2.1.3, T2.2.4, T2.3.2 [5], T2.3.3 [6], sowie die KPIs 2.3, 2.4, 2.8, 2.10, 2.12 und 2.13.

Ein enger Bezug besteht zu TA6 (Qualifizierung) durch die Erstellung von OER, Workshops und die Integration der Ergebnisse in die universitäre Lehre sowie zu TA7 (Koordination) durch die Einbettung in den Commons und die Abstimmung mit anderen TAs, Sektionen, Task Forces und Basisdiensten [7].

Der Bedarf in der Fachcommunity ist mehrfach nachgewiesen: Unsicherheits- und Vagheitsmodellierung wird in internationalen und CC-Diskursen zunehmend gefordert, ist aber bislang kaum standardisiert. Archäologische und geowissenschaftliche Beispiele – wie die Datierung und Lokalisierung von Objekten (Samian, Ogham Stones, (Fund-) Münzen) – zeigen, dass ohne eine adäquate Modellierung von Fuzziness und Wobbliness zentrale Forschungsfragen nicht angemessen beantwortet werden können [8]. In der breiteren

Fachcommunity wurde dieses Thema mittlerweile als eines der eigentlichen Hauptthemen in der semantischen Modellierung von Forschungsdaten anerkannt und auch andere Konsortien richten ihre Arbeiten auf diese Methodikforschung aus [9].

Mit dieser Ausrichtung leistet dieser TRAIL essentielle Beiträge zu den strategischen Säulen von NFDI4Objects: (1) Entwicklung von Standards und Richtlinien zur Modellierung unsicherer Daten, (2) Bereitstellung des FAIRification-Tools (AMT) und wiederverwendbaren Workflows, (3) Befähigung der Fachcommunity durch OER, Workshops und Lehrintegration, sowie (4) internationale Vernetzung mit Konsortien und Basic Services wie NFDI4Culture, Jupyter4NFDI und KGI4NFDI.

[1] vgl. M. Unold, F. Thiery, and A. Mees, 'Academic Meta Tool. Ein Web-Tool zur Modellierung von Vagheit', ZfdG - Zeitschrift für digitale Geisteswissenschaften, vol. Die Modellierung des Zweifels – Schlüsselideen und-konzepte zur graphbasierten Modellierung von Unsicherheiten., no. Sonderband 4, 2019, doi: 10.17175/SB004_004.
[2] siehe N4O Antrag, S. 55-56; FAIRification Services as data enrichment services (S2.3); "Academic meta tool – API for graphbased modelling of vagueness in research data"; sowie S.70 M2.3 Services and tools for collection research: "For this purpose, the following services will be improved and/or implemented: [...] FAIRification tools for managing knowledge modelling (SAS) by developing and implementing existing software and API solutions (e.g. [...], re3dragon, Academic Meta Tool) (T2.3.2) [...]".
[3] vgl. F. Thiery, L. Rossenova, D. Mietchen, T. Homburg, and P. Thiery, 'Distributed Research Data Knowledge Graphs - Challenges of federated queries using the Wikiverse and OpenStreetMap within the NFDI Knowledge Graph Ecosystem', in Proceedings of the Conference on Research Data Infrastructure 2025, Y. Sure-Vetter and P. Groth, Eds, Aachen: Squirrel Papers, Aug. 2025, p. 7(5), 𝒬2. doi: 10.5281/zenodo.16736047.
[4] vgl. Thiery, F., & Schubert, L. K. (2025, August 26). RDM within Computational Archaeology. In Squirrel Papers. Squirrel Papers, via Zenodo. doi: 10.5281/zenodo.16931833; [1] F. Thiery et al., 'RDM within Computational Archaeology: The Role of RDM in Archaeological RSE for Data FAIRification while creating FAIR4RS Code', in Proceedings of the Conference on Research Data Infrastructure 2025, Y. Sure-Vetter and P. Groth, Eds, Aachen: Squirrel Papers, Aug. 2025, p. 7(5), 𝒬1. doi: 10.5281/zenodo.16736089.
[5] siehe N4O Antrag, S.70: "FAIRification tools for managing knowledge modelling (SAS) by developing and implementing existing software and API solutions (e.g. WissKI, re3dragon, Academic Meta Tool) (T2.3.2)"
[6] siehe N4O Antrag, S.70: "FAIRification tools for managing fuzzy wobbling semantics (SAS) by developing existing software (e.g. Cocoda) (T2.3.3)"
[7] siehe N4O Antrag, S.71-72, M2.4 Commons contribution and coordination: "Concepts for semantic and technical integration and alignment of object descriptions (IntS/PaS) generated by entering white and blue papers in the N4O Commons, coordinated and maintained by TA7

(T2.4.2); Tools for managing knowledge modelling, including fuzzy wobbling semantics (SAS) produced by research software engineering, documentation and training, coordinated by TA6 and TA7 (2.4.2/3); Qualification, education and training (QuaS) delivered by providing OER and organising interactive workshops, with TA6 (T2.4.3)".

[8] zum Beispiel: F. Thiery and A. Mees, 'Taming Ambiguity - Dealing with doubts in archaeological datasets using LOD', Proceedings of the Computer Applications and Quantitative Methods in Archeology, vol. CAA 2018: Human History and Digital Future, no. 2018, Oct. 2023, doi: 10.15496/PUBLIKATION-87762; C. Deligio, K. Tolle, and D. Wigg-Wolf, 'Supporting the analysis of a large coin hoard with AI-based methods', in CAA2023 Conference Proceedings, Amsterdam: PCI, May 2024. doi: 10.5281/zenodo.8301464; F. Thiery, F. Schenk, and S. Baars, 'Dealing with doubts: site georeferencing in archaeology and in the geosciences', Archeologia e Calcolatori, vol. 35, no. 2, pp. 97–106, 2024, doi: 10.19282/ac.35.2.2024.11; F. Thiery, A. W. Mees, K. Tolle, and D. G. Wigg-Wolf, 'How to handle vagueness and uncertainty in graph-based LOD knowledge modelling? Dealing with archaeological numismatic and ceramological real world data.', Squirrel Papers, vol. 4, no. 1, p. #2, Feb. 2022, doi: 10.5281/zenodo.7184523; F. Thiery, F. Schenk, S. Baars, K. Tolle, and P. Thiery, 'Modellierung von Fuzzyness / Wobbliness in Geodaten - Am Beispiel archäologischer und geowissenschaftlicher Fundortreferenzen', Tagungsband FOSSGIS-Konferenz 2024, vol. 2024, pp. 64–73, Mar. 2024, doi: 10.5281/zenodo.10571858.

[9] vgl. https://zenodo.org/records/15630236/files/Mehr_finden_weniger_suchen.pdf, S. 88, Kapitel 4.3.23 Umgang mit Unsicherheiten und Vagheiten; https://sammlungen.io/events/soda-forum-unsicherheiten-modellieren.

3. (Weiter-)Entwicklung von Standards und Richtlinien

- Ist im Rahmen des TRAILs die Entwicklung und Harmonisierung von Metadatenstandards und Ontologien geplant? Wenn ja, was ist konkret geplant? Werden hierfür relevante Norm- und Referenzdaten (z. B. GND, Wikidata) genutzt?
- Ist geplant, wiederverwendbare Workflows (z.B. zur Datenintegration) im Rahmen des TRAILs zu erarbeiten?

Im Rahmen dieses TRAIL werden zentrale Maßnahmen zur Standardisierung und Harmonisierung der semantischen RDF-Modellierung von Unsicherheit, Vagheit, Fuzziness und Wobbliness umgesetzt. Ziel ist es, diese in den Forschungsdaten allgegenwärtigen Phänomene nicht nur methodisch zu beschreiben, sondern auch formal in Ontologien, Vokabularen und Workflows zu verankern und für die Nachnutzung in offenen Infrastrukturen bereitzustellen. Konkret sind folgende Schritte geplant:

- Definition und Abgrenzung zentraler Begriffe (Unsicherheit, Vagheit, Fuzziness, Wobbliness) in enger Abstimmung mit der Fachcommunity und in Form eines Whitepapers.
- Sammlung und Harmonisierung von Modellierungs-Use-Cases, die anhand realer Forschungsdaten (z. B. Samian Research, Ogham Stones, (Fund-) Münzen z.B. in den Datenbanken AFE(4HD), IKMK / Graffitiportal, KENOM, Fundkatalog der NK) demonstrieren, wie Unsicherheit in semantischen Technologien abgebildet werden kann.
- Erarbeitung von Community Standards und Good Practices in Zusammenarbeit mit einer bereits gegründeten TWG in Abstimmung mit internationalen Gruppen.
- Verknüpfung mit bestehenden Terminologien und Ontologien zu Vagheit/Unsicherheit, um die Anschlussfähigkeit der entwickelten Konzepte in nationale und internationale Infrastrukturen sicherzustellen.
- Bereitstellung wiederverwendbarer Workflows für die semantische Anreicherung, Transformation und Modellierung von Unsicherheit, u. a. über RDF-Workflows in Samian Research, SKOSification-Skripte und Reasoning-Komponenten (z.B. im AMT oder mit dem Uncertainty Reasoner [10]).
- Dokumentation in Whitepapers und Publikation der Ergebnisse über GitHub, Zenodo und den NFDI4Objects Commons, um die Nachnutzbarkeit langfristig sicherzustellen.

Mit diesen Maßnahmen trägt dieser TRAIL in hohem Maße zur Umsetzung von Säule 1 (Standards & Richtlinien) bei. Gleichzeitig besteht eine enge Verbindung zu Säule 2 (Tools & Dienste) durch die Integration der Standards in das Academic Meta Tool (AMT), die Jupyter-Umgebung und den NFDI4Objects Knowledge Graph. Die Standardisierungsergebnisse werden zudem über OER vermittelt und in den Commons verfügbar gemacht, womit ein direkter Bezug zu Säule 3 (Community-Befähigung) entsteht. Schließlich sorgen die Einbettung in internationale Diskurse und die Abstimmung mit anderen NFDI-Konsortien für eine hohe Anschlussfähigkeit im Sinne von Säule 4 (Vernetzung & Internationalität).

[10] vgl. https://github.com/jensw99/uncertainty-reasoner

4. Entwicklung digitaler Werkzeuge und nachhaltige Bereitstellung von Diensten und Daten

- Ist geplant, im Rahmen des TRAILs Tool zu Open-Source-Standards bereitzustellen bzw. welche Tools müssen (weiter-)entwickelt werden? In wie fern werden diese in Tool- und Servicekatalogen eingepflegt?
- Setzt der TRAIL bestehende Aktivitäten von NFDI4Objects fort? Wenn ja, welche?
- Sind die Ergebnisse des TRAILS nachnutzbar bzw. besteht ein konkretes Verstetigungspotenzial? Wenn ja, bitte erläutern Sie.

Dieser TRAIL stärkt die Infrastruktur von NFDI4Objects durch die Entwicklung und nachhaltige Bereitstellung von FAIRification Tools [11] und Diensten zur Modellierung, Analyse und Nachnutzung unsicherer Daten. Im Zentrum steht die Weiterentwicklung des Academic Meta Tool (AMT) als FAIRification-Tool, das Vagheiten explizit modellieren und mit Reasoning-Methoden untersuchen kann. Damit wird ein technisches Fundament geschaffen, das über Whitepapers hinaus konkrete Services für Forschung und Lehre bereitstellt. Konkret umfasst dies:

- Weiterentwicklung des AMT in JavaScript und Python mit modularen Erweiterungen für Reasoning-Methoden (z. B. probabilistische Ansätze, logikbasierte Fuzziness-Modelle).
- Integration des AMT in Jupyter-Notebooks, um Unsicherheitsmodellierungen interaktiv durchführbar zu machen und in die Jupyter4NFDI-Infrastruktur einzubetten.
- Entwicklung wiederverwendbarer Workflows zur semantischen Modellierung von Fuzziness und Wobbliness, dokumentiert in Jupyter-Notebooks und GitHub-Repositorien.
- Bereitstellung offener Schnittstellen (APIs) zur Nutzung der erarbeiteten Standards und Tools in weiteren Services des NFDI4Objects Commons und in Basisdiensten wie TS4NFDI und KGI4NFDI.
- Nachhaltige Publikation von Software, Daten und Dokumentation über GitHub, Zenodo und den NFDI4Objects Tool- und Servicekatalog.
- Begleitende OER und Tutorials, die den praktischen Einsatz der Tools und Workflows unterstützen.
- Erstellung von Forschungsdaten als LOD, die mit Hilfe des Academic Meta Tools und mit CIDOC CRM als Referenzmodell modelliert werden und in den N4O Knowledge Graph integriert werden können.

Die Ergebnisse werden in den Tool- und Servicekatalog von NFDI4Objects eingepflegt. Das AMT gehört zur Dienst-Klasse A Technischer Dienst zur Dienst-Kategorie Partner-Dienste und ist eine Bibliothek / API bzw. Web-Anwendung. Durch die Orientierung an offenen Standards und die Nutzung international sichtbarer Plattformen wird eine maximale Anschlussfähigkeit gewährleistet.

Mit dieser Ausrichtung trägt dieser TRAIL maßgeblich zur Umsetzung von Säule 2 (Tools & Dienste) bei, indem ein interaktives, praxisnahes FAIRification-Tool geschaffen wird. Gleichzeitig ergänzt die technische Weiterentwicklung die in Säule 1 (Standards & Richtlinien) erarbeiteten Modellierungskonzepte und unterstützt deren Anwendung. Durch die Erstellung von OER und die Integration in Lehr- und Forschungsumgebungen entsteht ein direkter Bezug zu Säule 3 (Community-Befähigung), während die enge Vernetzung mit Basisdiensten und internationalen Communities die Sichtbarkeit im Sinne von Säule 4 (Vernetzung & Internationalität) sicherstellt.

[11] vgl. F. Thiery et al., 'RSE4Research Data Infrastructures - The Role of Research Software Engineers in creating FAIR Data with FAIR4RS Code', in Proceedings of the Conference on Research Data Infrastructure 2025, Y. Sure-Vetter and P. Groth, Eds, Aachen: Squirrel Papers, Aug. 2025, p. 7(5), 𝒬6. doi: 10.5281/zenodo.16736041.

5. Sichtbarkeit und Befähigung der Fachcommunity

- Welche Maßnahmen zur Unterstützung und Qualifizierung der Fachcommunity sind im Rahmen des TRAILs vorgesehen (z. B. OER, Schulungen, Onboarding-Formate, Workshops, E-Learning, Kommunikationsmaßnahmen für Tools und Standards, etc.)?

Ein zentrales Ziel dieses TRAIL ist es, die Fachcommunity in die Lage zu versetzen, Unsicherheiten und Vagheiten in Forschungsdaten nicht nur konzeptionell zu verstehen, sondern auch praktisch mit FAIRification Tools und von der jeweiligen Fachcommunity (z.B. Numismatik, Keramologie, Epigraphie, ...) akzeptieren Community-Standards zu modellieren bzw. mit diesen zu arbeiten. Um dies zu erreichen, werden gezielte Maßnahmen zur Qualifizierung, Dissemination und nachhaltigen Befähigung umgesetzt. Konkret vorgesehen sind:

- Open Educational Resources (OER): Entwicklung von frei verfügbaren Lernmaterialien unter Nutzung der Quarto-Templates der TA6, zu denen der Trail auch hinsichtlich Praktikabilität Rückmeldungen formulieren wird, Veröffentlichung mit Metadaten auf Github entsprechend der FAIR-Kriterien, Weiternutzung des durch Quarto generierten HTMLs in der fachspezifischen E-Learning Plattform NumiScience [12], um gezielt die Community zu erreichen, Erstellung eines Good Practices Whitepapers für den praktischen Einsatz
- Workshops und Onboarding-Formate: Durchführung von praxisnahen Veranstaltungen, um Forschenden, RSEs und Citizen Scientists den Einstieg in die Modellierung unsicherer Daten zu erleichtern (optional)
- Integration in die Lehre: Nutzung der OER in universitären Seminaren und Abschlussarbeiten, um Studierende frühzeitig mit den Konzepten von Fuzziness und Wobbliness vertraut zu machen.
- Dissemination auf Konferenzen: Vorstellung der Ergebnisse auf internationalen Tagungen, um die Sichtbarkeit innerhalb wie außerhalb von NFDI4Objects zu erhöhen.
- Kommunikationsmaßnahmen: Publikation von Whitepapers, Tutorials und Jupyter-Notebooks auf Zenodo, GitHub und im NFDI4Objects Commons.

Mit diesen Maßnahmen wird ein direkter Bezug zu Task Area 6 (Qualifizierung) geschaffen, da die entwickelten Standards und Tools nicht nur dokumentiert, sondern auch aktiv in die Aus- und Weiterbildung integriert werden. Zudem trägt dieser TRAIL in besonderem Maße zur

Umsetzung von Säule 3 (Community-Befähigung) bei, indem er die Fachcommunity mit praxisnahen Tools, Materialien und Schulungen befähigt. Gleichzeitig werden durch die Verbindung zu Säule 2 (Tools & Dienste) und Säule 4 (Vernetzung & Internationalität) Synergien geschaffen, die die Reichweite und Anschlussfähigkeit der Ergebnisse sichern.

[12] vgl. https://pecunia.zaw.uni-heidelberg.de/NumiScience

6. Strategische Öffnung, Vernetzung und internationale Anschlussfähigkeit

- Inwiefern ist im Rahmen des geplanten TRAILs eine Kooperation, Vernetzung oder Zusammenarbeit mit anderen Task Areas von NFDI4Objects vorgesehen?
- An welchen inhaltlichen Punkten ist eine Vernetzung mit anderen NFDI-Konsortien geplant?
- Inwiefern ist im Rahmen des geplanten TRAILs eine Kooperation, Vernetzung oder Zusammenarbeit mit nationalen Einrichtungen außerhalb der NFDI vorgesehen?
- Thematisiert der TRAIL neue Technologien, Perspektiven, Communities oder noch nicht abgedeckte Themenfelder? Wenn ja, bitte erläutern Sie.
- Inwiefern ist im Kontext des geplanten TRAILs eine internationale Kooperation, Vernetzung oder Zusammenarbeit vorgesehen?

Dieser TRAIL ist durch seine inhaltliche und technische Ausrichtung stark in nationale und internationale Netzwerke eingebunden. Innerhalb von NFDI4Objects erfolgt eine enge Zusammenarbeit mit TA2 (Sammlungen) sowie dem CC Semantic Modelling & LOD und CC RSE, zur Integration heterogener Daten, mit TA6 (Qualifizierung) zur Entwicklung und Umsetzung von OER sowie mit TA7 (Koordination) zur Einbettung der Ergebnisse in den Commons und zur Abstimmung mit weiteren TRAILs, Measures und Tasks in N4O.

Darüber hinaus bestehen klare Anknüpfungspunkte zu anderen NFDI-Konsortien: NFDI4Culture (Integration und Harmonisierung von Terminologien und Normdaten, Modellierung von Unsicherheit in kunst- und kulturwissenschaftlichen Daten); Text+ (Anbindung unsicherer Named Entities und semantische Modellierung in Textressourcen); NFDI4Ing zur Anbindung von FDOs; ergänzend wird über Base4NFDI die Anbindung an Basisdienste wie TS4NFDI und KGI4NFDI sichergestellt. Es werden Stakeholder eingebunden, darunter Wikimedia Deutschland, CAA e.V. und (universitäre) Sammlungen, die als Pilotpartner für Use Cases dienen.

Innovativ ist insbesondere die Weiterentwicklung des Academic Meta Tools (AMT) als technisches Tool zur Modellierung von Unsicherheit, die Integration in Jupyter-Notebooks und die systematische Dokumentation in Whitepapers und auf perspektivische Nutzergruppen zugeschnittene OER. Diese Schritte eröffnen neue methodische Perspektiven und schließen eine Lücke in den bisherigen Forschungsdateninfrastrukturen, da Unsicherheitsmodellierung bislang

weder standardisiert noch breit implementiert ist. Die internationale Anschlussfähigkeit wird durch die Nutzung global sichtbarer Plattformen wie Wikidata und GitHub gewährleistet. Zusätzlich werden die Ergebnisse über internationale Konferenzen verbreitet und in internationale Fachgemeinschaften eingebracht.

Mit dieser strategischen Öffnung trägt dieser TRAIL gezielt zur Umsetzung von Säule 4 (Vernetzung & Internationalität) bei. Gleichzeitig werden die Ergebnisse über Säule 1 (Standards & Richtlinien), Säule 2 (Tools & Dienste) und Säule 3 (Community-Befähigung) inhaltlich gestützt, wodurch der TRAIL als Querschnittsprojekt zur Stärkung der nationalen und internationalen Sichtbarkeit von NFDI4Objects beiträgt.

7. Deliverables

- Konkretisieren Sie die Deliverables, nennen Sie Namen und Spezifikationen der technischen Umsetzung des Projekts (z. B. gemeinsam genutzte Software, entwickelte Schnittstelle, Implementierung und Verbreitung von Wissen/Daten usw.) und nennen Sie die zu erwartenden Ergebnisse.
- Welche Beiträge zu den Commons und zu zentralen Angeboten von NFDI4Obejcts (z.B. Open Educational Resources) werden im Rahmen des TRAILs erarbeitet? Stellen Sie dies in Bezug zu Abschnitt 5 (s.o).

- D1. Weiterentwicklung des Academic Meta Tool (AMT)
    - **Beschreibung**: Ausbau des AMT zu einem generischen FAIRification-Tool für die Modellierung von Vagheit und Semantic Reasoning.
    - **Technische Umsetzung**: Entwicklung einer Python-Version des AMT; Integration in Jupyter-Notebooks; Aufbau einer Open-Source-Architektur mit GitHub-Repositories, Versionierung und Dokumentation; Schnittstellen zu Ontologien für die formale Modellierung von Vagheit.
    - **Erwartete Ergebnisse**: Python-Implementierung des AMT; Beispiel-Notebooks für Forschung und Lehre; Whitepaper zur technischen Architektur und Anwendung; nachweisbare Nutzung des AMT in mindestens zwei Use Cases (Samian Research, Ogham, bestehende Münzdatenbanken); Dienst-Klasse: A: Technischer Dienst; Dienst-Kategorie: Partner-Dienste; Art: Bibliothek / API bzw. Web-Anwendung.
    - **Beitrag zu Commons**: Integration des Services in den Tool- und Servicekatalog von NFDI4Objects; Whitepaper.
- D2. Good Practice Modellierung mit Open Source FAIRification Tools
    - **Beschreibung**: Dokumentation und Erprobung von Methoden zur Modellierung von Unsicherheit und interpretativer Mehrdeutigkeit anhand realer Daten (Samian Research, Linked Ogham, Münzdatenbanken). Ziel ist es,

Good-Practice-Beispiele bereitzustellen, die für weitere Domänen übertragbar sind.
    - **Technische Umsetzung**: Analyse und Modellierung von Use Cases mit Open Source FAIRification Tools; Vergleich und Evaluation verschiedener Modellierungsansätze; Dokumentation in einem Whitepaper mit Good Practices.
    - **Erwartete Ergebnisse**: Good-Practice-Modelle für drei exemplarische Use Cases; standardisierte Workflows; Whitepaper mit Best-Practice-Empfehlungen; Übertragbarkeit der Ansätze auf weitere Domänen innerhalb der NFDI.
    - **Beitrag zu Commons**: Whitepaper.
- D3. Develop community standards and data-driven approaches to fuzzy wobbling semantic modelling
    - **Beschreibung**: Erarbeitung von Community-Standards, Richtlinien und Good Practices für die Modellierung von Unsicherheit, Vagheit, Fuzziness und Wobbliness in Forschungsdaten. Sammlung, Evaluation und Konsolidierung bestehender Modellierungsansätze sowie deren Überführung in standardisierte Ontologie-Erweiterungen.
    - **Technische Umsetzung**: Entwicklung interoperabler RDF- und SKOS-Repräsentationen.
    - **Erwartete Ergebnisse**: Standardisierte Terminologien und Ontologie-Erweiterungen für Unsicherheiten. Dokumentierte Use Cases (Numismatik, Keramologie) als Referenz für andere Nutzergruppen.
    - **Beitrag zu Commons**: Erstellung von drei Whitepapers: Definition von Unsicherheiten (WP1), Sammlung und Evaluation von Modellierungs-Use-Cases (WP2), Übersicht zu Software und Skripten (WP3).
- D4. Scientific outreach and OERs
    - **Beschreibung**: Dissemination der Ergebnisse in Wissenschaft und Lehre durch Vorträge, Workshops, OER und Integration in universitäre Lehrveranstaltungen. Ziel ist es, das komplexe Thema Unsicherheit/Fuzziness/Wobbliness praxisnah zu vermitteln und in die Fachcommunity zu transferieren.
    - **Technische Umsetzung**: Erstellung von Lehrmaterialien, z. B. Tutorials zu RDFier, SPARQL, und Jupyter-Notebooks. Integration in universitäre Lehre, z. B. durch Abschlussarbeiten in Frankfurt (WP4).
    - **Erwartete Ergebnisse**: Integration in die akademische Lehre (Seminare, Abschlussarbeiten).
    - **Beitrag zu Commons**: Eingliederung der OER in den Commons von NFDI4Objects.

8. Arbeitsplan

Legen Sie einen ressourcenbezogenen Meilensteinplan (ggf. in Form eines Gantt-Diagramms) für die geplante Arbeitsphase (6-24 Monaten) vor. Die Planung soll eine realistische Zeitstruktur mit klar definierten Meilensteinen und konkreten Arbeitsergebnissen (Deliverables) enthalten. Bitte berücksichtigen Sie die Reflexionen aus der TRAIL-Evaluation und den SC-Beschluss zu den Strategischen Säulen.

- Laufzeit: 01.10.2025-31.12.2027
- Work Package: D1. Weiterentwicklung Academic Meta Tool (AMT)
    - **Säulen**: 2 (Tools & Dienste); 1 (Standards & Richtlinien)
    - **Ende**: 31.12.2027 (kontinuierliches Arbeiten)
    - **Ressourcen**: F. Thiery, A.W.Mees; Uni Köln (2026)
- Work Package: D2. Good Practice Modellierung mit Open Source FAIRification Tools
    - **Säulen**: 2 (Tools & Dienste); 1 (Standards & Richtlinien)
    - **Ende**: 31.12.2027 (kontinuierliches Arbeiten)
    - **Ressourcen**: F. Thiery, A.W.Mees; Uni Frankfurt (2026); Uni Heidelberg (2025-26)
- Work Package: D3. Develop community standards and data-driven approaches to fuzzy wobbling semantic modelling
    - **Säulen**: 1 (Standards & Richtlinien), 2 (Tools & Dienste), 4 (Vernetzung)
    - **Ende**: 31.12.2026
    - **Ressourcen:** F. Thiery, K. Tolle, N.N. (Frankfurt), Allard Mees, Susanne Börner / Mattia Celisi (Uni Heidelberg)
- Work Package: D4. Scientific outreach and OERs
    - **Säulen**: 3 (Community), 1 (Standards & Richtlinien), 2 (Tools & Dienste), 4 (Vernetzung)
    - **Ende**: 31.12.2026 (OER); 31.12.2027 (scientific outreach)
    - **Ressourcen**: F. Thiery, A.W.Mees; Uni Frankfurt (2026); Uni Heidelberg (2025-26); Uni Köln (2026)

9. Förderung / Eigenanteile

Nennen Sie bitte, sofern bekannt und feststehend, das ausführende Personal des TRAILs. Personenbezogene Angaben werden vertraulich behandelt.

- 2025-2026: LEIZA (Florian Thiery / Allard W. Mees)
  - Stellenanteil (30%) des 100% RSE in TA2 + Eigenbeteiligung Abt. WissIT. Stelle im Antrag vorgesehen.
- 2027: LEIZA (Florian Thiery / Allard W. Mees)
  - Stellenanteil (15%) des 100% RSE in TA2 + Eigenbeteiligung Abt. WissIT. Stelle im Antrag vorgesehen.
- 2025-2026: Uni Heidelberg (Susanne Börner / Mattia Celisi)
  - Nach Planung insgesamt ca. 50'000 EUR (50% , TV-L E13). Stelle im Antrag vorgesehen.
- 2026: Uni Köln (Øyvind Eide N.N.)
  - Nach Planung insgesamt ca. 14'400 EUR (100% stud./wiss. Hilfskraft, 19h). Stelle im Antrag vorgesehen.
- 2026: Uni Frankfurt (Karsten Tolle / N.N.)
  - 100% Stellenanteil der 25%-Stelle E13 für 1 Jahr. Stelle im Antrag vorgesehen
  - laut Finanzplan 20.025,00 €

10. Ergänzungen/Zusätzliche Informationen

Der TRAIL startet erst zum 01.10.2025 neu und wurde nach der Evaluierungsphase agil an aktuelle Entwicklungen angepasst. Er entstand aus den TRAIL 2.2 (laufend; zweite Phase ausstehend) und TRAIL 2.6, der erst ab 01.10.2025 gestartet wäre und bündelt die Kompetenzen und Ressourcen zu einem benachbarten/verwandten Thema. Die Ressourcen sind durch den Finanzierungsplan im Mittelweiterleitungs- und Kooperationsvertrag gedeckt. Wie alle TRAILs in TA2 dient er zur Konkretisierung des Arbeitsprogramms und ist nur eine verschriftlichte und praxisnahe Umsetzung der Measures 2.1 bis 2.3. Vor und durch die Evaluierung wurden bereits agil Änderungen am ursprünglichen TRAIL vorgenommen, welche sich im TRAIL Management Plan widerspiegeln.

11. Anhang

- TRAIL Management Plan